

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА
ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА
РЕМОНТ МАШИН»



КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності діагностування систем живлення
дизельних двигунів на базі ФГ «ГОНЧАРЕНКО» с. Трепівка Кропив-
ницького району Кіровоградської області»

Виконав:

магістрант групи АІ(ТС)-21М Владислав ІВАЩЕНКО
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Консультант:

К.Т.Н, доцент Олег БЕВЗ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

К.Т.Н, доцент Руслан ОСІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.Т.Н, доцент Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2022 р.

Рецензент:

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

«__» _____ 202__ р.

Кропивницький – 2022 р.

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

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма: «Технічний сервіс сільськогосподарської техніки»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Іващенко Владислава Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності діагностування систем живлення дизельних двигунів на базі ФГ «ГОНЧАРЕНКО» с. Трепівка Кропивницького району Кіровоградської області»

керівник роботи Осін Руслан Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові) (науковий ступінь) (вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» серпня 2022 року № 26-13

2. Строк подання здобувачем роботи « 30 » листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Матеріали науково-дослідної практики.
2. Діагностичне обладнання та апаратура.

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

Розділ 1. Аналіз ефективності виробничої діяльності фермерського господарства «ГОНЧАРЕНКО» с. Трепівка Кропивницького району Кіровоградської області.

Розділ 2. Аналіз стану питання. 1. Етапи розвитку технічної діагностики 2. Класифікація методів та засобів діагностування основних параметрів двигунів.

3 Принципи проектування технології діагностування. 4 Розподіл відмов дизельного двигуна за системами. 5 Методи та обладнання перевірки технічного стану циліндропоршневої групи та систем паливо- та повітроподачі.

6 Огляд діагностичних засобів для перевірки технічного стану системи

живлення дизельного двигуна.

Розділ 3. Розробка методики діагностування системи живлення дизельного двигуна. 1. Послідовність технології діагностування. 2. Методика комплексної діагностики дизельних двигунів.

Розділ 4. Результати виконання діагностування системи живлення за розробленою методикою. 1. Результати діагностування паливних насосів високого тиску та форсунок. 2. Визначення кута випередження подачі палива. Висновки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу.

1. Аналіз стану питання (A1).

2. Огляд діагностичних засобів (A1).

3. Діагностичний комплекс (A1).

4. Результати вимірюванні діагностичних параметрів (A1×2).

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз ефективності виробничої діяльності фермерського господарства	25.09.2022	
2	Аналіз стану питання	15.10.2022	
3	Розробка методики діагностування системи живлення дизельного двигуна	07.11.2022	
4	Результати виконання діагностування системи живлення за розробленою методикою	26.11.2022	
5	Графічний матеріал	28.11.2022	

Магістрант _____ Іващенко В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Осін Р.А.
(підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Для виробництва сільськогосподарської продукції використовують сучасні процеси агроінженерії. Експлуатація сільськогосподарських машин супроводжується процесами зношування, фізичним та моральним старінням. Внаслідок цього знижуються техніко-економічні параметри застосування техніки. Для функціонування машин у справному стані слід підтримувати їх технічний стан, періодично та якісно проводити технічні обслуговування та ремонти, здійснювати зберігання техніки за оптимального витрачання трудових та матеріальних ресурсів.

Значне підвищення ефективності використовуваної техніки досягається шляхом впровадження сучасних методів та засобів технічного діагностування, яке у свою чергу є найважливішою частиною планово-запобіжної системи технічного обслуговування та ремонту машин.

Наукову новизну представляють:

- теоретичні передумови зменшення трудомісткості комплексного діагностування дизельних двигунів із ГТН;
- методика виконання операцій комплексного діагностування відповідно до принципів проектування технології діагностування, що дозволяє знижувати трудомісткість робіт.

Практична значимість роботи полягає в удосконаленні методики та засобів діагностування дизельних двигунів з ГТН, заснованих на оцінці їх динамічних характеристик з урахуванням залежностей, що характеризують стан циліндропоршневої групи, газотурбінного нагнітача та паливної апаратури високого тиску.

Застосування розробленої методики та діагностичного комплексу дозволяє визначати основні показники технічного стану дизельного двигуна, а також здійснювати постійний контроль технічного стану двигуна протягом усього періоду експлуатації, що забезпечує:

- можливість оцінювати загальний технічний стан дизельних

двигунів та приймати рішення щодо доцільності їх подальшого використання в умовах експлуатації;

- зниження трудомісткості діагностування основних показників двигуна.

На підставі вищевикладеного об'єктом досліджень обрано процес діагностування дизельного двигуна з газотурбінним нагнітачем (ГТН) та засоби для визначення технічного стану його систем.

Предметом досліджень є залежності, що дозволяють діагностувати паливну апаратуру високого тиску, а також оцінювати стан циліндропоршневої групи та газотурбінного нагнітача дизельного двигуна на основі динамічних показників.

Метою роботи є вдосконалення методики та засобів діагностування циліндропоршневої групи та систем паливо- та подачі повітря дизельних двигунів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання досліджень:

- 1) Виявити основні недоліки застосовуваних методик та технічних засобів діагностування та намітити шляхи їх удосконалення;
- 2) Удосконалити методику діагностування технічного стану дизельних двигунів, засновану на оцінці їх динамічних якостей та обґрунтувати структуру діагностичного комплексу;
- 3) Обґрунтувати параметри технічних засобів діагностування та виконати їхню виробничу перевірку.

Кваліфікаційна магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаної літератури. Повний обсяг роботи складає 71 сторінка. Робота включає в себе 50 малюнків, 27 використаних літературних джерел.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	
1.1 Аналіз ефективності виробничої діяльності фермерського господарства «ГОНЧАРЕНКО» с. Трепівка Кропивницького району Кіровоградської області.....	12
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	
2.1 Етапи розвитку технічної діагностики	13
2.2 Класифікація методів та засобів діагностування основних параметрів двигунів	15
2.3 Принципи проектування технології діагностування	16
2.4 Розподіл відмов дизельного двигуна за системами	18
2.5 Методи та обладнання перевірки технічного стану циліндропоршневої групи та систем паливо- та повітроподачі	19
2.6. Огляд діагностичних засобів для перевірки технічного стану системи живлення дизельного двигуна	21
2.7 Охорона праці під час проведення діагностичних робіт	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА	
3.1 Послідовність технології діагностування	37
3.2 Методика комплексної діагностики дизельних двигунів	44
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗА РОЗРОБЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ	
4.1 Результати діагностування паливних насосів високого тиску та форсунок	60
4.2 Визначення кута випередження подачі палива	62
ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

Актуальність теми. Для виробництва сільськогосподарської продукції використовують сучасні процеси агроінженерії. Експлуатація сільськогосподарських машин супроводжується процесами зношування, фізичним та моральним старінням. Внаслідок цього знижуються техніко-економічні параметри застосування техніки. Для функціонування машин у справному стані слід підтримувати їх технічний стан, періодично та якісно проводити технічні обслуговування та ремонти, здійснювати зберігання техніки за оптимального витрачання трудових та матеріальних ресурсів.

Значне підвищення ефективності використовуваної техніки досягається шляхом впровадження сучасних методів та засобів технічного діагностування, яке у свою чергу є найважливішою частиною планово-запобіжної системи технічного обслуговування та ремонту машин. Технічне діагностування дає можливість збільшити міжремонтний ресурс вузлів та агрегатів, виключити необґрунтоване розбирання механізмів, знизити простої з технічних причин, скоротити трудомісткість технічного обслуговування та експлуатаційні витрати, що значно підвищує ефективність використання техніки [16,55, 60].

Технічне діагностування дає можливість контролювати технічний стан машин у процесі експлуатації та прогнозувати їх ресурс до чергового ремонту у відповідності до отриманих показників. Воно дозволяє не лише оцінювати технічний стан вузлів та агрегатів машин, але й дає можливість визначати об'єми та види необхідних робіт безрозбірними методами.

Технічне діагностування автотракторної техніки рекомендується проводити за всіх видів періодичного технічного обслуговування, закінчення міжремонтних термінів, за технічною потребою.

В більшому ступеню ефективність функціонування машинно-тракторного парку залежить від технічного стану агрегатів, зокрема двигунів внутрішнього згоряння. В деяких видах сільськогосподарської техніки частка дизельних двигунів становить до 50% відмов, складність їх дуже висока,

трудомісткість виконуваних робіт з їх усунення сягає 40% від загального часу. Аналізуючи роботу дизельних двигунів, можна сказати, що за надійністю, системи та механізми у двигуні розподіляються таким чином: система живлення – до 45% відмов; циліндропоршнева група – до 20%; газорозподільний механізм – до 15%; системи охолодження та мастила – до 10%.

Таким чином, своєчасне та якісне діагностування технічного стану циліндропоршневої групи та систем паливо- та подачі повітря дозволить забезпечити високу технічну готовність техніки та виконання технологічних процесів у задані терміни, скоротити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність діяльності сільськогосподарських підприємств.

Основними зовнішніми ознаками несправності циліндропоршневої групи і систем паливо- і подачі повітря є перевитрата масла, ускладнений пуск дизеля та нестійка робота, зниження потужності та економічності.

Основою підтримки дизельних двигунів у справному стані є система технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р) машин.

Значною мірою ефективність ТО та Р дизелів залежить від ступеня досконалості методів та засобів діагностування їх технічного стану.

Точність діагностування дизельного двигуна за динамічними характеристиками, може бути підвищена, за допомогою комплексного аналізу з урахуванням показників, що характеризують стан циліндропоршневої групи, газотурбінного нагнітач і паливної апаратури високого тиску.

Наукову новизну представляють:

- теоретичні передумови зменшення трудомісткості комплексного діагностування дизельних двигунів із ГТН;
- методика виконання операцій комплексного діагностування відповідно до принципів проектування технології діагностування, що дозволяє знижувати трудомісткість робіт.

Практична значимість роботи полягає в удосконаленні методики та засобів діагностування дизельних двигунів з ГТН, заснованих на оцінці їх

динамічних характеристик з урахуванням залежностей, що характеризують стан циліндропоршневої групи, газотурбінного нагнітача та паливної апаратури високого тиску.

Застосування розробленої методики та діагностичного комплексу дозволяє визначати основні показники технічного стану дизельного двигуна, а також здійснювати постійний контроль технічного стану двигуна протягом усього періоду експлуатації, що забезпечує:

- можливість оцінювати загальний технічний стан дизельних двигунів та приймати рішення щодо доцільності їх подальшого використання в умовах експлуатації;
- зниження трудомісткості діагностування основних показників двигуна.

На підставі вищевикладеного об'єктом досліджень обрано процес діагностування дизельного двигуна з газотурбінним нагнітачем (ГТН) та засоби для визначення технічного стану його систем.

Предметом досліджень є залежності, що дозволяють діагностувати паливну апаратуру високого тиску, а також оцінювати стан циліндропоршневої групи та газотурбінного нагнітача дизельного двигуна на основі динамічних показників.

Було висунуто припущення про те, що точність діагностування дизельного двигуна за динамічними характеристиками, може бути підвищена, за допомогою комплексного аналізу з урахуванням показників, що характеризують стан циліндропоршневої групи, газотурбінного нагнітача і паливної апаратури високого тиску.

Метою роботи є вдосконалення методики та засобів діагностування циліндропоршневої групи та систем паливо- та подачі повітря дизельних двигунів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання досліджень:

- 1) Виявити основні недоліки застосовуваних методик та технічних

засобів діагностування та намітити шляхи їх удосконалення;

2) Удосконалити методику діагностування технічного стану дизельних двигунів, засновану на оцінці їх динамічних якостей та обґрунтувати структуру діагностичного комплексу;

3) Обґрунтувати параметри технічних засобів діагностування та виконати їхню виробничу перевірку.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1 Аналіз ефективності виробничої діяльності фермерського господарства «ГОНЧАРЕНКО» с. Трепівка Кропивницького району Кіровоградської області.

Фермерське господарство «ГОНЧАРЕНКО», що знаходиться в с. Трепівка Кропивницького району Кіровоградської області, географічно розташоване в центрі області на відстані біля 32 км від обласного центру, м. Кропивницького. Найближча залізнична станція розташовується на відстані 14 км в населеному пункті с. Михайлівка. Дороги в даному сільськогосподарському підприємстві та сполучення з обласним та районним центром з твердим покриттям. Продукцію, що вирощує дане господарство реалізовує як в районному, так і в обласному центрі.

Кількість населених пунктів на землях господарства - одне (с. Трепівка).

Всього членів ФГ «ГОНЧАРЕНКО» біля тридцяти п'яти чоловік, з них механізаторів двадцять чоловіків.

По своїм кліматичним та природним умовам дане господарство розташоване в зоні південного лісостепу. Розвиток ґрунтотворних процесів проходять в міцному взаємозв'язку з умовами навколишнього середовища.

ФГ «ГОНЧАРЕНКО» розташоване в зоні помірного клімату. За багаторічними середніми даними метеостанцій сума річних опадів становить 410 мм. Значна частина опадів випадає у вигляді дощу та снігу і припадає на осінньо-зимовий період. Найвищі температури спостерігаються у липні та червні і припадають на період вегетації рослин, що негативно впливають на врожайність сільськогосподарських культур.

В залежності від змін температури повітря змінюється і температура ґрунту. Порівнюючи ці температури на різних глибинах ґрунту, можна оцінити умови перезимівлі озимих культур, багаторічних трав та умови збереження в буртах коренеплодів, картоплі та овочів.

Також одним з чинників, що впливає на температурний режим в значній мірі є висота снігового покриву. Відповідно до даних метеостанцій найбільша висота снігового покриву може спостерігатися в цьому господарстві в лютому і вона становить від 15 до 25 см, найнижча – в останній декаді грудня та може спостерігатися на початку березня. Ось чому потрібно проводити своєчасні снігозатримання, як захід по накопиченню вологи, так як і своєрідний захист озимих від вимерзання.

Початок проведення польових робіт, як правило припадає на 20-25 березня, а закінчення – на кінець жовтня, початок листопада.

На балансі господарства знаходяться 13 тракторів, 3 зернозбиральних комбайна, 3 спеціальних комбайна та нескладні сільськогосподарські машини і знаряддя.

Технічне обслуговування, поточні та капітальні ремонти тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин виконується в основному силами і засобами господарства.

В господарстві створені спеціалізовані ланки з технічного обслуговування машин. Ці ланки виконують періодичні обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3 при участі механізаторів, за якими закріплена техніка, обслуговування при постановці на зберігання і поточні ремонти.

Для цих задач в даному господарстві передбачені ремонтні майстерні, які виконують всі роботи з поточного і капітального ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин. Якщо потрібно виконувати роботи по технічному обслуговуванні в польових умовах, то для цього в господарстві передбачений пересувний агрегат технічного обслуговування.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

2.1 Етапи розвитку технічної діагностики

В основі агропромислової політики стоїть завдання прискорення темпів зростання сільськогосподарської продукції, підвищення конкурентоспроможності, збільшення її частки у світовому сільськогосподарському виробництві [2, 4].

У сільському господарстві для виробництва продукції використовується величезна кількість різноманітної техніки. При використанні сільськогосподарських машин погіршуються техніко-економічні показники, що пояснюється протіканням процесів спрацьовування вузлів та агрегатів, а також їх фізичним старінням. Для забезпечення високої технічної готовності техніки необхідно контролювати її технічний стан, якісно та своєчасно проводити заходи щодо технічного обслуговування, ремонту та зберігання. Виконання цих робіт багато в чому залежить від рівня оснащення підприємств та кваліфікації інженерних кадрів.

Перший етап створення та масового виробництва засобів діагностування припадає на 1970-1971 р.р. Були розроблені, поставлені на серійне виробництво та набули широкого поширення пересувні установки: діагностична установка КИ-4270, ремонтно-діагностична майстерня МПР 817Д, стаціонарні діагностичні комплекти КИ-5308А зі стендами КИ-4935. Значну участь у створенні цих засобів взяли Ст. Вельських, Н.Т. Іванов, В.І. Свентицький, К.Ю. Скібневський, В.Г. Фомін та ін [11, 18].

Широке використання засобів технічного діагностування дозволило збільшити ресурс контрольованих деталей систем тракторів та комбайнів, а також скоротити експлуатаційні витрати в середньому на 30%.

Практично одночасно були розроблені та апробовані способи технічного діагностування тракторів та комбайнів за контрольованими діагностичними показниками та якісними ознаками.

У 1975 р. була спроектовано та використана в серійному виробництві

ціла система діагностичних приладів та обладнання для тракторів, що включає переносні (базова: конструкція КИ-13901), пересувні та стаціонарні комплекси для всіх рівнів сільськогосподарського виробництва та різних видів ремонтно-обслуговуючих впливів.

Початок другого етапу розвитку технічної діагностики припала на 1980р. Цей етап характерний застосуванням діагностичних засобів електронних пристроїв, розробкою автоматизованих процесів діагностування.

Вченими проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що характеризують параметри технічного стану вузлів і агрегатів автотракторної техніки, їх допустимі та граничні значення.

Разом з цим розроблено та видано посібники для тракторів та комбайнів з експлуатаційного та ресурсного діагностування при ремонті.

Використання на практиці розроблених методів та засобів діагностування сільськогосподарської техніки значно підвищило ефективність її експлуатації. Досвід передових господарств, щодо впровадження технічного діагностування тракторів, дозволив знизити кількість капітальних ремонтів (КР) у 1,3-1,5 рази, а простої машинно-тракторних агрегатів з технічних причин скоротити у 2 рази.

Перехід до ринкової економіки країни призвів до третього етапу розвитку технічної діагностики. Гострий недолік фінансових коштів у сільгоспвиробників та підприємств технічного сервісу зажадав розробки та впровадження щодо недорогих методів та засобів технічного діагностування сільськогосподарської техніки.

Прикладами таких засобів є механотестер оцінки технічного стану форсунок, нагнітальних клапанів, пар паливного насоса плунжерних пар і аналізатор герметичності циліндрів двигунів [6].

Існують пакети комп'ютерних програм для діагностування та управління технічним станом машин, спрямований на вирішення трьох проблем: створення універсальних алгоритмів технічного діагностування машин; визначення залишкового ресурсу вузлів та агрегатів; пошук несправностей машин за

якісними ознаками

В даний час існують нові модернізовані пересувні, переносні та стаціонарні діагностичні засоби. Сертифікації піддаються всі кошти, що випускаються. Одночасно з виробництвом налагоджено публікацію технологій технічного діагностування всього спектра техніки, що використовується в сільському господарстві. Інтенсивно ведуться розробка та виготовлення засобів технічної та екологічної безпеки техніки.

Широке застосування сучасних електронних систем діагностування техніки забезпечує своєчасне виявлення несправностей, на 25-30% підвищує працездатність машин та скорочує приблизно 2 рази трудомісткість їх технічного обслуговування. Тому, вдосконалення методів та засобів технічного діагностування є актуальним завданням.

2.2 Класифікація методів та засобів діагностування основних параметрів двигунів

Сучасні методи та засоби технічного діагностування машин дають можливість оцінки технічного стану значної частини систем і механізмів машин без або з часткового їх розбирання, а також прогнозувати термін служби окремих вузлів та агрегатів. Це дає можливість контролювати технічний стан техніки та знижує час її простою, забезпечуючи цим значне зниження експлуатаційних витрат. Своєчасне діагностування дозволяє скоротити витрату запасних частин і паливно-мастильних матеріалів (ПММ), оскільки виконуються тільки дійсно необхідні операції з ремонту та регулювання. Виявлені та усунені вчасно суттєві несправності в системах живлення, запалення, агрегатах ходової частини та трансмісії допоможуть покращити паливно-економічні показники на 5-10%.

Основними завданнями технічного діагностування є:

- контроль технічного стану по відповідності вимогам технічної документації;

- пошук причин відмови (несправності);
 - збирання вихідних даних для прогнозування технічного стану;
- підтримка надійності машин.

Вплив діагностування машин виконання сільськогосподарських робіт представлено рис. 2.1.

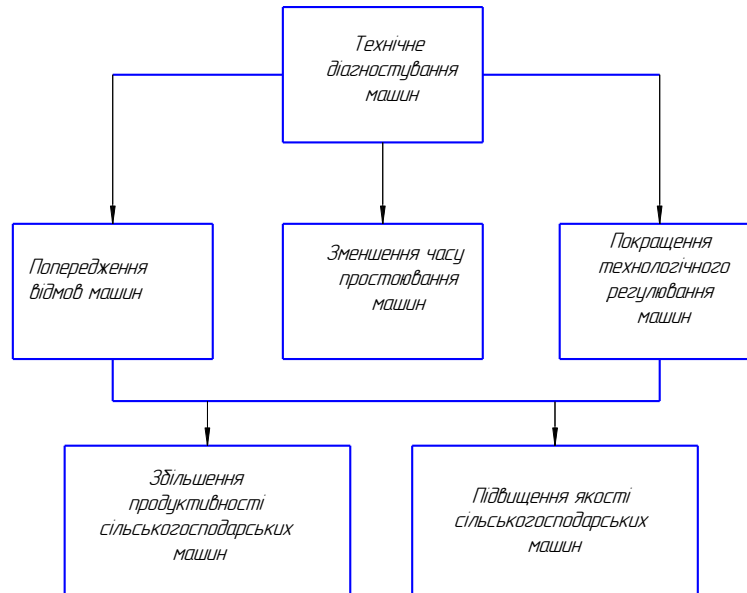


Рисунок 2.1 Вплив технічного діагностування машин виконання сільськогосподарських робіт.

2.3 Принципи проектування технології діагностування

Системний підхід до розробки технології діагностування машин за вихідний принцип приймає облік специфіки стану конкретної машини та високу якість перевірки за мінімальної трудомісткості. В результаті такого системного підходу створюється гнучка універсальна технологія, що відображає все можливе різноманіття ситуацій і враховує кожен результат попередньої операції перевірки [10].

Технічне діагностування організують таким чином, щоб з мінімальними витратами праці вирішити такі завдання [11, 13]:

- перевірити визначену кількість параметрів та діагностичних ознак технічного стану сільськогосподарської машини та надати висновок рішення

про потребу відновлення до номінального значення тих параметрів, які вийшли за межі, що допускаються;

- при усуненні наслідків відмови машини визначити правильність функціонування, знайти несправність та ухвалити висновок про відновлення працездатності машини;

- після досягнення машиною доремонтного або післяремонтного напруження продіагностувати працездатність та ефективність функціонування машини, отримати інформацію для виконання прогнозування остаточного ресурсу та за необхідності прийняти (ухвалити) рішення щодо відновлення ресурсу машини або її складових частин;

- при ремонті визначити необхідність повного розбирання та проведення капітального ремонту вузлів та агрегатів (передремонтне діагностування), оцінити якість ремонту машин та агрегатів (післяремонтне).

Основними факторами, що впливають на вартість діагностування, є тривалість або трудомісткість цього процесу, балансова вартість технічних засобів, а також їхній річний фонд робочого часу [15].

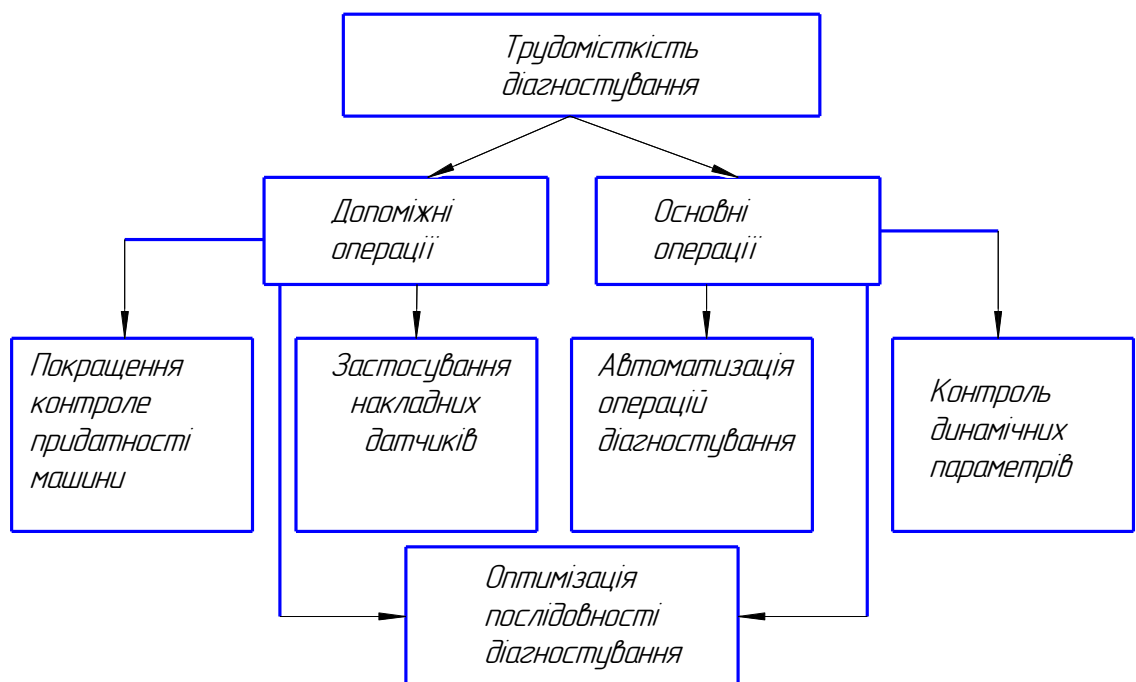


Рисунок 2.2 - Основні шляхи скорочення трудомісткості діагностування.

У зв'язку з цим наші дослідження спрямовані на виконання умови

$$T_{\text{діагн}}, B_{\text{обор}} \rightarrow \min$$

де $T_{\text{діагн}}$ – - трудомісткість діагностування, люд.-год;

$B_{\text{обор}}$ - балансова вартість діагностичного обладнання, грн.

Зменшувати трудомісткість діагностування, відповідно підвищувати продуктивність діагностичних засобів можна за допомогою проведення заходів, представлених на рис. 2.2.

2.4 Розподіл відмов дизельного двигуна за системами

Значною мірою ефективність роботи машинно-тракторного парку залежить від технічного стану двигунів внутрішнього згоряння. За деякими типами машин частку дизельних двигунів доводиться до 50% відмов, а трудомісткість виконуваних робіт з їх усунення сягає 40% від загального часу. Аналізуючи роботу дизельних двигунів, можна сказати, що за надійністю, системи та механізми у двигуні розподіляються таким чином: система живлення – до 45% відмов; циліндро-поршнева група – до 20%; газорозподільний механізм – до 15%; системи охолодження та мастила – до 10% (рис. 2.3).

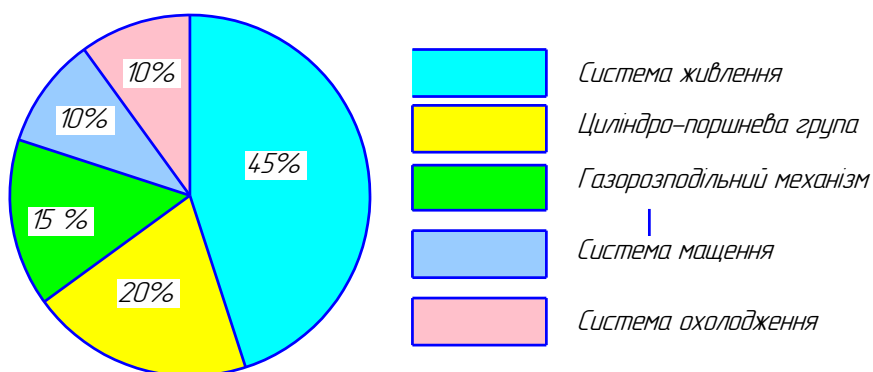


Рисунок 2.3 – Розподіл відмов по системам двигуна

Основними зовнішніми ознаками несправності циліндропоршневої групи (ЦПГ) і систем паливо- і подачі повітря є перевитрата масла, утруднений пуск дизеля і нестійка робота, зменшення потужності та економічності.

Можливими причинами цих несправностей можуть бути наступні:

- зменшення тиску наддуву турбокомпресора;
- зношення деталей ЦПГ;
- невідповідна робота форсунок; неправильне встановлення кута початку подачі палива;
- несправності паливного насоса високого тиску (ПНВТ).

Таким чином, своєчасне та якісне діагностування технічного стану циліндропоршневої групи та системи паливоподачі дозволить забезпечити високу технічну готовність техніки та виконання технологічних процесів у задані терміни, скоротити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність діяльності сільськогосподарських підприємств.

2.5 Методи та обладнання перевірки технічного стану циліндропоршневої групи та систем паливо- та повітроподачі

Засоби технічного діагностування (ЗТД) представляють собою прилади та обладнання, що використовуються для визначення кількісних або якісних значень діагностичних параметрів [1, 16]. До їх конструкції входять такі складові частини: панель керування, що задає тестовий режим; різні типи датчиків, що визначають діагностичні параметри й переводять їх значення у сигнал, який можливо обробляти або відразу безпосередньо використовувати; вимірювальна частина і пристрій виведення результатів (аналогові прилади, цифрові індикатори, або дисплей осцилографа). Також, діагностичний засіб може містити в собі пристрій автоматизації режиму роботи й підтримки тестового режиму, визначення параметрів і автоматизований логічний пристрій, що виконує виведення діагносту вального висновку. За способом взаємодії приладу з об'єктом діагностування ЗТД можна класифікувати на три типи (рис. 2.4).

Зовнішні ЗТД, це ті що не входять до конструкції об'єкту діагностування, які в свою чергу залежно від їх конструкції й функціонального призначення можуть бути поділені на стаціонарні та переносні. Стаціонарні

діагностувальні засоби встановлюють на фундаменти дільниці, як правило, на спеціальних дільницях, оснащених відсмоктуванням відпрацьованих газів, витяжною вентиляцією, оброблених шумоізоляцією (гальмовий стенд, обладнання для перевірки кутів встановлення коліс автомобіля та ін.). Переносні діагностичні засоби застосовують як у комплексі зі стаціонарним обладнанням, так і окремо для локалізації й встановлення несправностей на спеціалізованих дільницях і постах технічного обслуговування й ремонту (наприклад, газоаналізатори, тестери, сканери й т.інш.).

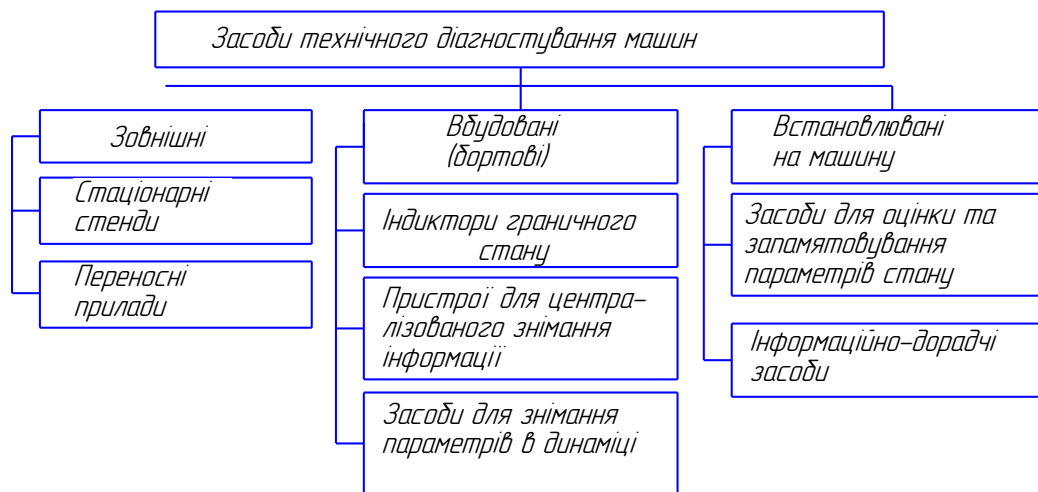


Рисунок 2.4 – Класифікація засобів технічного діагностування

Вбудовані (бортові) засоби технічного діагностування використовують автомобільні датчики, а також містять пристрої вимірювання, мікропроцесори й дисплеї відображення діагностичної інформації, які виконують перевірку безупинно або періодично за закладеною в них програмою. Використання таких засобів дає можливість своєчасно визначити появу передвідаказних станів техніки і планувати виконання попереджувальних дій за фактичним станом автомобіля. Широке застосування вбудованих діагностичних засобів на автомобілях масового випуску обмежується через їх невисоку надійність й високу вартість.

Останнім часом отримали розповсюдження замість убудованих засобів діагностування так звані встановлювані засоби, які відрізняються від убудованих лише конструктивним виконанням приладів обробки, зберігання й аналізу інформації, що виготовляються у вигляді блоку, який монтується на

автомобіль періодично за потребою. Так як планові й заявочні роботи з діагностування автомобіля проводяться нечасто, це дозволяє використовувати значно менше число встановлюваних засобів у порівнянні з убудованими, що за вартістю економічно вигідніше.

2.6. Огляд діагностичних засобів для перевірки технічного стану системи живлення дизельного двигуна

Діагностування турбокомпресорів може виконуватися безпосередньо на двигуні або із зніманням із двигуна (рис. 2.5).

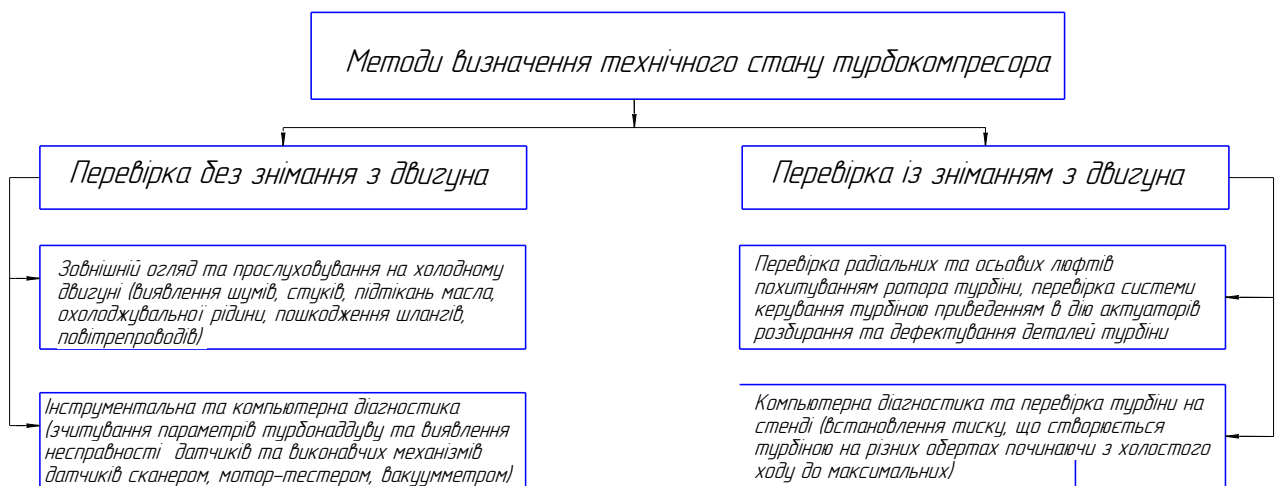
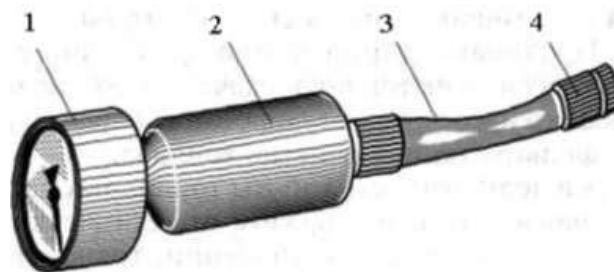


Рисунок 2.5 – Методи діагностування турбокомпресора

Перевірка технічного стану турбокомпресора. Визначення тиску повітря проводиться за допомогою пристрою КИ-28095 (рис. 2.6).



1 – манометр; 2 – корпус; 3 – з'єднувальний шланг; 4 – сполучний штуцер.

Рисунок 2.6 - Пристрій КИ-28095.

Для діагностування технічного стану турбокомпресора слід виконати наступне:

- з різьбового отвору в впускному колекторі турбокомпресора

викрутити заглушку і замість неї вкрутити штуцер вимірювального приладу;

- завести двигун;

- встановити номінальну частоту обертання колінчастого валу двигуна та визначити за манометром параметри тиску наддуву;

- виконати аналіз визначеного значення тиску наддуву турбокомпресора (при працездатному стані значення тиск наддуву повинно бути не нижчим ніж 0,35 кгс/см²; номінальний тиск наддуву – 0,5-0,6 кгс/см²);

- продіагностувати роботу турбокомпресора. З цією метою слід двигуну дати попрацювати 3-5 хв при мінімальній частоті обертання колінчастого валу, встановити максимальний швидкісний режимі

- зупинити двигун, вимкнувши подачу палива. При справному турбокомпресорі обертання ротора повинно прослуховуватись протягом не менше 5 секунд після зупинки;

- якщо після зупинки двигуна не чути обертання ротора, перевірити легкість його обертання при двигуні, що не працює. Для цього, відкривши доступ до колеса компресора, повертати колесо рукою, вибираючи осьовий зазор спочатку в один бік, потім в інший. Колесо компресора повинно легко обертатися без зусилля, заїдання і зачіпання за нерухомі частини турбокомпресора.

Перевірка ефективної потужності двигуна. Діагностування потужних показників дизельного двигуна зводиться до визначення його потужності та порівняння отриманого значення з гранично допустимим.

Для визначення потужності існують гальмівні, безгальмівні та парціальні методи [18].

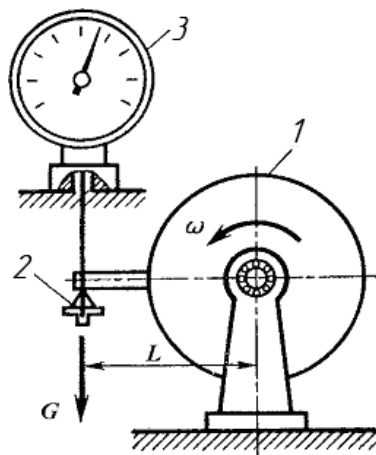
Діагностування енергетичних параметрів гальмівними установками. Визначення потужності двигунів гальмівними методами полягає в тому, що до колінчастого валу двигуна за допомогою гальмівних установок (рис. 2.7) прикладають необхідний момент опору, що перешкоджає його обертанню.

Найбільший інтерес для визначення енергетичних параметрів двигуна представляє його навантажувальна (регуляторна) характеристика.

Процес отримання регуляторної характеристики вимагає проведення дослідів із поступовим збільшенням навантаження двигуна від холостого ходу до максимальної потужності, а потім – до отримання максимального моменту, що крутить.

Процес отримання навантажувальної характеристики полягає в наступному:

- навантажують двигун до заданого режиму і підтримують навантаження постійної до закінчення досвіду;
- вимірюють необхідні показники (крутний момент, частота обертання колінчастого валу, годинна витрата палива);
- визначають потужність та питому витрату палива;
- встановлюють нове навантаження та досвід проводять у тому ж порядку. До протоколу випробувань вносяться всі результати.



1 – гальмо; 2 – призма; 3 – ваговий механізм.

Рисунок 2.7 – Схема балансного динамометра для вимірювання крутного моменту двигуна.

Визначення крутного моменту двигуна ведеться за відомою формулою

$$M_k = G L,$$

де G – зусилля, що визначається ваговим механізмом, Н; L – плече, м.

Потужність двигуна визначається за формулою

$$N_e = M_k \cdot \omega,$$

де ω – кутова швидкість валу, рад/с.

Залежно від типу навантажувального пристрою гальмівні установки можуть бути механічні, повітряні (пневматичні), гідравлічні та електричні.

Результати, отримані гальмівними методами, є більш точними, але вимагають значних витрат на придбання гальмівних установок, а також на підготовку та проведення випробувань.

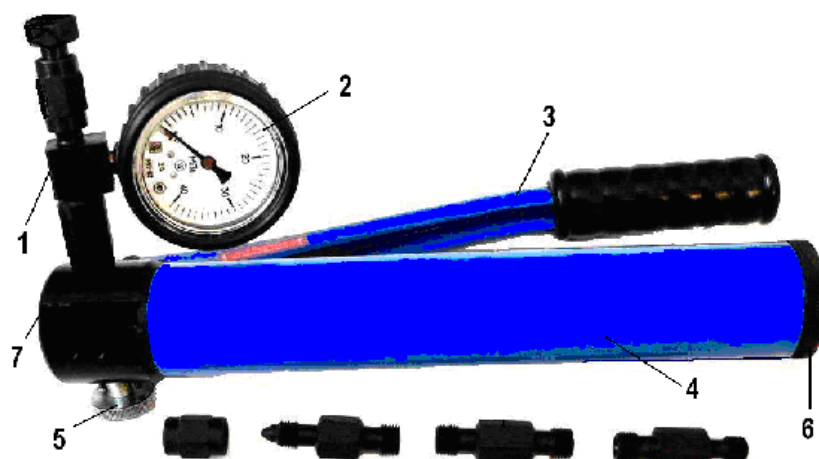
Перевірка технічного стану форсунок. Основними показниками, що характеризують працездатність форсунок, є тиск початку впорскування палива, якість розпилювання палива та герметичність запірного конуса голки розпилювача.

Основні зовнішні ознаки несправності форсунок – «чорний вихлоп» газів, що відпрацювали, і нерівномірність роботи двигуна.

На двигуні, що працює, несправну форсунку можна визначити, почергово послаблюючи накидні гайки кріплення трубопроводів високого тиску до штуцерів секцій насоса і спостерігаючи за частотою обертання колінчастого валу. Якщо частота не змінюється, форсунка несправна. У разі відключення справної форсунок частота обертання зменшиться.

Для встановлення причин неякісної роботи форсунок використовують механотестер КИ-5918 (рис. 2.8).

При підготовці механотестера до роботи вивертають пробку зверху біля ручки 4, наливають у внутрішню порожнину ручки дизельне паливо і загортають пробку. Відвертають пробку 2 і виконують кілька робочих переміщень рукоятки 4 вгору-вниз до моменту повного припинення виділення зі штуцера бульбашок повітря. Завертають пробку 2 та вентиль дроселя 6.



1 – перехідник зі штуцером; 2 – манометр; 3 – рукоятка; 4 – бачок; 5 – дросель; 6 – пробка; 7 – корпус

Рисунок 2.8 – Механотестер.

Навертають на штуцер спеціальну пробку-заглушку (входить у комплект) і, виконуючи робочі переміщення рукоятки, забезпечують у порожнині нагнітання тестера тиск 17-20 МПа. Тривалість падіння тиску має бути не менше 45 секунд.

Від'єднують патрубки високого тиску від форсунки або штуцера на секції паливного насоса високого тиску (з огляду на зручність підключення тестера) і приєднують механотестер через перехідник до штуцера на вході до форсунки.

Для встановлення якості розпилювання струменя палива кілька разів плавно переміщують рукоятку до моменту коли відбувається початок нагнітання палива (тиск в порожнині нагнітання має бути 8-10 МПа) і різко переміщують рукоятку тестера на шляху активного ходу плунжера, що залишився. У випадку, якщо шум від упорскування палива прослуховується недостатньо чітко і не має яскраво вираженого звуку, характерного для роботи справно розпилювача, форсунку розбирають і очищають від відкладень.

У справної форсунки впорскування повинне супроводжуватися чітким, добре прослуховуваним уривчастим звуком високого тону. Для кращого прослуховування можна скористатися стетоскопом.

Для оцінки герметичності за замикаючим конусом виконують рукояткою тестера кілька робочих рухів, забезпечивши в порожнині нагнітання

тестера тиск на 1,0-1,5 МПа менше номінального значення тиску початку впорскування палива форсункою.

Визначають герметичність запірною конуса голки розпилювача, для чого за секундоміром визначають час падіння тиску в інтервалі 15-10 МПа, що має бути не менше 15 секунд.

Для вимірювання тиску початку впорскування палива виконують рукояткою тестера кілька робочих рухів, наповнивши канали форсунки паливом, і, спостерігаючи за стрілкою манометра, фіксують момент максимального її відхилення. Цей момент відповідає тиску початку впорскування палива форсункою.

Тиск початку впорскування має відповідати значенням, наведеним у технічній документації. За їх невідповідності форсунку регулюють.

Для більш точної діагностики, регулювання та візуального спостереження якості розпилу форсунки використовують прилади типу КИ-562 (рис. 2.9) або їх аналоги. Для цього форсунки демонтують із дизеля, промивають і приступають до перевірки.

Методика діагностування полягає в наступному:

- демонтувати форсунки із двигуна, очистити від нагару.
- промити та закріпити форсунку на приладі КИ-562 (рис. 2.9).
- налаштувати форсунку на потрібний тиск впорскування.
- візуально визначити якість розпилу палива. Якщо робота форсунки не відповідає вимогам необхідно замінити розпилювач.



Рисунок 2.9 – Прилад КИ-562.

У сучасних стендах діагностування форсунок (рис. 2.10) манометри аналогового типу замінені на електронні, що дозволяє точніше регулювати тиск початку впорскування палива форсункою.



Рисунок 2.10 – Сучасні стенди діагностування форсунок.

Перевірка технічного стану плунжерних пар та нагнітальних клапанів ПНВТ. Оцінку гідрощільності нагнітального клапана виконують для всіх типів паливних насосів високого тиску (ПНВТ).

Від'єднують паливопроводи високого тиску від штуцера на головці паливного насоса високого тиску та приєднують до нього за допомогою переходника механотестер КИ-16301 (рис. 2.11). Важіль керування регулятором паливного насоса (ПНВТ) переводять у позицію вимкненої подачі палива [19].

Виконують рукояткою тестера кілька повільних робочих рухів, створивши в порожнинах нагнітання механотестера тиск значенням 18-20 МПа.

Визначають по секундомір тривалість падіння тиску в межах 15-10 МПа. Час спадання тиску має бути не нижче 10 секунд. В іншому випадку підтягують штуцер нагнітального клапана і знову оцінюють його гідрощільність. Якщо під час другого тестування результати збігаються, клапан

замінюють.



Рисунок 2.11 – Механотестер КИ-16301.

Для перевірки плунжерних пар від'єднують паливопровід високого тиску від штуцера паливного насоса та включають подачу палива.

Для рядних і V-подібних насосів додатково вивертають штуцер і послідовно видаляють з насосної секції, що перевіряється, пружину і запірний елемент нагнітального клапана. Повертають штуцер.

Провертаючи колінчастий вал вручну, домагаються переміщення плунжерної пари, що перевіряється, в середнє положення. Положення відповідає моменту початку підйому рівня палива в конусному каналі штуцера та повороту валу паливного насоса на один поділ кутової позначки (на лімбі валу регулятора).

Приєднують механотестер до штуцера паливного насоса та виконують рукояткою плавні рухи, забезпечуючи тиск палива у секції 25 МПа.

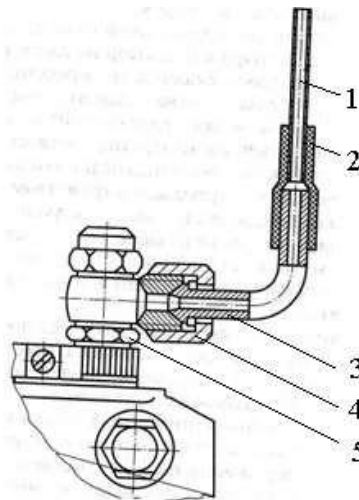
Визначають по секундоміру час, протягом якого тиск падає від 20 до 15 МПа, якщо менше 15 секунд насос підлягає ремонту.

Перевірка кута випередження подачі палива. Найбільш ефективно згоряння палива в циліндрах дизеля відбувається при впорскуванні його до приходу поршня у ВМТ. У процесі експлуатації внаслідок зношування деталей паливного насоса кут випередження подачі палива змінюється у бік запізнення. Через війну зростає кількість палива, що згоряє під час розширення газів у циліндрах двигуна, тобто. Відбувається догоряння на такті розширення, що призводить до підвищення температури газів, що відпрацювали, і порушення

теплого режиму роботи двигуна [20].

Для визначення кута випередження подачі палива плунжерною парою насоса високого тиску використовують кутомір КИ-13926 та моментоскоп КИ-4941 (рис. 2.14). Послідовність операцій наступна:

- від'єднати паливопровід від штуцера першої секції ПНВТ;
- вивернути штуцер із насоса, дістати пружину та встановити на її місце технологічну, яка входить у комплект моментоскопу КИ-4941 (якщо плунжерні пари мають напрацювання менше 1000 мото-год, технологічну пружину не встановлюють);
- повернути штуцер на місце та закріпити на ньому за допомогою накидної гайки моментоскоп (рис. 2.12);



1 – трубка зі скла; 2 – трубка сполучна; 3 – відрізок паливопроводу; 4 – гайка; 5 – штуцер.

Рисунок 2.12 – Встановлення моментоскопу на ПНВТ.

- у решти секцій послабити накидні гайки паливопроводів;
- встановити важіль ручного керування регулятором у положення максимальної подачі палива;
- перевірити пусковим пристроєм колінчастий вал до появи зі скляної трубки моментоскопа суцільного струменя палива без бульбашок повітря та піни;
- за допомогою кутоміра та настановної шпильки, що входить у

поглиблення на маховику, визначити кут випередження подачі палива та порівняти його значення з довідковими даними.

Перевірка технічного стану автоматичної муфти випередження впорскування палива. Автоматична муфта випередження впорскування палива служить для автоматичної зміни кута впорскування палива при зміні навантажувального та швидкісного режимів дизеля. Завдяки цьому стабілізується процес згоряння палива, підвищується економічність та зменшується жорсткість роботи дизеля [7].

У процесі експлуатації зношуються пари, що труться, і деформуються пружини муфти. Внаслідок цього збільшується кут розвороту веденої напівмуфти щодо ведучої при нормативних частотах обертання кулачкового валу насоса.

Дію автоматичної муфти випередження впорскування палива перевіряють за допомогою стробоскопічного пристрою стенду, що входить до складу стендів для регулювання та діагностики паливної дизельної апаратури.

При випробуванні насоса на стенді встановлюють на муфту пристрій, що складається з комплекту змінних стрілок і кілець. Стрілку, що відповідає типу муфти (марці насоса), зміцнюють на її кулачки, кільце – на корпус муфти так, щоб мітка «О» шкали кільця збіглася з вістрям стрілки.

Включають привід насоса, встановлюють нормативну частоту обертання кулачкового валу, включають стробоскоп і спрямовують освітлювач на корпус муфти. Обертаючи маховичок, домагаються такого зображення муфти, при якому кільця та стрілка знаходилися б у зручній для спостереження позиції. По відхиленню стрілки від мітки «О» шкали визначають кут розвороту веденої напівмуфти відносно ведучої.

На стендах, не забезпечених таким пристосуванням, дію муфт перевіряють по куту запізнення початку впорскування палива, отриманого при випробуванні насоса спочатку з жорсткою напівмуфтою, а потім з випробуваною автоматичною муфтою.

При випробуванні насоса з жорсткою напівмуфтою визначають кути

початку нагнітання (методом протоки) та початку впорскування (за допомогою стробоскопа), а потім по різниці отриманих результатів – кут запізнення початку впорскування щодо кута початку нагнітання палива.

Далі з кулачкового валу знімають жорстку напівмуфту і на її місце встановлюють автоматичну муфту випередження впорскування палива. Методом протікання вимірюють кут геометричного початку нагнітання палива першої секції (штуцера), при цьому кут розвороту веденої напівмуфти щодо провідної дорівнює нулю. Включають привід насоса та стробоскоп, вимірюють кут початку впорскування палива першої секції (штуцера). Як і в першому випадку, по різниці результатів вимірювань знаходять кут запізнення початку впорскування щодо кута початку нагнітання палива.

Кут розвороту веденої напівмуфти автоматичної муфти випередження впорскування палива щодо провідної напівмуфти визначають по різниці між кутами запізнення впорскування палива, отриманими під час перевірки з жорсткою напівмуфтою та автоматичною муфтою. Кути початку впорскування палива під час перевірки з жорсткою напівмуфтою та автоматичною муфтою вимірюють при відповідній частоті обертання кулачкового валу насоса.

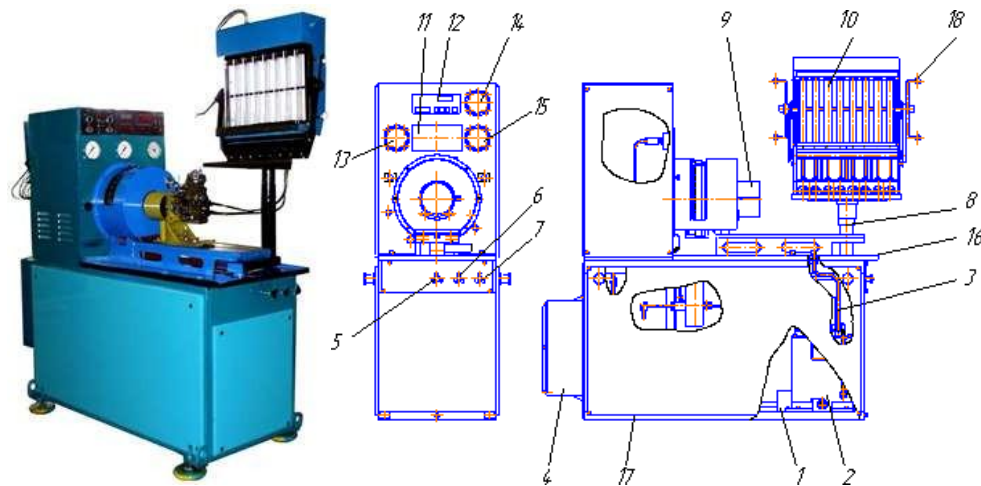
При невідповідності кута розвороту веденої напівмуфти відносно ведучої за отриманими даними змінюють попереднє стиснення пружин муфти за допомогою регулювальних прокладок, поміщених під пружинами. Для зменшення кута розвороту напівмуфт кількість прокладок збільшується.

Перевірка технічного стану агрегатів системи живлення на стендах для регулювання та діагностики дизельної паливної апаратури. На рис. 2.13 представлений стаціонарний стенд регулювання та діагностики дизельної паливної апаратури.

На стенді можна, можливо виконувати перевірку і регулювання наступних параметрів та характеристик ПНВТ:

- рівномірність та величина подачі палива секціями;
- за якої частоти обертання валу ПНВТ починає діяти регулятор;
- частота обертання валу насоса у момент припинення подачі палива;

- тиск відкриття та герметичність нагнітальних клапанів;
- кути початку та кінця подачі палива;
- кут початку та кінця впорскування палива;
- діагностування автоматичної муфти випередження упорскування;
- випробування паливних фільтрів на герметичність



1 – охолоджувач; 2 – бак паливний; 3 – трубопроводи; 4 – електрошафа; 5, 6, 7 – дросель; 8 – опора мірного блоку; 9 – вал вихідний із кронштейном; 10 – мірний блок; 11 – пульт управління; 12 – тахомітричний; 13, 14 – манометр; 15 – термометр; 16 – бак брудного палива; 17 – станина; 18 – рукоятка.

Рисунок 2.13 – Стенд для регулювання та діагностики дизельної паливної апаратури.

Крім того, до складу стенда опційно входить прилад типу КИ-562М, що дозволяє діагностувати технічний стан форсунок.

Визначення основних параметрів двигунів діагностичними комплексами.
В даний час на ринку діагностування тракторів є величезна кількість сучасних засобів діагностування, які поділяються на зовнішні та вбудовані [15-17, 21, 25, 26].

Системи технічного діагностування (СТД), що входять у конструкцію досліджуваної техніки, є вбудованими (бортовими), а ті, що не входять, називаються зовнішніми. Зовнішні СТД бувають переносними та стаціонарними, а за своїми функціональними можливостями діляться на мотор-тестери, системні тестери та сканери.

Сканери дещо обмежені у своїх можливостях, хоча дешевші. Вони дозволяють проводити регулювання холостого ходу, діагностувати форсунки та насоси. Для роботи зі сканером потрібен досвідчений фахівець – діагност, який зможе правильно оцінювати інформацію, що видається сканером.

Системний тестер є пристрій зчитування бортової інформації досліджуваної машини через діагностичний роз'єм і служить для діагностування електронних систем.



Рисунок 2.14 – Сканер ДСТ-2М зі змінними картриджами та адаптером.



Рисунок 2.15 - Спеціалізований системний тестер для діагностування мобільної техніки фірми John Deere.

У системному тестері використовується значно більше даних для діагностування різних систем, ніж у сканері, а також є можливість оновлювати ці дані.

Системні тестери фірми Bosch, що широко використовуються на ремонтних підприємствах, дозволяють якісно діагностувати значну частину техніки, що застосовується в сільському господарстві.

Ще більше можливостей спеціалізованих системних тестерів (рис. 2.15), призначених для діагностування техніки певного виробника. Вони застосовуються дилерськими технічними сервісами. Висока ціна, дороге

навчання персоналу, спеціалізація на техніці одного виробника та придбання тільки дилером є значними чинниками щодо їх широкого поширення.

Мотортестери використовуються для комплексного діагностування тракторів, двигунів та їх систем. Залежно від комплектації змінюються можливості мотортестера.

До складу мотортестера зазвичай входить ЕОМ, комплект датчиків і група кабелів для тестування. У пам'яті є інформація з технічною характеристикою техніки, що діагностується. За відсутності інформації з досліджуваного двигуна, можна вносити дані в ручному режимі.



Рисунок 2.16 – Мотортестер у роботі.

Мотортестер, призначений для оцінки технічного стану двигунів внутрішнього згоряння (рис. 2.16). До складу приладу входять датчики: початку відліку; сили струму; напруги та стробоскоп.

У пам'яті комп'ютера для обчислення ефективної потужності двигуна є значення приблизних коефіцієнтів умовних моментів інерції. Є можливість вносити показники у ручному режимі. За результатами діагностування видається діагностична карта оцінки стану двигуна (мінімальні обороти холостого ходу, ефективна потужність, нерівномірність роботи), системи упорскування, системи пуску та системи запалення.

Виконавши аналіз методів діагностування можливо дійти наступних висновків:

1. При діагностуванні дизельних двигунів краще використання універсальних приладів і комплексів, що дозволяють здійснювати комплексне діагностування двигунів та їх систем.

2. Найбільший інтерес представляє методика діагностування технічного стану дизельних двигунів, заснована на оцінці їх динамічних якостей, проте для диференціювання можливих несправностей, вона вимагає вдосконалення та розробки додаткових методик та засобів їх реалізації, для діагностики ЦПГ та систем паливо- та подачі повітря.

Про актуальність обраної теми свідчить аналіз стану питання. Необхідно адаптувати методику визначення енергетичних показників за динамічними характеристиками з урахуванням показників, що характеризує стан ЦПГ та систем паливо- та подачі повітря.

2.7 Охорона праці під час проведення діагностичних робіт

Під час проведення діагностичних робіт, працівники повинні дотримуватися всіх необхідних правил безпеки на робочому місці, автомобіль повинен бути надійно загальмований, важелі коробки передач знаходитися в нейтральному положенні. Випробування всіх механізмів і систем автомобіля повинно проводитися тільки після надійного закріплення діагностичних засобів (приладів). При використанні діагностичних засобів потрібно ретельно дотримуватися спеціальних вимог безпеки, що вказані у відповідних інструкціях. Дії робітника, що виконують дану операцію повинні узгоджуватися.

Діагностування автомобілів краще виконувати, за можливості, при непрацюючому двигуні.

При включеному дизелі діагностування складових частин автомобіля проводиться тільки тоді, коли важіль переключання передач знаходиться у нейтральному положенні і в кабіні немає сторонніх осіб.

Забороняється знаходитись під автомобілем при включеному двигуні. Перед тим, як пускати двигун необхідно впевнитися, що важіль коробки передач знаходиться у нейтральному положенні. Забороняється торкатися обертових (рухомих) частин автомобіля.

Під час проведення всіх діагностичних робіт, технічного обслуговування автомобіля поруч не повинні знаходитися сторонні особи.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

3.1 Послідовність технології діагностування

Системний підхід передбачає строгу послідовність у розробці технології діагностування. Послідовність операцій вибирається з принципу мінімуму витрат часу встановлення причини несправності.

Процес діагностування включає три основні етапи:

1. підготовчий (Тпід);
2. основний (Тосн);
3. заключний (Тзакл).

Таким чином, трудомісткість діагностування в загалом вигляді можна, можливо визначити з урахуванням її складових. Роботи підготовчого етапу залежить від цілей діагностування. Так, для діагностування при ТО-3 виконують повний обсяг робіт та становлять приблизний план регламентованих робіт. При заявковому діагностуванні ці роботи стосуються лише несправного агрегату.

До підготовчого етапу відносяться:

- отримання інформації у тракториста про технічний стан складальних одиниць, систем та агрегатів;
- ознайомлення з документами про напрацювання чи витрату палива тощо;
- розробка попереднього плану діагностування;
- проведення зовнішнього огляду з виявленням патьоків палива, олії, електроліту, охолоджувальної та гальмівної рідин, стан кріпильних деталей та ін;
- розгортання діагностичного обладнання та підключення датчиків;
- прогрівання двигуна.

На основному етапі задають необхідні режими двигуну та іншим агрегатам, вимірюють згідно з попереднім та послідовно уточнюється планом діагностичні параметри, аналізують стан агрегатів і проводять додаткові поглиблені перевірки. Послідовно визначають потребу двигуна та інших агрегатів у ремонті, усуненні несправностей, складних регулювання та інших запобіжних операціях.

До основного етапу належать:

- виведення двигуна на потрібні режими;
- оцінка якісних ознак несправностей у процесі роботи трактора: вібрація, биття деталей, що обертаються, нагрівання корпусних деталей, шум, специфічний запах тощо;
- інструментальне діагностування за узагальненими параметрами технічного стану агрегатів;
- інструментальне діагностування за частковими параметрами технічного стану агрегатів з метою виявлення несправностей.

На заключному етапі знімають з машини діагностичні засоби, проводять складні регулювання, по можливості усувають виявлені несправності, аналізують стан машини та дають рекомендації щодо ремонтно-обслуговуючих робіт.

До заключного етапу відносяться:

- згортання діагностичного обладнання та підключених датчиків;
- проведення складних регулювань, по можливості усунення виявлених несправностей;
- визначення залишкового ресурсу складових частин діагностуються агрегатів;
- складання рекомендацій про вид та обсяг необхідних ремонтно-обслуговуючих робіт на основі проведеного технічного діагностування;
- заповнення діагностичної картки з рекомендаціями щодо ремонтно-обслуговуючих робіт, яка надалі служить основним документом для проведення ремонтно-обслуговуючих робіт, у тому числі видачі запасних

частин та ремонтних матеріалів.

Крім цього, при розробці технологій діагностування необхідно встановити трудомісткості окремих контрольних робіт і повного діагностування

$$T_{diag} = \sum t_i, \text{ люд.-год} \quad (3.1)$$

де - трудомісткості відповідних діагностичних операцій, люд.-год.

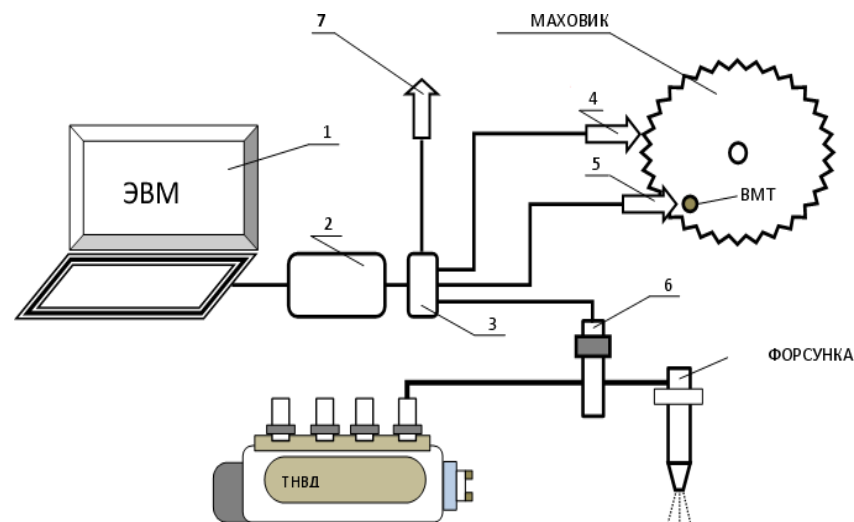
Справність дизельного двигуна більшою мірою залежить від технічного стану циліндропоршневої групи (ЦПГ) та систем паливо- та подачі повітря. На їхню частку припадає до 65% відмов та несправностей.

Ми пропонуємо методику комплексної діагностики дизелів, що полягає в послідовній реалізації нижчеперелічених приватних методик діагностування ЦПГ та систем паливо- та подачі повітря:

1. Встановлення залежності зміни тиску наддуву (для двигунів з ГТН) від частоти обертання колінчастого валу двигуна [13, 107].
2. Виявлення залежності зміни енергетичних параметрів двигуна ($M = f(n)$ і $Ne = f(n)$) [19, 20, 27].
3. Дослідження нерівномірності роботи циліндрів двигуна (та потужності).
4. Виявлення залежності зміни тиску у паливопроводах високого тиску, що дозволяють оцінити технічний стан форсунок та ПНВТ [22, 24].
5. Діагностування кута випередження подачі палива [22, 24].
6. Встановлення залежності зміни кута випередження впорскування палива від обертів колінвалу дизельних двигунів з автоматичною муфтою випередження впорскування палива [22].

Діагностичне обладнання. Для діагностики дизельного двигуна необхідно обробити масив даних, отриманих від різних вузлів. Масив даних формується за допомогою аналогово-цифрового перетворювача 2, плати сполучення 3, двох індукційних датчиків 4 і 5, датчика тиску 6 у паливопроводі і перетворювача надлишкового тиску у впускному колекторі 7. Датчик 4 використовується для отримання кутового прискорення колінчастого валу, на

підставі якого визначається ефективний потужність дизеля. Датчик 5 використовується для визначення кута випередження упорскування палива та стану муфти випередження упорскування палива (за наявності). Датчик 6 фіксує значення тиску паливопроводі на підставі яких дається висновок про стан плунжерних пар, нагнітальних клапанів, паливних форсунок та інших вузлів системи живлення високого тиску. Перетворювач надлишкового тиску у впускному колекторі 7 використовується для визначення стану системи впуску та турбокомпресора (за наявності).



1 – персональний комп'ютер; 2 – аналогово-цифровий перетворювач; 3 – плати сполучення;
4, 5 - індукційні датчики для визначення кутового прискорення колінчастого валу і кута випередження впорскування палива та стану муфти випередження впорскування; 6 – датчик визначення тиску палива в паливопроводі; 7 – датчик визначення тиску повітря у впускному колекторі.

Рисунок 3.1 - Схема пропонованого діагностичного обладнання.

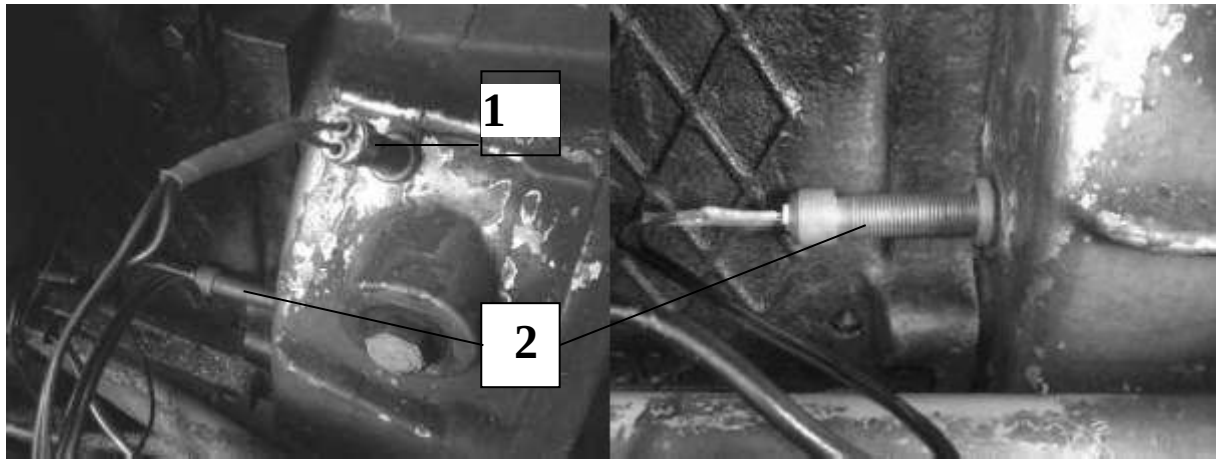


Рисунок 3.2 - Діагностичне обладнання підготовлене до роботи.

Для отримання сигналу використовуються два індукційні датчики (рис. 3.2). Індукційний датчик 1 встановлюється спеціально підготовлений отвір $M16 \times 1,5$ в картері маховика, навпроти зубчастого вінця маховика колінчастого валу на відстані 1-3 мм від вершин зубів. При проходженні зубів вінця маховика перед ним у датчику генерується ЕРС, частота якої пропорційна швидкості проходження зубів вінця маховика.

У маховику колінчастого валу більшості тракторів є механічний фіксатор (настановна шпилька), для визначення положення першого циліндра двигуна у верхній мертвій точці (ВМТ).

Технологічний отвір цього пристрою використовується для встановлення індукційного датчика фіксації 2 положення поршня першого циліндра в ВМТ (рис. 3.3).



1 – датчик частоти обертання маховика; 2 – датчик фіксації ВМТ

Рисунок 3.3 - Встановлення індукційних датчиків на двигун.

Для спрощення робіт із встановлення датчика положення ВМТ на двигуні СМД-62 використовується попередньо підготовлений технологічний отвір діаметром 8 мм. Цей отвір проводиться поруч із міткою, що відповідає положенню першого циліндра в ВМТ 1 (рис. 3.4). Навпроти мітки на кришці верхнього вікна картера маховика встановлюється індукційний датчик ВМТ 2.

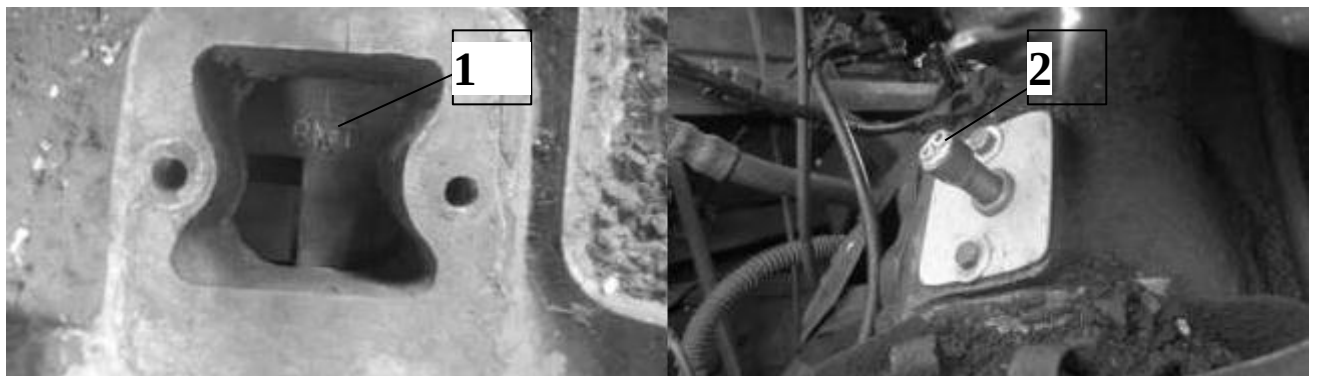


Рисунок 3.4 - Встановлення датчика положення ВМТ на дизелі СМД-62.

Для вимірювання тиску у паливопроводі (рис. 3.5) використовується датчик тиску, який встановлюється між форсункою першого циліндра двигуна та паливопроводом.



Рисунок 3.5 - Встановлення датчика палива тиску в паливопроводі.



Рисунок 3.6 - Датчик тиску повітря та його встановлення на двигун СМД-62.

Вимірювання тиску наддуву повітря для двигунів з газотурбінним нагнітачем (ГТН) проводиться за допомогою датчика тиску, який встановлюється у колекторі впуску (рис. 3.6).

Для визначення дійсного моменту інерції двигуна використовується маховик (рис. 3.6). Даний пристрій з'єднується з трактором, що досліджується, через вал відбору потужності (ВВП).

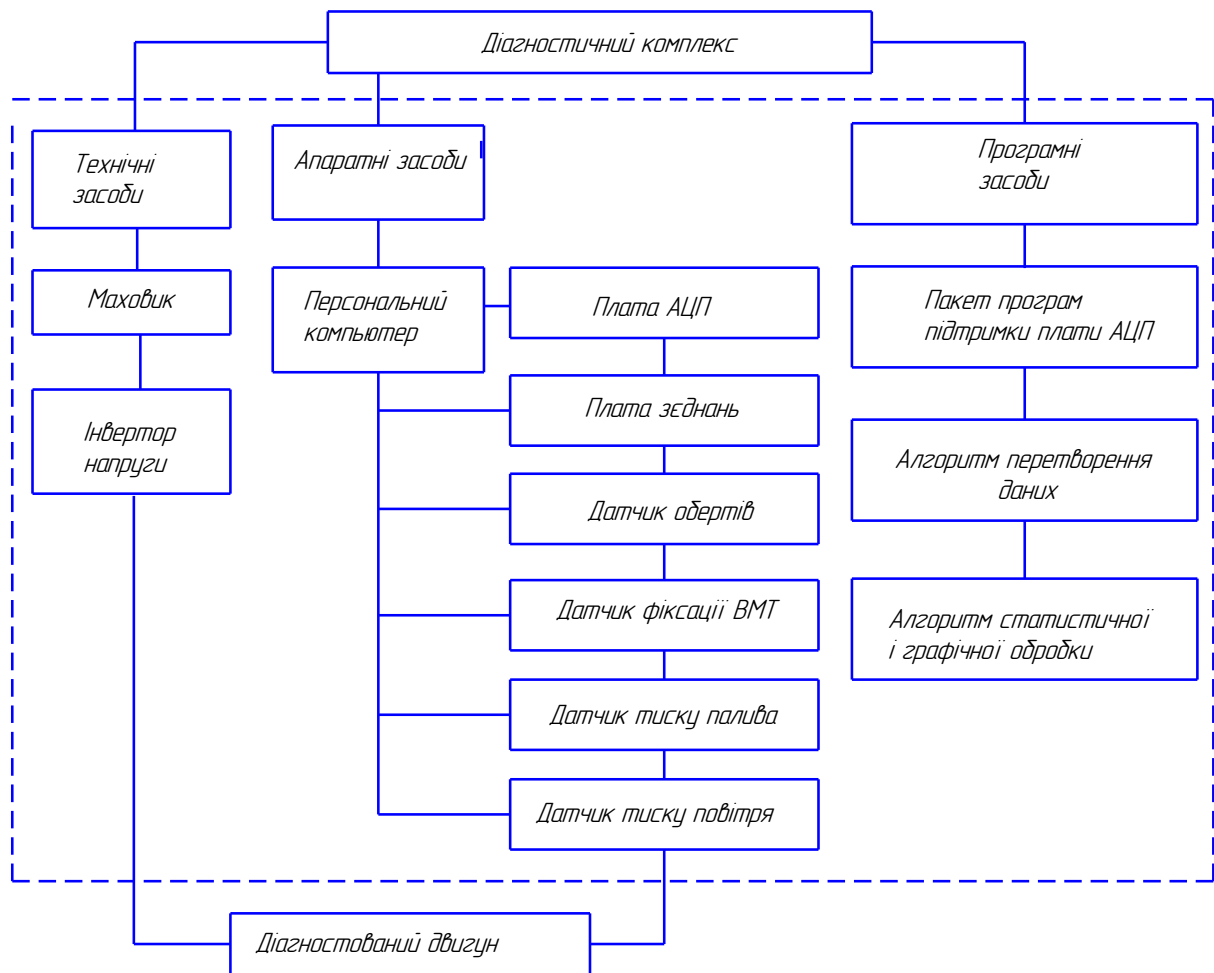


Рисунок 3.7 - Структурна схема діагностичного комплексу

Під час проведення досліджень використовуються індукційні датчики та датчики тиску, які з'єднуються з комп'ютером екранованими коаксіальними провідниками.

Для обробки сигналів датчиків використовують аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) (рис. 3.8) з пакетом відповідних програм.



Рисунок 3.8 - АЦП L-Card E-154.

Для забезпечення передачі сигналів від датчиків до аналого-цифрового перетворювача до складу пропонованого комплексу введена плата сполучення (рис. 3.9). Плата пар має 8 входів, що дозволяє одночасно фіксувати вісім різних параметрів.



Рисунок 3.9 - Плата сполучень

3.2 Методика комплексної діагностики дизельних двигунів

Встановлення залежності зміни тиску наддуву. Для визначення надлишкового тиску у впускному колекторі, що забезпечується ГТН, використовується датчик тиску повітря (рис. 3.10), що входить до пропонованого діагностичного обладнання, який встановлюється в порожнину верхньої кришки блоку циліндрів (Т-150, Т-150К) (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 - Місце встановлення датчика тиску на двигуні СМД-62.

Значення потужності визначається на режимі вільного розгону. Повне завантаження двигуна забезпечується при розгоні трактора на вищій передачі від мінімальної до максимальної частоти обертання колінчастого валу двигуна при різкому збільшенні подачі палива.

При розгоні трактора діагностичний комплекс розміщується у кабіні трактора (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 - Комплекс підготовлений для запису показників тиску наддуву.

Живлення системного блоку та монітора здійснюється за допомогою інвертора напруги (рис. 3.12), який у свою чергу запитується від електросистеми трактора, що досліджується.



Рисунок 3.12 - Інвертор напруги.

Методика діагностування основних показників дизельних двигунів. За складеною програмою експериментальних досліджень було проведено діагностування двох двигунів СМД-62 тракторів Т-150К.



Рисунок 3.13 - Досліджувані трактори Т-150К.

Визначення повторності дослідів. При невизначеності меж зміни вимірюваної величини, для зменшення кількості повторностей задаємося граничною помилкою в частках середньоквадратичного відхилення $\pm 3\sigma$. Для проведення вимірювань пов'язаних з визначенням закономірностей та значення величин, що є основою для подальшого розрахунку, цілком достатня довірча ймовірність $\alpha=0,95$ та необхідна кількість повторностей дослідів $n=5$.

Діагностування енергетичних та паливно-економічних показників двигунів.

Процес діагностування двигунів на гальмівному стенді за стандартною методикою (ГОСТ 18509-88) складається з низки дослідів з поступовим підвищенням навантаження на двигун від холостого ходу до максимальної потужності, а потім до максимального моменту, що крутить.

Проведення гальмівних випробувань дозволяє отримати регуляторну характеристику двигуна.

При значних перевантаженнях, під час проведення гальмівних випробувань, досліджуваний двигун відчуває велике теплове та механічне навантаження, у зв'язку з цим кількість повторностей вимірювань та їх

тривалість на цих режимах, по можливості, потрібно зменшувати.

Методика визначення енергетичних та паливо-економічних показників полягає в наступному [26]:

1. Двигун завантажити до потрібного режиму і підтримувати це постійного навантаження.

2. Виміряти необхідні показники роботи двигуна (частоту обертання колінчастого валу, момент, що крутить, тиск наддуву, годинну витрату палива) на заданому режимі.

3. За отриманими результатами обчислити ефективну потужність та питому витрату палива.

4. Перейти на наступний режим роботи двигуна, встановити нове навантаження та провести досвід у тій самій послідовності.

5. Результати досвіду вносяться до протоколу.

Діагностування потужних та паливно-економічних параметрів досліджуваних двигунів проводилося відповідно до ГОСТ 18509-88 на балансірному динамометрі (рис. 3.14).



Рисунок 3.14. Балансірний динамометр

Усі показники роботи досліджуваних двигунів реєструвалися апаратурою (рис. 3.15).



Рисунок 3.15 - Вимірювальна апаратура.

Показники температури та вологості повітря фіксувалися метеометром TESTO-400.

Показання атмосферного тиску фіксувалося барометром-анероїдом БАММ.

Тиск у системах двигуна визначалося трьома манометрами типу МО та манометром МТП-160.

Вимірювання температур у системах двигуна реєструвалося термометрами ТК-5.03.

Хронометрування операцій діагностування здійснювалося механічним секундоміром СОПпр-2-3-000.

Діагностування паливної апаратури. Перевірка технічного стану форсунок здійснювалася за допомогою пристосування для діагностики форсунок (рис. 3.16), що входить до комплекту стенду для перевірки та регулювання паливного обладнання.



Рисунок 3.16 - Пристрої для діагностики форсунок.

Зняті з випробуваних дизелів форсунки по чергово були перевірені на відповідність тиску початку впорскування палива та якість розпилювання палива.

Перевірка установочного кута випередження подачі палива на випробуваних тракторах, проводилася відповідно до стандартної методики, за допомогою кутоміра КИ-13926 та моментоскопу КИ-4941.

Перевірка технічного стану автоматичної муфти випередження впорскування палива, випробуваних дизелів проводилося за стандартною методикою.

Для оцінки роботи автоматичної муфти випередження впорскування палива і визначення кута випередження подачі палива на всіх частотах обертання необхідно знімати не два значення, а цілий ряд точок, щоб отримати залежність $\gamma = f(n)$. За стандартною методикою діагностування автоматичної муфти випереджування впорскування палива за двома точками займає деякий час (3-5 хв. без урахування підготовчих робіт) отже, зі збільшенням кількості точок час цієї процедури значно збільшується. Тому, прийнято рішення знімати

точки від 100 до 1100 об/хв. кулачкового валу ПНВТ із кроком 100 об/хв.

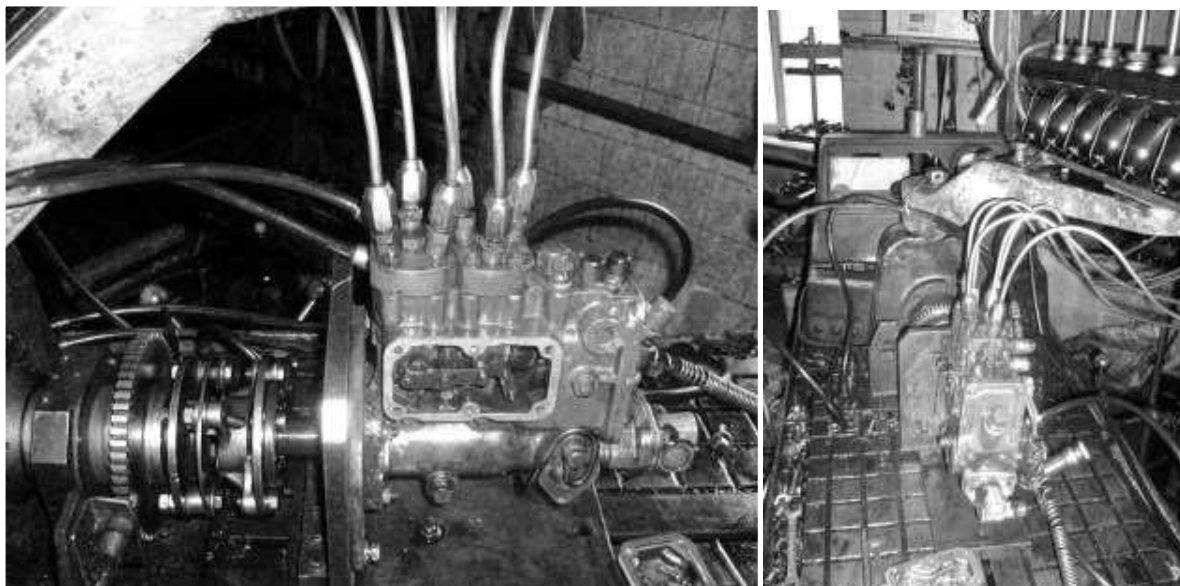


Рисунок 3.17 - Діагностування ПНВТ та автоматичної муфти випередження впорскування палива на стенді.

Паливні насоси НД-22/6 демонтувалися з випробуваних двигунів і встановлювалися на стенд. В результаті стендових випробувань автоматичної муфти отримуємо залежність $f(n)$.

Діагностування основних показників двигунів за пропонованою методикою.

Розроблена методика комплексного діагностування дозволяє в залежності від комплектації допоміжного обладнання (наявності турбокомпресора та автоматичної муфти випередження подачі палива), визначати такі параметри роботи дизельного двигуна:

1. Тиск наддуву по всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу (для турбованих двигунів).
2. Справжній момент інерції двигуна.
3. Потужність двигуна на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу;
4. Рівномірність роботи циліндрів за аналізом потужності окремих циліндрів.

5. Стан паливної апаратури високого тиску за закономірністю зміни тиску паливопроводах високого тиску, на підставі порівняння отриманих осцилограм тиску з еталонними.

6. Установчий кут випередження подачі палива.

7. Стан автоматичної муфти випередження упорскування палива на основі аналізу її роботи на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу.

8. Підготовка до діагностування полягає у підготовці настановних місць (отворів) та встановлення датчиків, що входять до складу комплексу.

9. Індукційний датчик частоти обертання колінчастого валу фіксується на технологічному вікні кожуха маховика за допомогою перехідної плити на відстані 2-3 мм від зубів (рис. 3.18 а).

10. Датчик тиску наддуву герметично встановлюється на впускний колектор за допомогою штуцера та повітряного шлангу (рис. 3.18 б).



а)



б)

Рисунок 3.19 - Встановлення датчики на двигуні СМД-62.

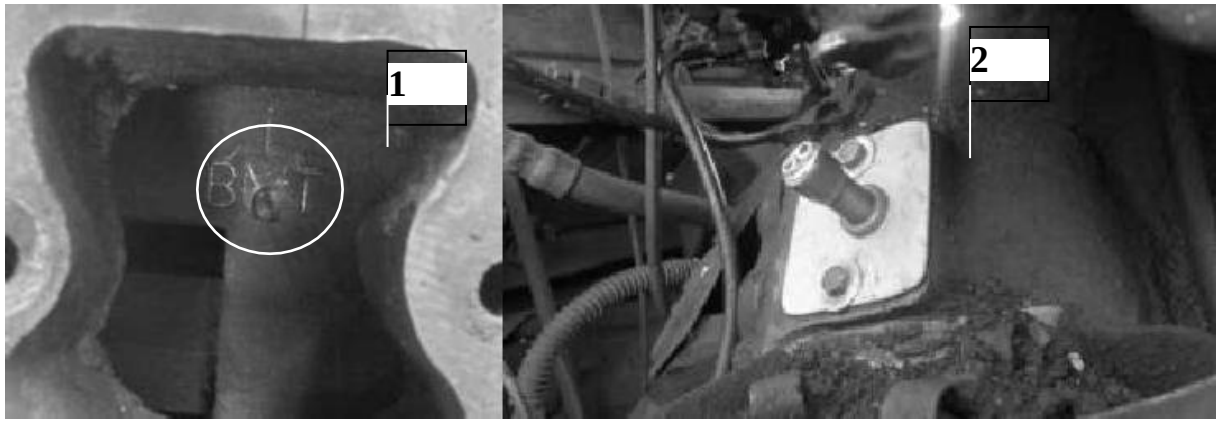


Рисунок 3.20 - Встановлення датчика положення ВМТ на двигуні СМД-62.

Для встановлення датчика положення ВМТ на маховику, поруч із міткою відповідної положенню першого циліндра ВМТ 1 було попередньо підготовлено технологічний отвір діаметром 8 мм.

Навпроти підготовленої мітки на кришці верхнього вікна картера маховика встановлюється індукційний датчик ВМТ 2 (рис. 3.20).

Датчик тиску палива встановлюється між форсункою першого циліндра двигуна та паливопроводом (рис. 3.21).



Рисунок 3.21. Встановлення датчика тиску на паливопроводі високого тиску двигуна СМД-62.

Після встановлення датчиків, для отримання достовірних даних, розраховуємо частоту опитування плати АЦП, у відповідність до максимальної

частоти обертання колінчастого валу та кількості зубів маховика випробуваного двигуна. Мінімальна частота опитування визначається умовою фіксації датчиком не менше семи точок за час проходження одного зуба.

Методика визначення технічного стану турбокомпресора.

Методика визначення технічного стану турбокомпресора полягає в наступному:

1. Виконати операції з технічного обслуговування системи мащення двигуна, промити або замінити фільтруючі елементи системи очищення повітря, перевірити щільність прилягання впускного та випускного фланців до турбокомпресора, а також впускного та випускного колекторів до головок циліндрів.

2. Розгорнути діагностичне обладнання: встановити датчик тиску; встановити датчик частоти обертання маховика.

3. Запустити та прогріти дизель до температури картерної оливи 80-90°C;

4. Шляхом різкого збільшення подачі палива розігнати трактор на найвищій передачі.

5. Визначити показники зміни тиску повітря, що забезпечується ГТН, на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна ($P_n^{lim}=f(n)$) і порівняти з граничним ($P_n^{gran} = f(n)$).

6. Перевірити роботу турбокомпресора на вибігу. Для цього дати попрацювати 3-5 хв. при мінімально стійкій частоті обертання колінчастого валу, встановити максимальну подачу палива та після розгону вимкнути подачу палива, зупинивши двигун. Обертання ротора турбокомпресора повинно прослуховуватися не менше 5 секунд після зупинки дизеля.

Залежно від отриманих результатів дається рекомендація щодо можливості подальшої експлуатації турбокомпресора або необхідності його ремонту.

Нерівномірність роботи циліндрів залежить від додаткової частки

потужності кожного циліндра окремо, яка в свою чергу залежить від трьох факторів: стану циліндропоршневої групи кожного циліндра, якості регулювання та стану клапанів газорозподільного механізму кожного циліндра, а так само кількості та якості розпилю вприскуваного палива в кожен циліндр (рис. 3.22) [24, 25].

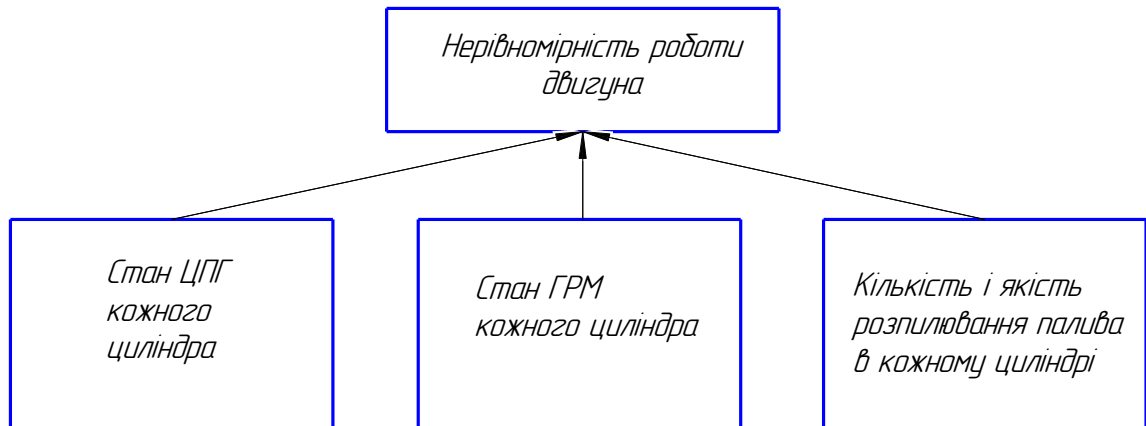


Рисунок 3.22 - Чинники, що впливають на нерівномірність роботи дизеля.

Методика визначення нерівномірності роботи циліндрів дизеля розглядається в цілому, не поділяючи за впливом на неї кожного з факторів окремо. Якщо енергетичні параметри дизеля загалом і нерівномірність роботи перебувають у допустимих межах, визначення впливу окремих чинників не потребується. Методика визначення нерівномірності роботи дизеля полягає в наступному:

1. Розгорнути діагностичний комплекс (встановити датчик частоти обертання колінчастого валу).
2. Запустити та прогріти дизель до температури картерного масла 80-90°C;
3. Налаштувати програму, що входить до комплексу постачання АЦП.
4. Встановити мінімально стійкі обороти колінчастого валу, а потім різко встановити паливний важіль у положення, що відповідає максимальній подачі палива.
5. Здійснити запис процесу розгону під час роботи двигуна на всіх

циліндрах.

6. Почергово зробити запис процесу розгону при відключенні подачі палива в кожен циліндр.

7. Обробити отримані дані, зробити висновок.

Отримані дані вносяться до зведеної таблиці зміни ефективної потужності двигуна, на підставі якої можна побудувати графіки зміни ефективної потужності при почерговому відключенні подачі палива в циліндри на всьому діапазоні частоти обертання колінчастого валу. Практичне значення має «додаткова потужність», що відповідає кожному циліндру при номінальній частоті обертання колінчастого валу.

З отриманої таблиці та графіків робиться висновок про технічний стан окремих циліндрів.

За результатами визначення ефективної потужності двигуна в цілому та при почерговому відключенні подачі палива в циліндри обчислюємо:

1. значення нерівномірності розподілу потужності за циліндрами за формулою

$$\delta = \frac{2 \cdot (N_{e \max} - N_{e \min})}{N_{e \max} + N_{e \min}} \cdot 100\%, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

де N_e , N_{e_i} - максимальне та мінімальне значення потужності двигуна, Вт.

Відповідно до [19, 20] значення нерівномірності розподілу потужності по циліндрах має перевищувати 12%.

2. значення умовної індикаторної потужності кожного циліндра за формулою

$$N_i^k = N_e - N_e^k, \quad \text{Вт} \quad (3.3)$$

де N_e - Ефективна потужність двигуна при роботі на всіх циліндрах, Вт.

N_k -ефективна потужність двигуна при роботі з відключеним «k»-им циліндром, Вт.

З.значення умовної індикаторної потужності двигуна за формулою

$$N_i = \sum N_i^k \quad (3.4)$$

При дослідженні двигунів з турбонаддувом значення умовної індикаторної потужності двигуна в цілому та з відключеними циліндрами необхідно скоригувати з урахуванням тиску наддуву на номінальній частоті обертання колінчастого валу.

Виявлення залежності зміни тиску у паливопроводах системи живлення.

Технічний стан паливної системи, особливо у зоні високого тиску, значною мірою впливає показники ефективності роботи дизельних двигунів. Найбільш ефективним є комплексне діагностування, в результаті якого виявляють несправності конкретних деталей та дають висновок про необхідність проведення робіт з регулювання, ремонту або заміни окремих вузлів та механізмів системи живлення.

Якщо уважно розглянути процес зміни тиску палива в магістралі високого тиску, то за характерними ділянками та їх розташуванням щодо позначки ВМТ можна виявити більшість несправностей паливної апаратури високого тиску.

У загальному випадку зміну тиску в паливопроводі між паливним насосом і форсункою можна подати у вигляді «теоретичної» осцилограми (рис. 3.23). Розглянемо зміну тиску на «теоретичній» осцилограмі за ділянками:

- ділянка 1 – постійний тиск свідчить про задовільну роботу нагнітального клапана та голки розпилювача;
- ділянки 2 та 3 – початок відкриття нагнітального клапана;
- ділянка 4 - голка форсунки піднімається та відбувається падіння тиску;
- ділянка 5 - в результаті нагнітального ходу плунжера тиск збільшується;

- ділянка 6 - припиняється подача палива насосом;
- ділянку 7 - закриття голки розпилювача;
- ділянка 8 – відбувається закриття нагнітального клапана насоса;
- ділянку 9 - під впливом відбитих хвиль відбуваються загасаючі коливання тиску.

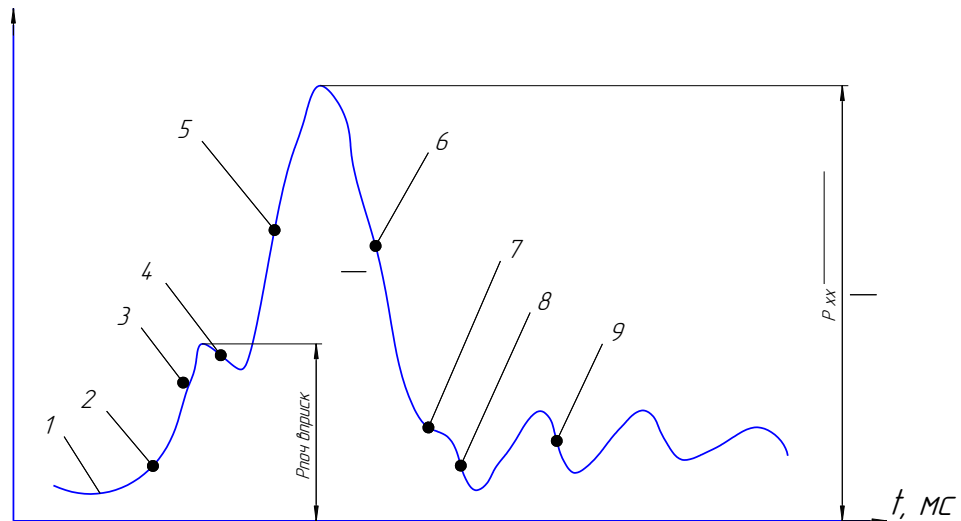
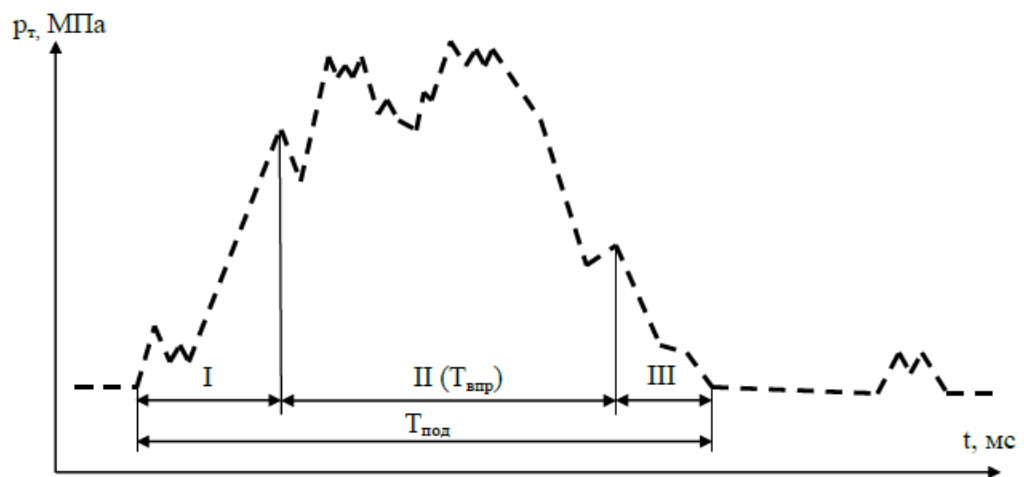


Рисунок 3.23 - Теоретична осцилограма зміни тиску у паливопроводі.

Аналіз зміни тиску в паливопроводі дає можливість виявляти такі несправності, як нещільність прилягання голки і розпилювача, прихоплювання голки, тріщини корпусів форсунок і втулок плунжера, поломки пружин та ін.

Оцінною характеристикою стану секції паливного насоса є максимальний тиск у паливній магістралі даної секції, який залежить від зношування плунжерної пари, стану розпилювача, регулювання форсунки та паливного насоса. Підвищення тиску впорскування викликається заклинюванням голки або затисканням її регулювальною пружиною, закоксуванням розпилювача, а також підвищенням циклової подачі палива насосом. Падіння максимального тиску впорскування викликають зменшення затягування регулювальної пружини, підвисання голки та обрив носика розпилювача форсунки, а також падіння циклової подачі палива насосом.

На рис. 3.24 представлено «еталонну» осцилограму зміни тиску в паливопроводі, що відповідає номінальним значенням параметрів технічного стану паливного обладнання.



$T_{\text{впр}}$ – тривалість вприскування палива; $T_{\text{под}}$ – тривалість подачі палива насосом

Рисунок 3.24 - «Еталонна» осцилограма зміни тиску у паливопроводі.

На «еталонній» осцилограмі можна виділити три характерні ділянки:

- ділянка I характеризується збільшенням тиску палива у паливопроводі до моменту відкриття голки форсунки (відповідає 1-3 ділянці теоретичної осцилограми (рис. 3.23));
- ділянка II характеризується упорскуванням палива в циліндр двигуна (відповідає 4-7 ділянці теоретичної осцилограми);
- ділянка III характеризується падінням тиску після закриття голки розпилювача до моменту закриття нагнітального клапана насоса (відповідає 8-9 ділянці теоретичної осцилограми).

Методика діагностування системи живлення дизельних двигунів здійснюється у такому порядку:

1. Розгорнути діагностичний комплекс (встановити датчик тиску паливопровід високого тиску першого циліндра (рис. 3.23).
2. Запустити та прогріти дизель до температури картерної оливи 80-90°C.
3. Налаштувати програму, що входить до комплекту постачання АЦП.
4. Встановити частоту обертання колінчастого вала відповідну мінімальним обертам холостого ходу.

5. Зафіксувати показання датчиків у вигляді плати АЦП.
6. За отриманими даними побудувати осцилограму зміни тиску.
7. Порівняти отриману осцилограму з еталонною (рис. 3.24).
8. Проаналізувати стан цієї секції насоса та форсунки.
9. Виконати аналогічні операції на інших форсунках (якщо немає можливості одночасно встановити датчики тиску на кожен форсунку).

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗА РОЗРОБЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ

4.1 Результати діагностування паливних насосів високого тиску та форсунок

На рис. 4.1-4.5 наведено осцилограми відповідні деяким несправностям паливної апаратури.

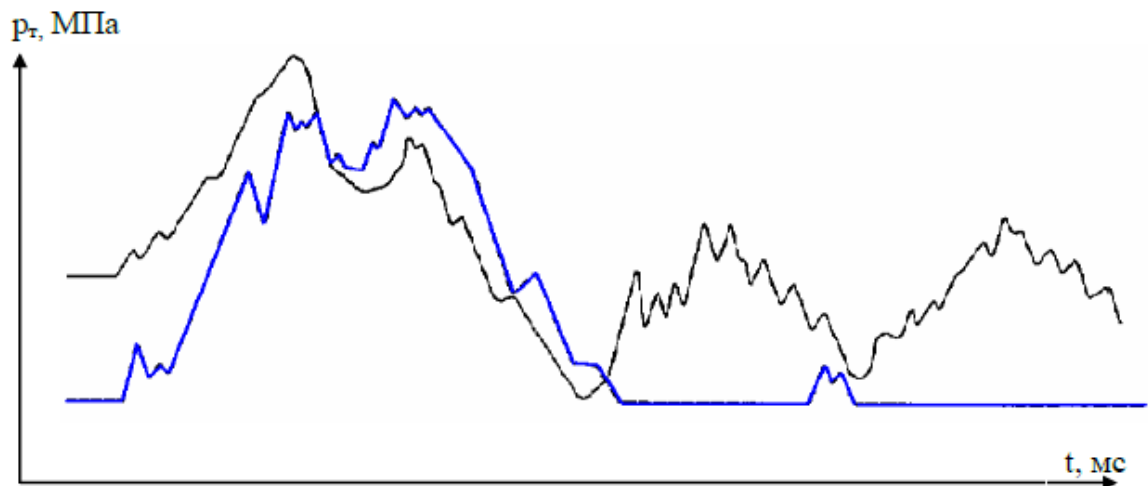


Рисунок 4.1 - Зміна осцилограми при зносі нагнітального клапана.

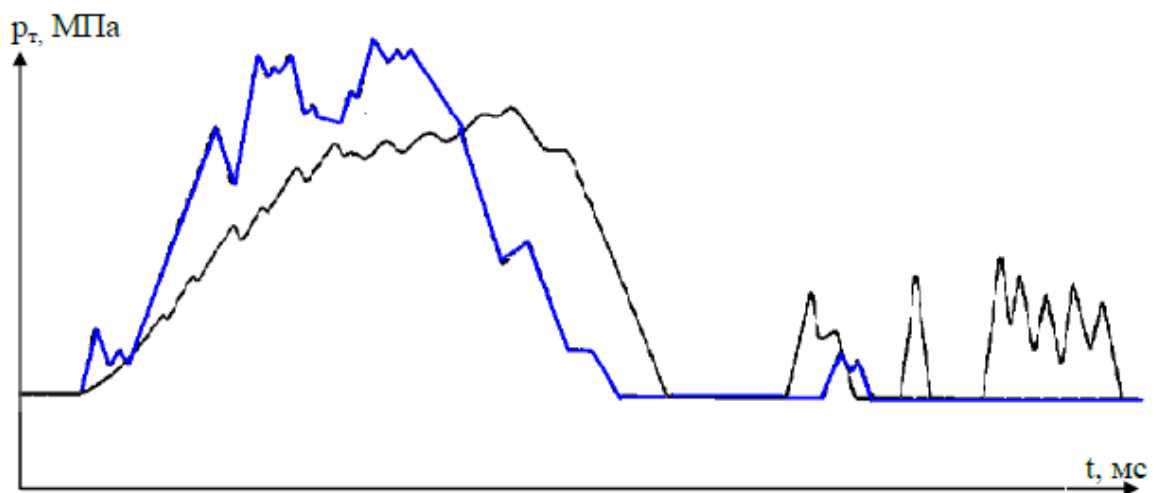


Рисунок 4.2 - Зміна осцилограми при зношуванні плунжерної пари.

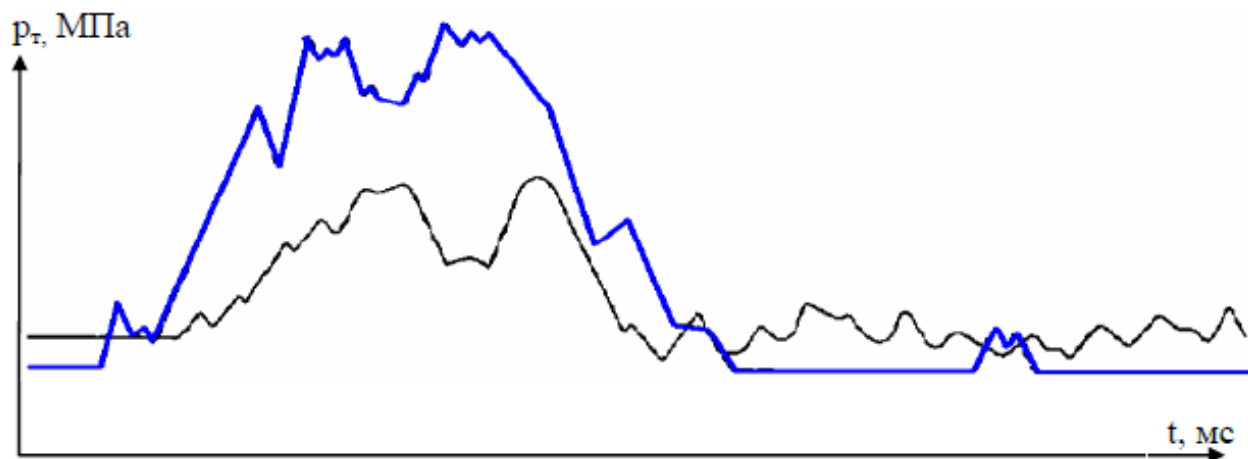


Рисунок 4.3 - Зміна осцилограми при сумарному зносі клапана нагнітання і плунжерної пари.

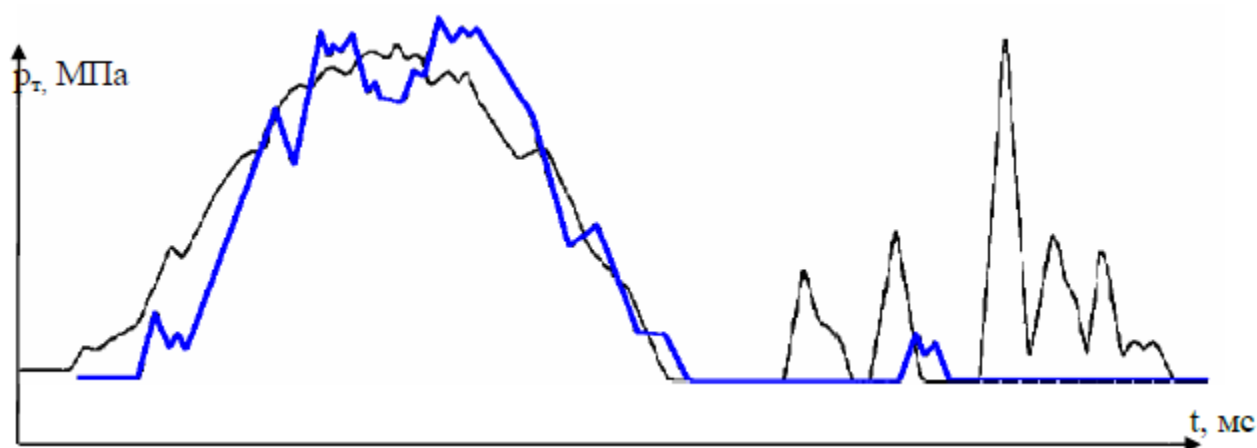


Рисунок 4.4 - Зміна осцилограми при закоксовуванні соплових отворів.

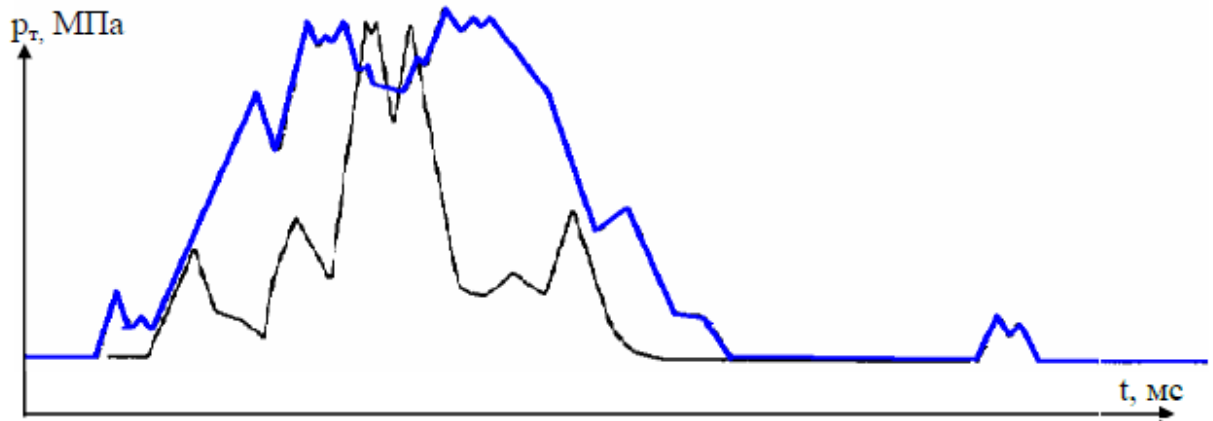


Рисунок 4.5 - Зміна осцилограми при зменшенні тиску початку підйому голки розпилювача форсунки.

Після порівняння досліджуваної та «еталонної» осцилограм даються рекомендації до регулювання, ремонту або заміни несправних вузлів або деталей.

4.2 Визначення кута випередження подачі палива

Одним із найважливіших показників, що впливають на ефективність роботи двигуна, є правильно встановлений кут випередження подачі палива. Запропонований діагностичний комплекс дозволяє проконтролювати правильність встановлення кута випередження подачі палива.

Методика визначення кута випередження подачі палива полягає в наступному:

1. Розгорнути діагностичний комплекс: встановити датчик частоти обертання маховика, встановити індукційний датчик положення ВМТ у картері маховика замість шпильки фіксації ВМТ.
2. Встановити датчик тиску паливопровід високого тиску в місці його з'єднання з форсункою першого циліндра.
3. Запустити та прогріти дизель до температури картерної оливи 80-90°C.
4. Налаштувати програму, що входить до комплекту постачання АЦП.

5. Встановити частоту обертання колінчастого валу, що відповідає режиму максимальної подачі палива.

6. Зафіксувати показання датчиків у вигляді плати АЦП.

7. Визначити кут випередження подачі палива за суміщеною осцилограмою і порівняти його з значеннями, що рекомендуються.

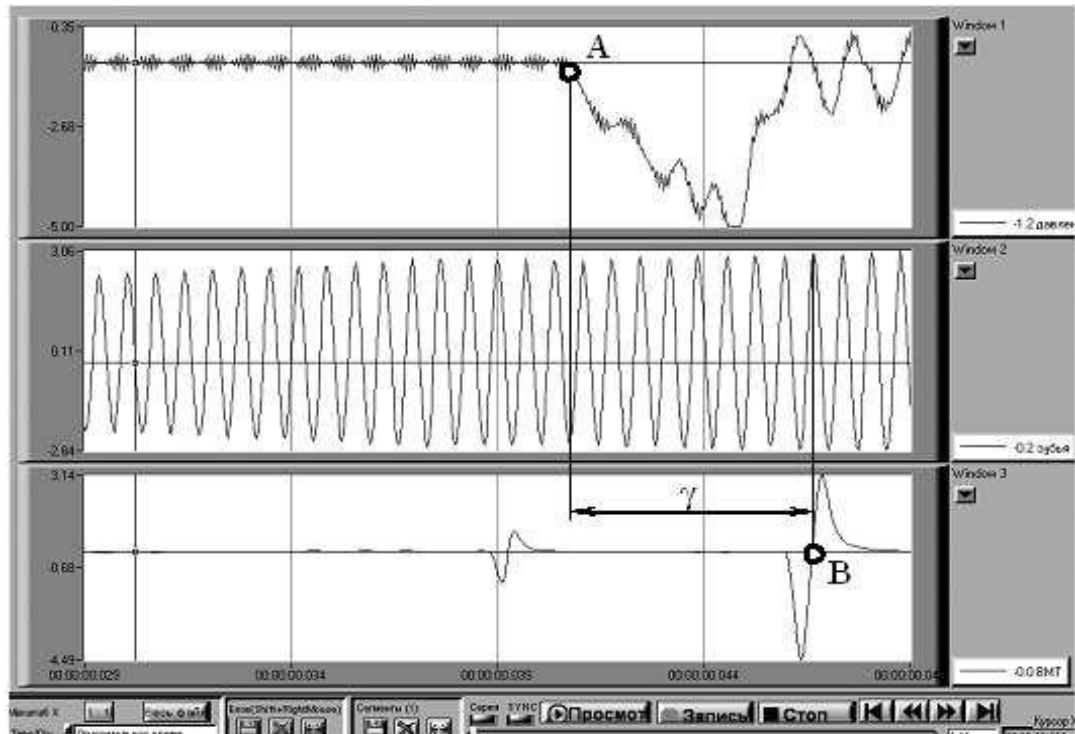


Рисунок 4.6 - Поєднана осцилограма зміни ЕРС датчиків тиску в паливopроводі, частоти обертання та положення ВМТ.

Поєднана осцилограма (рис. 4.6) є графіками зміни ЕРС використовуваних датчиків у функції часу.

Осцилограма у верхньому вікні (window 1) показує зміну тиску у паливopроводі.

Осцилограма в середньому вікні (window 2) показує зміну ЕРС залежно від положення зубців вінця маховика щодо датчика частоти обертання колінчастого валу.

Осцилограма у нижньому вікні (window 3) показує зміну ЕРС залежно від положення контрольного отвору ВМТ на маховику.

Програма з комплекту АЦП дозволяє в реальному часі поєднати дані

осцилограми, а потім провести їхній аналіз.

Розглянемо та проаналізуємо суміщену осцилограму (рис. 4.6):

1. Точка «А» відповідає моменту початку зростання тиску паливопроводі, тобто. початку подачі палива паливним насосом

2. Точка «В» відповідає знаходженню поршня першого циліндра у ВМТ такту стиснення.

3. У середньому вікні (window 2) максимумами осцилограми є графічним описом проходження зубів вінця маховика щодо датчика частоти обертання колінчастого валу.

4. Спроектуємо точки «А» та «В» на криву зубів маховика.

5. Визначимо кількість зубів, що знаходяться в проєктованій ділянці.

6. Розрахуємо кут випередження подачі палива за формулою

$$\gamma = \frac{z}{N_{\text{ш}}} \cdot 360^{\circ}, \text{град.} \quad (4.1)$$

де z - кількість зубів на осцилограмі в проміжку між точками, відповідними моментам початку подачі палива та знаходження поршня першого циліндра у ВМТ;

$N_{\text{ш}}$ - Число зубів маховика.

7. Порівняти отримане значення кута випередження подачі палива з рекомендованим і зробити висновок необхідність його регулювання.

Програма АЦП дає можливість збільшувати області осцилограми, що дозволяє з достатньою точністю до десятих часток визначити кількість зубів, що проходять біля датчика між проєкціями точок «А» і «В».

Результати діагностування параметрів досліджуваних двигунів за пропонованою методикою. Результати діагностування за пропонованою методикою досліджуваних двигунів представлені у вигляді графіків.

За методикою визначення дійсного моменту інерції двигуна були визначені значення дійсних моментів інерції досліджуваних двигунів.

Визначення тиску наддуву на всьому діапазоні частоти обертання

колінчастого валу, згідно з розробленою методикою, проводилося спільно з визначенням енергетичних показників у режимі вільного розгону.

За отриманими значеннями тиску наддуву, на рис. 4.7, 4.8 представлені графіки залежності зміни тиску наддуву від частоти обертання колінчастого валу двигуна при розгоні тракторів.

Тиск повітря у впускному трубопроводі, що забезпечується ГТН на номінальних оборотах колінчастого валу має бути не менше $3,5 \cdot 10^5$ Па. Виявивши характер залежностей $p_n = f(n)$ досліджуваних двигунів СМД-62, визначимо граничні значення тиску наддуву по всьому діапазоні швидкостей (рис. 4.7).

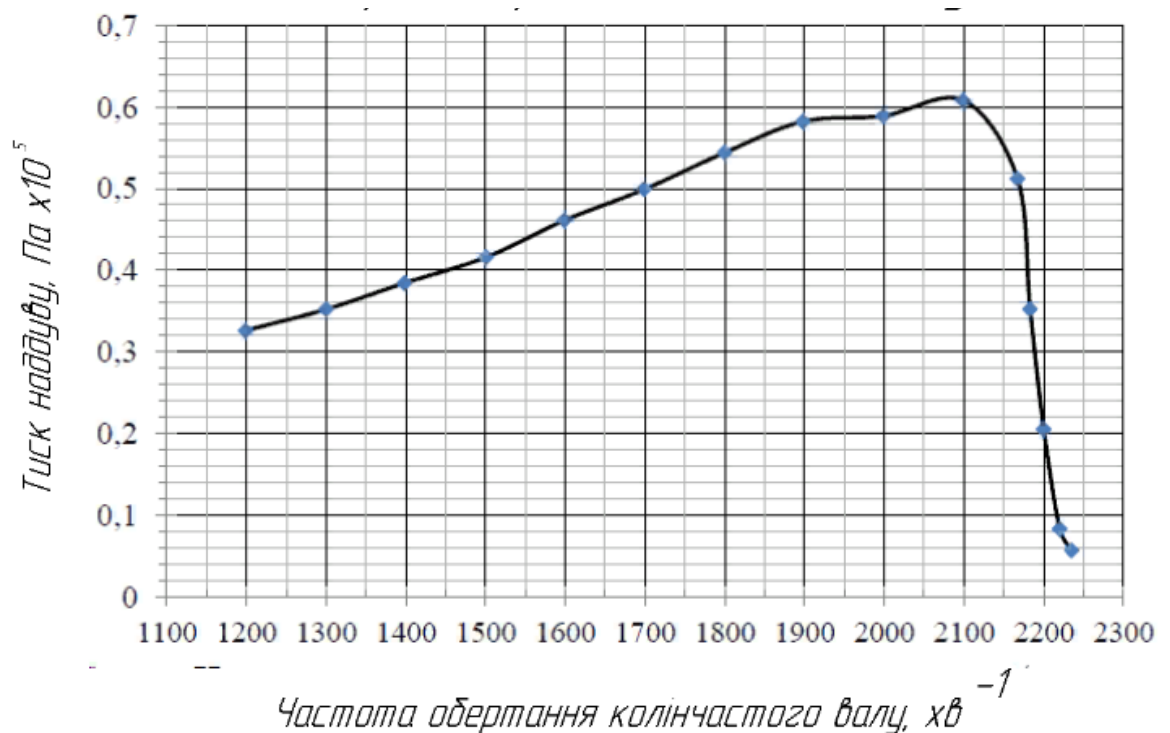


Рисунок 4.7 - Залежність тиску наддуву від частоти обертання колінчастого валу двигуна.

Умовою можливості подальшої експлуатації ГТН є виконання нерівності

$$p_n^{вимір}(n) > p_n^{гран}(n) \quad (4.2)$$

Таким чином, використання розробленої методики та діагностичного комплексу дозволяє адекватно оцінити стан турбокомпресора в

експлуатаційних умовах, без його демонтажу та дорогого діагностичного обладнання.

На підставі отриманих даних побудовані графіки залежностей ефективної потужності від частоти обертання колінчастого валу двигуна по 5 повторностям, представлені на рис 4.8.

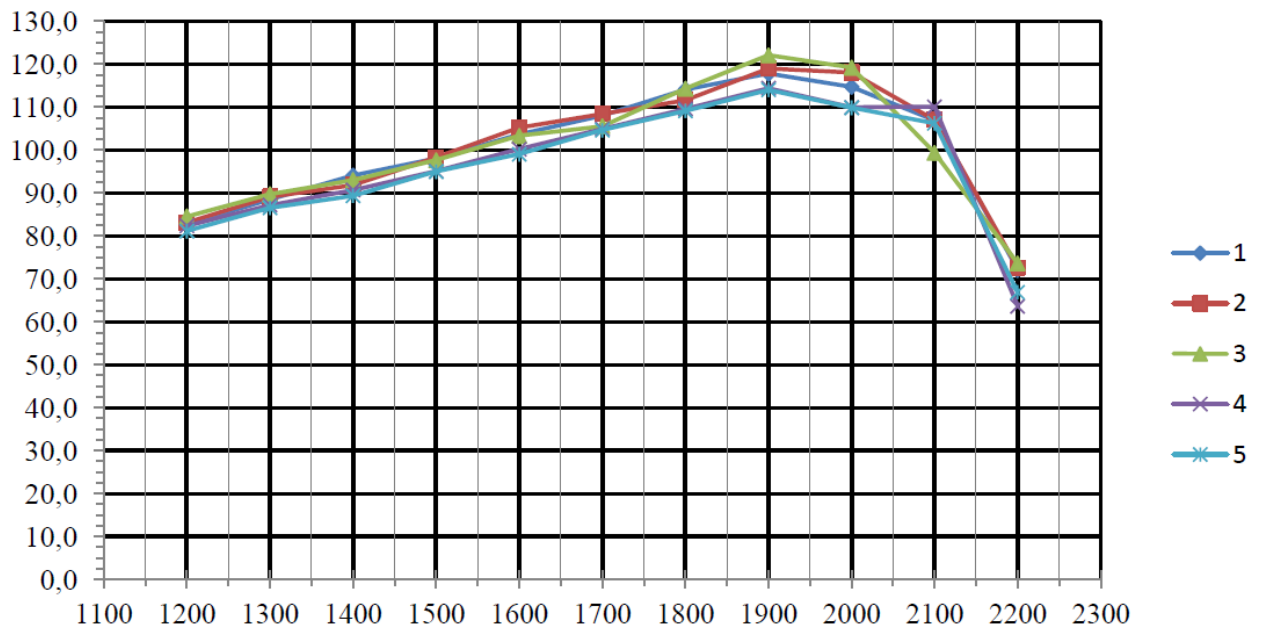


Рисунок 4.8 Залежність ефективної потужності від частоти обертання колінчастого валу двигуна

Таким чином, використання розробленої методики та діагностичного комплексу дозволяє адекватно оцінити енергетичні показники досліджуваних двигунів в експлуатаційних умовах, без застосування дорогого обладнання.

Результати визначення енергетичних показників досліджуваних двигунів, отримані за допомогою розробленої методики, представлені у вигляді «часткової» регуляторної характеристики ($M_d = f(n)$, $N_e = f(n)$) (рис. 4.9, 4.10).

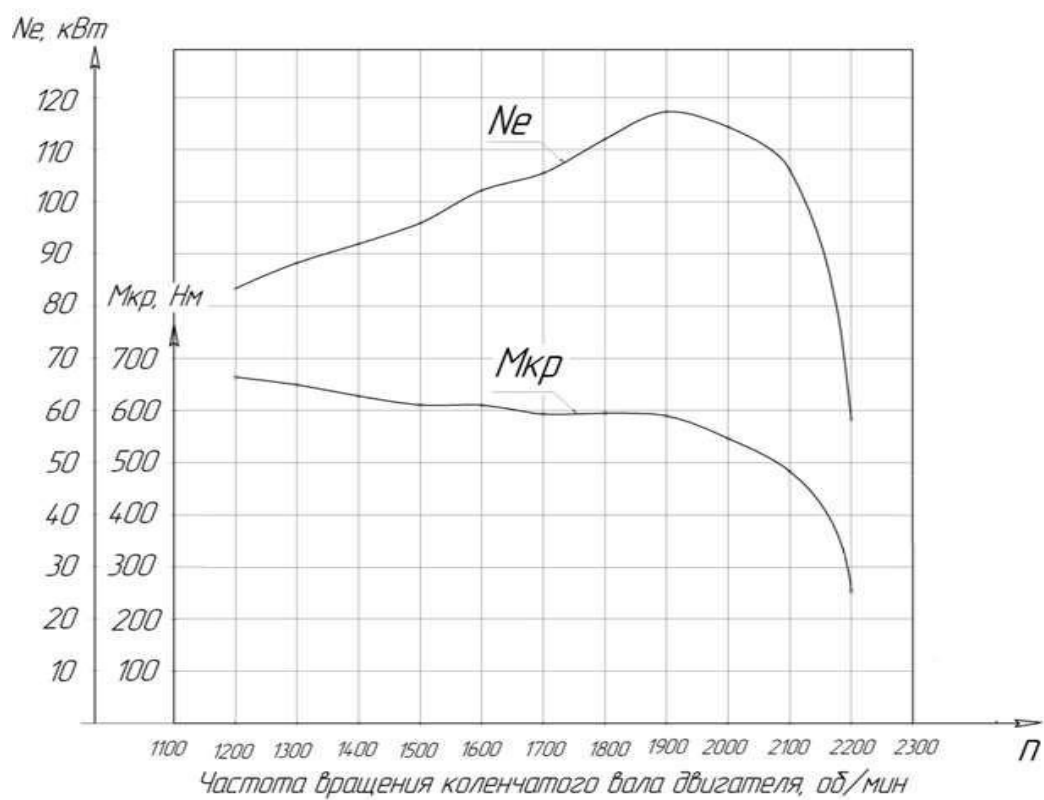


Рисунок 4.9 - Часткова регуляторна характеристика двигуна, отримана за запропонованою методикою.

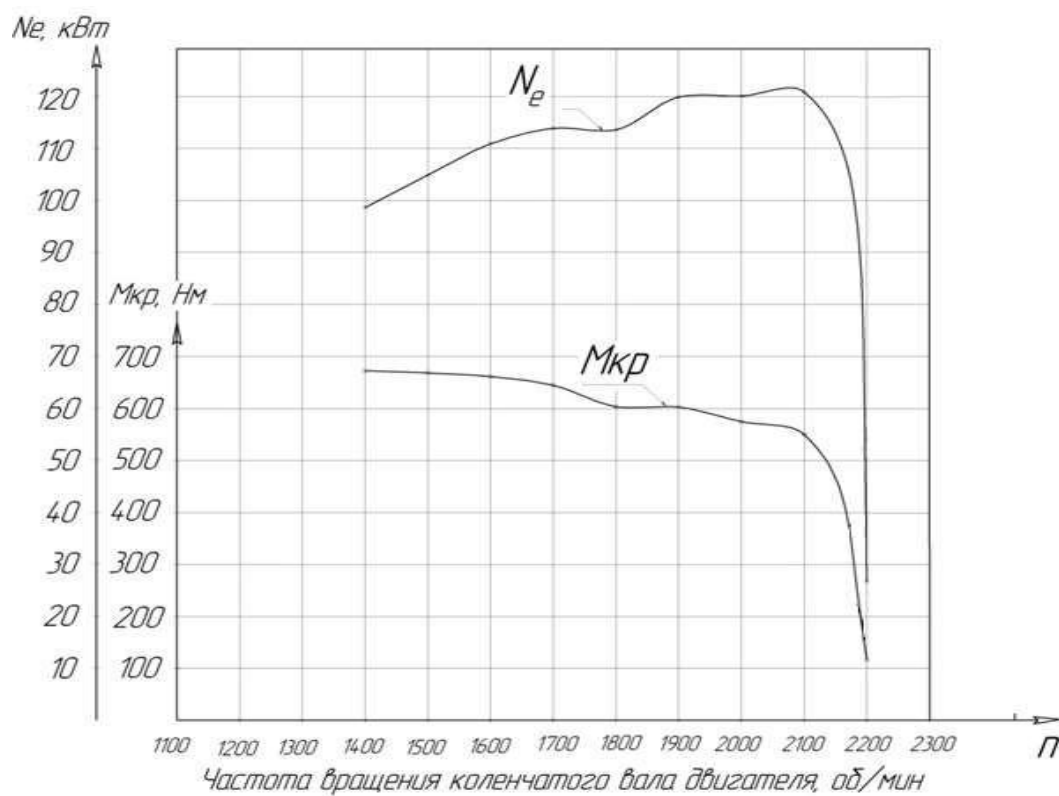


Рисунок 4.10 - Часткова регуляторна характеристика двигуна, отримана за пропонованою методикою.

Розрахунок рівномірності роботи циліндрів досліджуваних двигунів проводився за співвідношенням потужностей двигунів з циліндрами, що по черзі відключаються. Порівнювалися потужності двигунів з відключеними циліндрами при номінальній частоті обертання колінчастого валу ($n_{\text{ном}} = 2100$ об/хв).

ВИСНОВКИ

З проведених теоретичних досліджень можна зробити такі висновки:

Розроблена методика оцінки технічного стану турбокомпресора, циліндро-поршневої групи та системи паливоподачі дозволяє проводити комплексну діагностику дизельних двигунів.

Розроблений діагностичний комплекс дозволяє визначати залежності зміни основних параметрів ($p_H = f(n)$, $M_k = f(n)$, $N_e = f(n)$, $p_T = f(n)$, $\eta = f(n)$), за якими можна судити про технічний стан турбокомпресора, циліндро-поршневої групи та системи паливоподачі дизелів з газотурбінним наддувом.

Аналіз стану проблеми показав, що при діагностуванні дизельних двигунів краще використання універсальних приладів і комплексів, що дозволяють здійснювати комплексне діагностування двигунів та їх систем. Найбільший інтерес представляє методика діагностування технічного стану дизельних двигунів, заснована на оцінці їх динамічних якостей, проте для диференціювання можливих несправностей, вона потребує вдосконалення та розробки додаткових методик та засобів, що їх реалізують.

Удосконалена методика дозволяє визначати залежності основних параметрів $p_H = f(n)$, $M_k = f(n)$, $N_e = f(n)$, $p_T = f(n)$, $\eta = f(n)$, за якими можна судити про технічний стан турбокомпресора, циліндро-поршневої групи та системи паливоподачі дизелів з газотурбінним наддувом.

Для реалізації вдосконаленої методики запропонований діагностичний комплекс, що складається з персонального комп'ютера з розробленим програмним забезпеченням, плати аналого-цифрового перетворення, плати сполучень, індукційних датчиків імпульсів, датчиків тиску (наддува і палива), інвертора напруги і маховика з відомим моментом інерції точно діагностувати стан турбокомпресора, циліндро-поршневої групи та системи паливоподачі дизелів з газотурбінним наддувом на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу.

Застосування розробленого діагностичного комплексу дозволяє знизити витрати часу та трудомісткість праці діагностування двигуна.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ashley, S. Testing vehicle inertia/ S. Ashley //Mechanical Engineering. – 1995. – №117.– С.17-19
2. Асатурян, И.И. Чичиланов // Совершенствование технических средств в растениеводстве: Межвузовский сборник научных трудов. – зерноград, 2012. – С. 61-65.
3. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: Вища школа. Издательство при Харьковском университете, 1984. – 312 с. 4. Дюмин И.Е. Современные методы организации и технологии ремонта автомобилей и тракторов / И.Е. Дюмин, В.А. Какуевецкий, А.С. Силкин. – К.: Техника, 1974. – 520 с.
4. Дудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підруч. / О. А. Дудченко. — Київ: Знання-Прес, 2003. — 511 с.
5. Епифонов Л.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Л.И. Епифанов, Е.А. Епифанова. – М.: "Форум-Инфра-М", 2002. – 420 с.
6. Иванов Б.С. Управление техническим обслуживанием машин / Б.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1978. – 160 с.
7. Щуріхін В. К. Приклади конструктивних розрахунків з'єднань деталей та вузлів, що використовуються в автомобілях / В. К. Щуріхін, А. В. Щуріхін, О. В. Білошицький. - Київ: МЦПТО АТ та БМ, 2004. - 39 с.
8. Канарчук В.Є. Безконтактная тепловая диагностика машин / В.Є. Канарчук, А.Д. Чигиринець. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
9. Канарчук В.Є. Експлуатаційна надійність автомобілів: підручник [У 2 Ч., 4 Кн.] / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигиринець. – К.: Вища школа, 2000. – Ч.1: кн.1. – 609 с., кн.2. – 458 с.; Ч.2: кн.3. – 321 с., кн.4 – 552 с.
10. Канарчук В.Є. Система забезпечення роботоздатності автотранспортних засобів: навчальний посібник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко. – К.: НМК ВО, 1991. – 216 с.
11. Клейнер Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей /

Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. – М.: Транспорт, 1986. – 320 с.

12. Коваленко В. М. Вантажні автомобільні перевезення : підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін, Н. Б. Машика. — Київ: Літера ЛТД, 2006. — 304 с.

13. Колесник П.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / П.А. Колесник, В.А. Шейнин. – М.: Транспорт, 1985. – 325 с.

14. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.

15. Лудченко А.А. Основы технического обслуживания автомобилей: учебник / А.А. Лудченко. К.: Вища школа, 1987. – 400 с.

16. Лудченко А.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: [учебник] / А.А. Лудченко, И.П. Сова. – К.: Вища школа, 1983. – 384 с.
Лудченко А.А. Техническая диагностика и обслуживание автомобилей в сельском хозяйстве. – К.: Урожай, 1985. – 148 с.

17. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління [підручник] / О.А. Лудченко. – К.: Знання, 2004. – 478 с.
Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник / О.А. Лудченко. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.

18. Несвітський Я.І. Технічна експлуатація автомобілів: підручник / Я.І. Несвітський. – К.: Вища школа, 1971. – 400 с.

19. Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277-2004. – К.: Держстандарт України. – 2004. – 60 с. – (Національні стандарти України).

20. Норми і методи вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями: ДСТУ 4276-2004. – К.: Держстандарт України. – 2004. – 76 с. – (Національні стандарти України).

21. Основи діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М.

– Чернігів: ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. – 188 с.

22. Основы эксплуатации транспортных и технологических машин и оборудования: учебник для вузов / В.М. Саньков, В.А. Евграфов, Н.И. Юрченко. – М.: Колос, 2001. – 330 с.

23. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранспорт України, 1998. – 16 с.

24. Состояния ТНВД и форсунок дизельных двигателей / А.Г. Арженовский, С.В.

25. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

26. Чичиланов, И.И. Методика и результаты диагностирования тракторных дизелей с ГТН / А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, И.И. Чичиланов // Вестник Орел ГАУ. – Орел, 2012. – №5 (38). – С. 167-170.

27. Шхвацабая, Г.Я. Приборы и методы их применения при испытаниях и исследованиях тракторов и сельскохозяйственных машин / Г.Я. Шхвацабая. – Тбилиси: Изд-во Мецниереба, 1967. – 238 с.