МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.12 – КМР. 2401 –Є” 2023.12.29. 010 ПЗ

РИБАК АНТОН РУСЛАНОВИЧ

2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) конструювання та дизайну

УДК 621.793.09

ПОГОДЖЕНО	**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**
Декан факультету	**Завідувач кафедри**
конструювання та дизайну (назва факультету (ННІ))	надійності техніки (назва кафедри)
_____ Ружило З.В. (підпис) (ПІБ)	_____ Новицький А.В. (підпис) (ПІБ)
—___” _____ 2024 р.	—___” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему „Розробка методики випробувань електрогідравлічних форсунок автотракторних дизелів”

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Освітня програма Технічний сервіс машин та обладнання с.г. виробництва
(назва)

Орієнтація освітньої програми світньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

к.т.н., доц. _____ Новицький А.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. _____ Попик П.С.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Рибак А.Р.
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
надійності техніки
к.т.н., доц. _____ Новицький А.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
"___" _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Рибак Антон Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Освітня програма „Технічний сервіс машин та обладнання с.г. виробництва"
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи „Розробка методики випробувань електрогідравлічних форсунок автотракторних дизелів"
затверджена наказом ректора НУБіП України від "29" грудня 2023 р. № 2401 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2024.11.14.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи 1. Конструктивні особливості і характеристики електрогідравлічних дизельних форсунок автотракторних двигунів. 2. Сучасні технології відновлення роботоздатності електрогідравлічних форсунок. 3. Технологічні особливості проведення підготовки поверхонь деталей до відновлення. 4. Нормативи витрат матеріалів для проведення випробувань електрогідравлічних форсунок. 5. Номенклатура обладнання, що застосовують при проведенні ремонтних робіт по відновленню деталей паливної апаратури автотракторних двигунів. 6. Типові норми часу на відновлення деталей. 7. Нормативні документи з охорони праці та техніки безпеки, які регламентують процеси створення безпечних умов праці при ремонті електрогідравлічних автотракторних двигунів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:
1. Провести аналіз конструктивних особливостей деталей електрогідравлічних форсунок дизелів та факторів, що визначають довговічність їх роботи.
2. Проаналізувати особливості сучасних технологій відновлення роботоздатності деталей електрогідравлічних дизельних форсунок.
3. Аналітично дослідити взаємодію пари голка розпилювача - корпус розпилювача.

Перелік графічного матеріалу (за потреби). Схема пристосування для вимірювання ходу якоря форсунки.

Дата видачі завдання "12" вересня 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Попик П.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Рибак А.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ 8
1.1. Вплив параметрів подачі палива на техніко-економічні та екологічні показники дизеля 8
1.2. Аналіз зміни параметрів паливоподачі форсунок типу Common Rail в процесі експлуатації 21
1.3. Аналіз способів і технологій ремонту та випробування форсунок типу Common Rail 25
1.3.1. Розляд вимірювальних приладів для ремонту форсунок Common Rail 27
1.4. Перспективи регулювання сучасних паливних систем 30
1.5. Мета та завдання дослідження 32
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ EGF 35
2.1. Інформаційна модель забезпечення ефективності EGF 35
2.2. Спосіб індивідуального налаштування основних характеристик керування подачею палива EGF під час технічного обслуговування 36
2.3. Математична модель для визначення тривалості імпульсу управління EGF 38
2.4. Дослідження допустимих відхилень тривалості керуючого імпульсу в різних режимах роботи EGF 44
2.5. Розробка дистанційного індикатора для вимірювання малих переміщень при регулюванні паливної апаратури дизелів 46
2.6. Висновки по розділу 47
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ 49
3.1. Загальна методика експерименту 49
3.2. Обладнання та апаратура для досліджень 49
3.3. Експериментальне обладнання 59
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 64

4.1. Удосконалення технології ремонту ЕГФ типу Common Rail 64
4.2. Дослідження показників роботи EGF 68
4.3. Аналіз показників ефективності EGF типу CR фірми Denso 68
РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ 72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 77
ДОДАТКИ 86

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. З кінця 1990-х років акумуляторні системи живлення паливом (ПС) загального типу використовуються переважно в дизельних двигунах тракторів і сільськогосподарської техніки. Рейка (CR) одним із найважливіших елементів якої є електрогідравлічний інжектор (EGF). Конструкції інжекторів динамічно вдосконалюються, зокрема, розробка конструкцій Bosch типу CR EGF-PS вже охопила чотири покоління за останні десять років.

В процесі роботи змінюються параметри подачі палива EGF, що, в свою чергу, впливає на якість роботи двигуна. В даний час заявлений термін служби дизельного двигуна EGF становить близько 100 000 км або 2500 мотогодин . Невеликий огляд експлуатації літальних апаратів типу CR і постійне вдосконалення їх конструкцій пояснюють наявність відносно малої інформації про їх експлуатаційні характеристики і тим не менш ускладнюють дати досить надійну оцінку їх експлуатаційних показників. Через короткий термін виробництва таких систем виробники не розробили достатньо раціональних технологій і засобів ремонту таких систем, враховуючи концентрацію спеціалізованих ремонтних підприємств і відносно дуже дорогі запчастини. Слід зазначити, що великі територіальні території України ускладнюють контроль за дотриманням нормативних вимог щодо якості палива на різних АЗС різних традиційних підприємств у сільській місцевості. Дослідження показали, що ймовірність виходу з ладу паливних систем CR, навіть у поодиноких випадках використання неякісного палива, значно вища, ніж у звичайних систем.

Відповідно до заводської технології ремонту установка несправних блоків EGF не передбачена і ці блоки підлягають заміні. На нашу думку, непропорційно високу вартість відновлення EGF можна пояснити багатьма способами. Технології обслуговування EGF дозволяють оцінювати та регулювати параметри контролю, загальні для всіх EGF. Практично невикористані можливості електронного керування подачею палива при регулюванні . Не вирішені питання електричного регулювання основних характеристик контролю подачі палива

відремонтованого ЕГП з підбором індивідуальних характеристик кожної форсунки .

У цьому контексті актуальними та практично значущими є наукові дослідження, спрямовані на удосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок, у тому числі на основі зміни основних характеристик системи керування подачею палива (РКП) дизельних двигунів.

Мета роботи. Удосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних паливних форсунок шляхом удосконалення технологій ремонту клапанних вузлів та коригування основних характеристик управління подачею палива .

Предмет дослідження: Електрогідравлічний інжектор накопичувальних систем паливопостачання дизельних двигунів тракторів і зернозбиральних комбайнів.

Предмет дослідження. Технології технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем дизелів тракторів і комбайнів.

Методи дослідження. Основу дослідження склали методи комп’ютерного математичного моделювання та фізичної обробки експериментальних даних. В області випробувань ПС літальних апаратів проводилися експериментальні дослідження з використанням сучасних засобів і обладнання.

Публікації. До теми магістерської кваліфікаційної роботи 2 тези доповідей, представлених на 77-й Всеукраїнській науково-практичній студентській конференції «Наукові досягнення студентів у вивченні технічних і біоенергетичних систем природокористування: проектування та проектування» (26 березня – 27 березня 2024) були опубліковані в Києві, на XI Міжнародній науково-технічній конференції «Крамарівські читання», присвяченій 117 річниці від дня народження професора Крамарова Володимира Савовича , д.т.н. (23-24 лютого 2024 року), м. Київ.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ

1.1. Вплив параметрів подачі палива на техніко-економічні та екологічні показники дизеля

Сьогодні ДВЗ є основною силовою установкою для дизельних двигунів тракторів і комбайнів. Така ситуація, за вітчизняними та зарубіжними прогнозами, збережеться найближчим часом завдяки його особливим позитивним якостям, однак потужність дизельних двигунів буде змінюватися. Основні показники роботи тракторних і комбайнових дизелів значною мірою визначаються якістю паливної системи, до якої висувається ряд досить жорстких вимог, у тому числі техніко-економічні та екологічні показники роботи дизеля. Необхідність економного споживання палива викликана виснаженням світових запасів нафти, зростанням цін на нафтопродукти та викидом CO_2 в атмосферу.

Одним із параметрів потужності, який впливає на техніко-економічні та екологічні показники дизеля, є циклова подача, яка характеризується коефіцієнтом надлишку повітря:

$$\alpha = \frac{G_B}{(G_T L_0)} \tag{1.1}$$

де G_B - витрата повітря двигуном;

G_t – витрата палива;

L_0 = 14,3 кг/кг - кг — теоретична кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива.

Зі зменшенням коефіцієнта надлишку повітря економічні та екологічні показники дизеля погіршуються, особливо при наближенні до межі димності (α = 1,2..1,3) [1 , 2, 6] .

Відповідно до ГОСТ 10578-96 відхилення годинної або середньої циклової подачі при номінальній частоті обертання вала або частоті обертання відповідає максимальному крутному моменту при установці на стенд, для дизельних двигунів автотракторів граничні значення повинні бути ±1,5%.

Загальноприйнятими показниками паливної ефективності дизелів є питомі ефективні витрати палива в режимах зовнішньої швидкісної характеристики в

режимах номінальної потужності і максимального моменту. Мінімальна витрата палива g_e = 190-192 г /(кВт*год) для іноземних дизелів, а для вітчизняних дизелів g e = 210-230 г/ кВт*год) [9, 10] .

Іншим важливим параметром подачі палива є кут випередження впорскування палива, який визначає тривалість і розташування ділянки згоряння відносно верхньої мертвої точки поршня і, отже, величину питомої ефективної витрати палива, динамічні показники процес горіння. Оптимальне значення θ (в градусах Цельсія), крім конструктивних особливостей двигуна, залежить також від режиму його роботи. Тобто кожному режиму роботи відповідає своє оптимальне значення θ з точки зору паливної ефективності.

За даними Долганєва К. Є. та О. Ф. Головчука, зменшення θ на 10 ° pcv при номінальній роботі в дизелях з нерозділеною камерою згоряння призводить до 60 % зниження NOx в ГВ з одночасним погіршенням витрати палива на 10 % і збільшенням викидів сажі на 100 %.

Окрім часу та кута вприскування, ключовими параметрами подачі палива є характеристика впорскування (закон подачі) і характеристика тиску вприскування. Значний вплив на тип процесу горіння має закон подачі палива. Залежність часу затримки займання від початкової фази закону подачі палива визначає динаміку процесу горіння. У звичайних паливних системах прямої дії середній тиск уприскування падає зі зменшенням навантаження і частоти обертання двигуна, що погіршує закон подачі палива і, як наслідок, знижує ККД двигуна. В акумуляторі тиску PPS тиск і характеристики упорскування контролюються електронним блоком управління.

Таким чином, техніко-економічні та екологічні показники двигуна значною мірою визначаються параметрами подачі палива, які змінюються в процесі експлуатації і в подальшому призводять до погіршення якісних показників дизеля.

Другим найважливішим показником роботи двигуна є токсичність вихлопних газів (ПГ), тобто кількість шкідливих речовин, які викидає двигун. В даний час скорочення масел для дизельних двигунів має велике значення у зв'язку з розширенням сфери їх застосування і збільшенням загальної кількості

автомобілів, автобусів та інших машин, що працюють на дизельному паливі, зокрема моторне масло в тракторах і комбайнах - дизель. двигуни знижують продуктивність до 25% і погіршують якість сільськогосподарських культур. З цієї причини вводяться обмеження на їх викиди парникових газів. Прийняті в багатьох країнах стандарти токсичності ВГ встановлюють гранично допустимі питомі масові викиди токсичних речовин (NOx , CO , CHx , ТЧ) . В Україні на додаток до раніше чинних стандартів – ОСТ37.001.234-81, 37.001.054-86 – впроваджуються європейські стандарти на токсичність ВГ транспортного дизеля:

- Євро 1 (запроваджено в Європі 1 липня 1992 року);
- Євро 2 (з 1 січня 1996 р.);
- Євро 3 (з 1 січня 2000 р.);
- Євро 4 (з 1 січня 2005 року);
- Євро 5 (з 1 січня 2009 року).

Згідно з дослідженнями, проведеними компанією Bosch, відповідність нормам викидів парникових газів для дизельних двигунів тракторів і комбайнів Euro 2, Euro 3 в цілому забезпечувалося десятьма основними заходами, шість з яких стосуються паливної апаратури (РА). Тобто 60% вимірювань викидів парникових газів дизельних двигунів тракторів і комбайнів залежить від ПА.

Стандарти токсичності Euro 4 , запроваджені в Європі в 2005 році, зменшили РМ в 1,67 рази, СО в 1,28 рази і NS + N O $_{x\ в\ 1,87\ рази}$ порівняно зі стандартами Euro 3 . Слід також зазначити, що суворі вимоги до токсичності ВН призвели до зміни стандартів і розробки окремих вимог до дизельного палива, зокрема щодо густини, в'язкості та вмісту сірки [15, 20, 26].

У зв'язку з цим можна виділити кілька основних напрямків удосконалення ПА сучасних дизелів у сфері підвищення економічності та зниження токсичності ГВ. Передбачено заходи щодо модернізації системи паливоподачі (СП) та оптимізації робочого процесу, підвищення тиску впорскування, електронного керування ПП, контролю характеристик уприскування, розвитку акумуляторних систем (зокрема СР), використання альтернативних видів палива, забезпечення працездатність ПА в реальних умовах експлуатації, забезпечення стабільності

нагнітання та можливостей малого циклу. Серед них варто виділити електронне управління, яке надає більше можливостей в порівнянні з ПА традиційного типу:

1. Гнучке регулювання циклічної подачі при забезпеченні заданих зовнішніх швидкісних характеристик;

2. Оптимальне регулювання кута випередження палива, що впорскується відповідно до режиму роботи;

3. Мінімальна нерівномірність подачі в циліндри;

4. Зупинка циліндрів і циклів роботи циліндрів в частковому режимі;

5. Автоматична система керування дозволяє проводити самодіагностику електричних кіл.

6. Автоматика пуску, збагачення корму при пуску, відключення в режимі вимушеного холостого ходу, регулювання перехідних режимів.

відповідати суворим вимогам до викидів шкідливих кількостей (HW) без використання електронного контролю.

На сьогоднішній день сучасні дизельні двигуни включають наступні типи паливних систем з електронним управлінням:

1. Поширений двогребеневий ПНВТ;

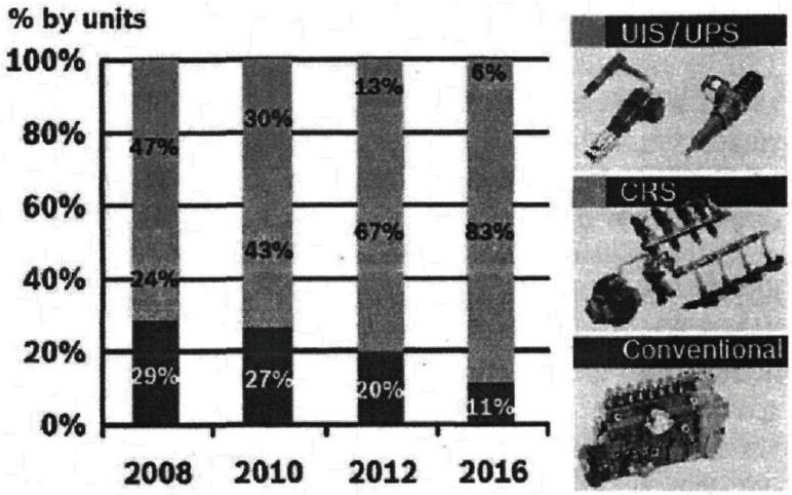
2. Індивідуальний ПНВТ з електрозливним клапаном;

3. ПНВТ розподільного типу;

4. Насосні форсунки з електричним зливним клапаном;

5. Тип батареї.

Кожен із цих типів ПА має низку переваг. З підвищенням тиску вприскування одна з провідних компаній у виробництві ПА, компанія Bosch . (Німеччина) надає перевагу CP типу PS, що дозволяє контролювати КВВП і характеристики подачі, тиску і впорскування кожного циліндра. Згідно з прогнозом розвитку ПА компанії Bosch, у 2018 році основну частину ПА дизельних автомобілів складатиме система CR – 83% (рис. 1.1).



Рейс. 1.1. Прогноз розвитку ПА від Bosch

Електронне управління в розподільних типу ПНВТ (VE, VR) впроваджується з 1984 року. У таких насосах одна пара поршнів використовується для обслуговування від двох до восьми циліндрів, що економить вартість продукції (до 40% вартості паливних систем становить припадає на прецизійні деталі).

Насоси з електронним керуванням можуть забезпечувати подачу окремих циліндрів, включаючи дезактивацію циліндра. ПНВТ ВЕ може працювати з кількістю циліндрів 2, 4, 6, потужністю циліндра до 25 кВт, частотою до 5000 хв $^{-1}$, цикловою подачею до 100 мм³ , тиском упорскування до 60 МПа.

У всіх сучасних ПНВЦ регулюються КВВП і змащування здійснюється паливом. Ресурс досягає максимум 10000 годин і забезпечує сумарну потужність 1000 кВт і більше. Розміри вдвічі менші, ніж у багатопоршневих насосів , а вага на 30% менше. Крім того, вони забезпечують більш рівномірну подачу палива в циліндри в порівнянні з багатосекційними ПНВТ.

Розподільний тип ПНВТ має і недоліки: малий ресурс, труднощі в ремонті (вимагають спеціального обладнання), підвищені втрати в лінії нагнітання.

Рядний дворейковий ПНВТ, на відміну від розподільного типу, у КВВП регулювання по глибині складніше. Управління КВВП здійснюється за рахунок конструкції насосної секції та другої рейки. Реалізовано в ПНВТ фірми Zexel (Японія), в дослідному ПНВТ МГТУ фірми Bosch для типів MW і P. Можливе самостійне керування цикловою подачею нижньою рейкою та КВВП за

допомогою верхній поворотний вал. Можна попередньо встановити секцію КВВП, обертаючи її навколо валу розслабленої лінії зі знятою заглушкою , і регулювати циклічну подачу кожної окремої секції, переміщаючи рейку циклічної подачі. За допомогою датчиків переміщення контролюється положення рейки циклової подачі і вала КВВП.

Компанія виробляє два типи електричних насос-форсунок : для вантажівок і легкових автомобілів. На малюнку 1.2 показано насос-форсунку Bosch . У дизельних двигунах VW 4ЧН79,5/95,5 робочим об'ємом 1,9 л і потужністю 85 кВт при n = 4000 хв $^{-1}$ насос-форсунки забезпечують тиск уприскування до 205 МПа. Слід зазначити, що частка займання двофазного впорскування досягає 1,5 мм. Сьогодні вони обслуговують дизелі з робочою потужністю до 25 кВт і цикловою потужністю до 60 мм ^{3} при n = 4800 хв $^{-1}$. У позашляховиків потужність в циліндрі 45...80 кВт, частота 2400 хв $^{-1}$, циклова подача 60... 200 мм³ . Максимальний тиск впорскування 200...220 МПа.

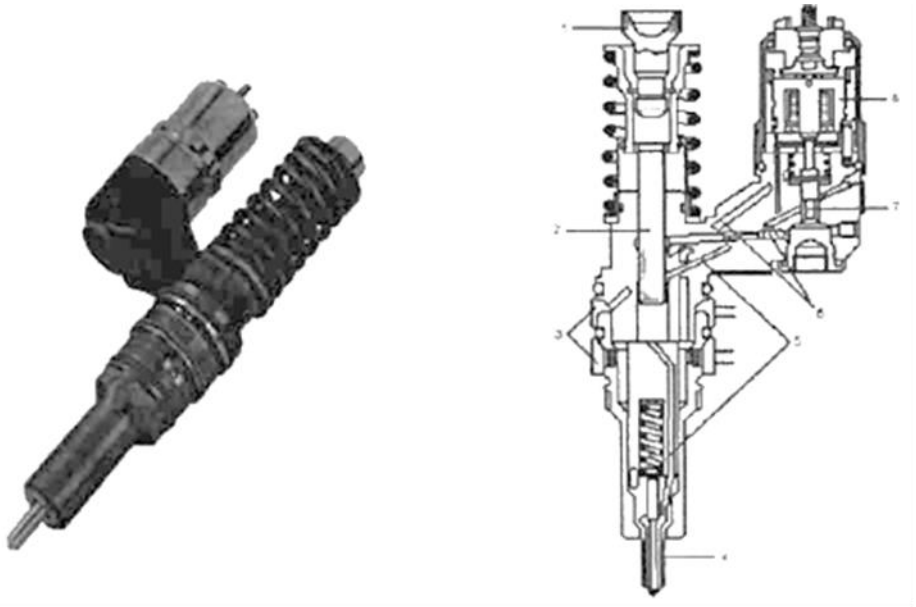


Рис. 1.2. Зовнішній вигляд (а) і розріз насос-форсунки (б) зі швидкодіючим електромагнітним клапаном фірми Bosch : 1 - штовхач; 2 - поршень; 3 - насосно-дренажна порожнини; 4 - розпилювач; 5 - канали високого тиску; 6 - канали низького тиску; 7 - клапан регулювання зливу; 8 - електромагнітний привід.

Всі сучасні насос-форсунки мають клапан управління циклічної подачі і КВВП. На додаток до регулювання за допомогою електромагнітного клапана,

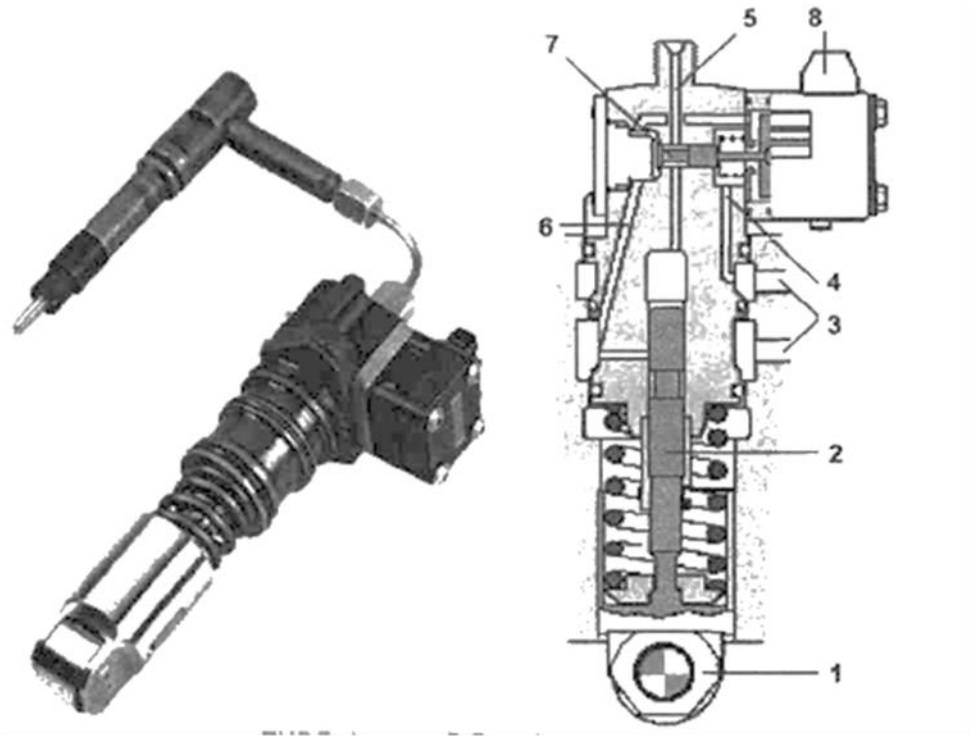
початок уприскування і величина циклічного випередження залежать від фактичної швидкості поршня, яка визначається формою кулачка. Навантаження, що виникають при роботі механізму подачі палива, призводять до появи крутильних коливань розподільного вала, що негативно позначається на характеристиках упорскування і міжтактної стабільності .

Основними перевагами насос-форсунок є підвищення тиску вприскування за рахунок мінімізації об'єму стиснутого палива, відсутність подуприскування, зменшення кількості деталей, різке переривання подачі та ін. в обсязі коксування і більшому ресурсі розпилювача, меншому енергоспоживанні, відсутності потреби в паливній форсунці, що зменшує затримку впорскування відносно упорскування поршня, що зменшує дисперсію CVVP щодо частот обертання та зменшує необхідний діапазон регулювання. Крім того, вони забезпечують відносно плавний фронт передньої подачі, що, у свою чергу, відповідає екологічним вимогам.

Широке застосування насосно-форсунок-форсунок обмежене наступними недоліками : ускладнені умови конструкції головки, збільшений діаметр. нагнітаючої частини , більше зниження тиску вприскування в часткових режимах роботи, складні та менш точні умови регулювання рівномірності подачі в циліндри.

Одним із варіантів сучасного літака з електронним керуванням є індивідуальний ПНВТ (рис. 1.3). Особливістю даної конструкції є система єдиного насоса в поєднанні з форсункою, відсутність механізму обертання поршня і відсутність золотникової частини поршня.

Перевагою є проста конструкція, обслуговування та налаштування, можливість поставки балонів окремо та можливість реалізації двофазного впорскування. У ПА з клапанним управлінням використовується звичайна насадка.



а) б)

Рис. 1.3. Зовнішній вигляд (а) і перетин одиночного ПНВТ (б): 1 - штовхач; 2 - поршень; 3 - насосно-дренажна порожнини; 4 - відсічний канал; 5 - канали високого тиску; 6 - канали низького тиску; 7 - клапан регулювання зливу; 8 - електромагнітний привід.

ПА з такими насосами є найпростішою, традиційною у виробництві та експлуатації і водночас найефективнішою системою керування. Напрочуд складним і нетрадиційним елементом єдиного ПНВТ є дренажний регулюючий клапан 7 (рис. 1.3).

Принцип роботи CR; аналогічна системі впорскування бензину з електронним управлінням: тиск в гідроакумуляторе постійний, а КВВП і циклічна подача регулюються фазою і тривалістю відкриття форсунок. Однак режими, умови роботи та вимоги різні, тому конструкція набагато складніша.

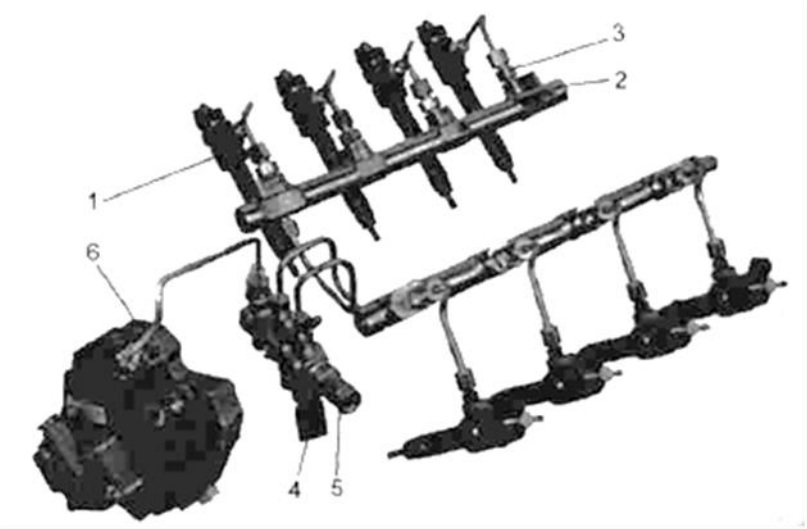


Рис. 1.4. Зовнішній вигляд системи TPS CR від Bosch : 1 - форсунка; 2 - батарейний відсік; 3 - обмежувач аварійної подачі; 4 - датчик тиску; 5 - запобіжний клапан; 6 - ПНВТ.

На малюнку 1.4 показано зовнішній вигляд основних механічних елементів Bosch Automotive TPS SR . Такі системи не ускладнюють головку блоку циліндрів, так як форсунки встановлюються простіше будь-яких альтернатив на двигунах з різними кінематичними схемами.

Найважливішим елементом акумуляторної системи є EGF (рис. 1.4). Процес заправки регулюється швидкодіючим електромагнітним клапаном, який відкриває і закриває запірний клапан, таким чином регулюючи процес вприскування в кожному циліндрі. Кількість палива, що впорскується в паливний акумулятор при постійному тиску, пропорційна часу відкриття клапана і не залежить від частоти обертання колінчастого або розподільного валу ПНВТ.

EGF типу CR являє собою нормально закриту форсунку (рис. 1.5) зі швидкісним клапаном 8, який регулює тиск в камері управління.

На сьогоднішній день основними виробниками акумуляторних ТПС EGF типу CR є такі компанії: Bosch , Siemens (обидві з Німеччини), Denso (Японія), Delphi (США). Всі ці виробники використовують схему з управлінням дроселем через запірну арматуру. Подача палива починається, коли відкривається клапан і розвантажується контрольна камера над голкою. Він закінчується, коли клапан закритий і тиск відновлюється через форсунку 7. Клапан 8 має невеликі розміри і

тому швидкодіючий, він не пропускає основний потік палива, що впорскується, а лише паливо, необхідне для контролю. (адміністративні витрати).

З іншого боку, рух голки в EGF забезпечується гідропідсиленням дії клапана. Це на порядок зменшує потужність, необхідну для керування електроклапаном. Клапан розташований у нагнітальній порожнині, що полегшує його розміщення, зберігає можливість охолодження, знижує вимоги до гідравлічної герметичності порожнини приводу та дозволяє уніфікувати для різних дизелів . Такі конструкції впроваджувалися з 1997 р. в серійне виробництво.

Найскладнішим елементом акумуляторної ТПС є ЕГП (рис. 1.4), який виготовляється з дуже високою точністю і чистотою поверхні. Форсунка Боша , торцевий електромагніт 11 (рис. 1.5 а) з дисковим якорем 10, долаючи порожнину 12, відкриває кульовий кран 8. Тиск зверху мультиплікатора 5 падає і голка 2 відкриває прохід до отворів форсунок. Після відключення електромагніту і посадки тиск на клапані відновлюється праворуч від мультиплікатора через штуцер 7.

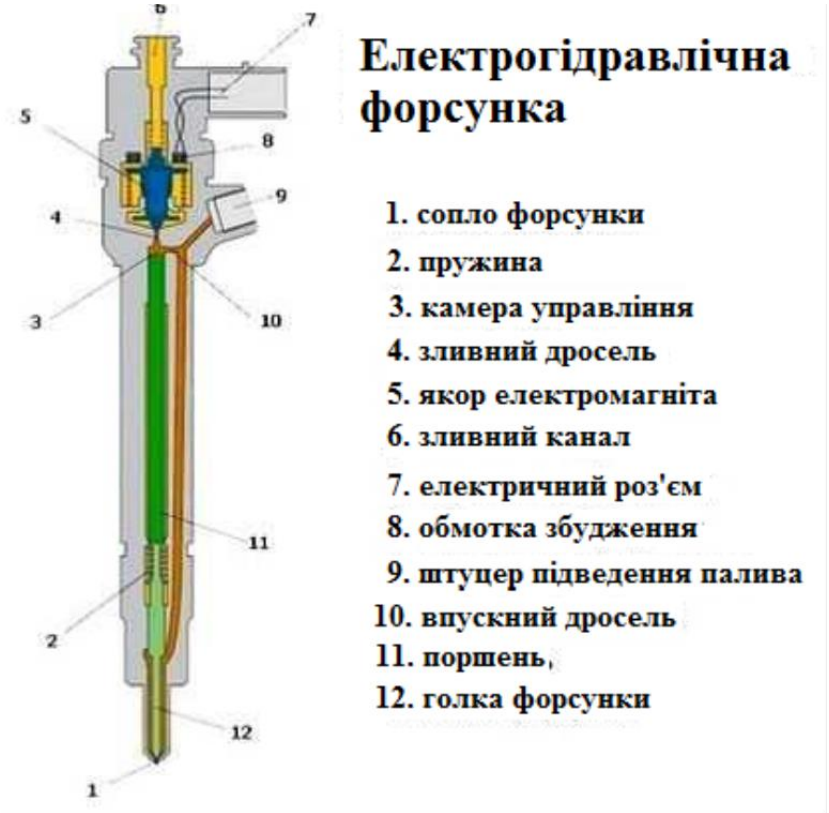


Рис. 1.5 Електрогідравлічна насадка Bosch

Проведений аналіз оснащеності технічного парку машинно-технологічних станцій (МТС) України підтверджує збільшення кількості тракторів і комбайнів, які безпосередньо обладнані силовими установками з ТП типу CP (табл. 1.1).

Так, з 1998 по 2021 рік загальна кількість комбайнів і тракторів зросла більш ніж у шість разів. В МТС України спостерігається тенденція до збільшення парку сільськогосподарської техніки. Слід зазначити, що більше 89% тракторів і комбайнів виробляються за кордоном.

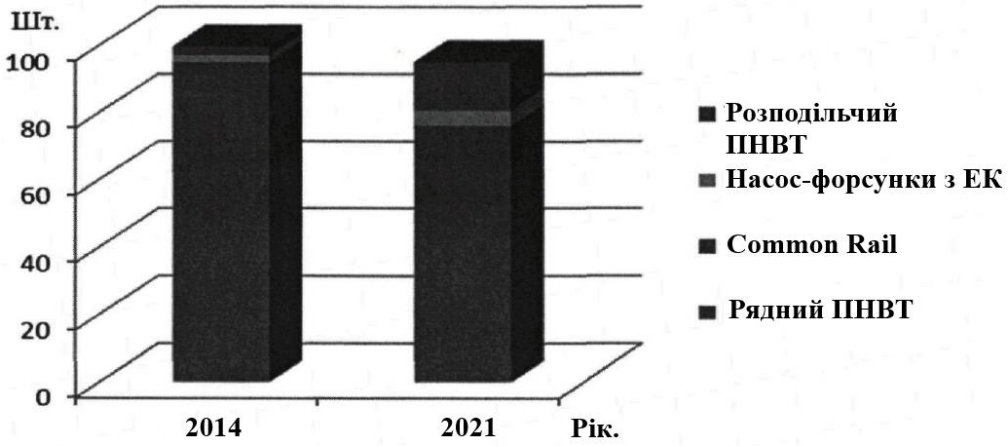


Рис. 1.6 Розподіл ПТ на підприємствах України з 2014 по 2021 рр.

Аналізуючи таблицю 1.1, можна сказати, що нові моделі комбайнів і тракторів переважно оснащуються ТПС типу CP, у 2021 році це 23% від загальної кількості. З року в рік спостерігається збільшення імпортного обладнання. За останні сім років (з 2014 по 2021 рр .) кількість ТЕС типу CR в МТС України зросла в 2,7 рази, а кількість лінійних ПНВТ зменшилася в 1,6 рази (рис . 1.6).

Таблиця 1.1

Наявність комбайнів і тракторів в МТС України

показники	Типи ТПС	років												
		2009 рік	2010 рік	2011 рік	2012 рік	2013 рік	2014 рік	2015 рік	2016 рік	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
наявність зернозбиральних		399	489	630	745	850	916	887	906	926	969	981	927	927

машин														
ДОН-1500Б	Приватний ПНВТ	95	90	100	135	138	133	100	156	156	151	151	129	129
Справа-2366		99	99	99	99	99	99	99	85	85	76	76	64	64
Справа-525		64	64	64	64	64	64	64	34	34	28	28	14	15
Справа-527		34	34	34	34	34	34	34	16	16	8	8	14	1
New Holland TX 65		78	173	303	328	393	393	393	393	393	379	379	352	352
New Holland TS-56		29	29	29	29	29	29	29	29	29	26	26		
New Holland CS 640						2	2	2	2	2	2	2	2	2
New Holland CS 660							70	70	70	70	70	70	69	69
New Holland CS 6090	Common Rail									20	30	30	30	30
New Holland CSX 7080											70	70	70	70
New Holland CX-880				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
John Deere 9550					20	20	20	20	20	20	20	20	19	19
John Deere 9560						35	35	35	35	35	35	35	34	34
Домінатор Мега 208	насадка насоса				25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Клаас 360								15	15	15	15	15	15	15
Клаас 370									25	25	25	25	25	25
Єнісей 950	Приватний				10	10								

Дон вектор	ПНВТ						11							
Челленджер 647												20	65	65
КЗС-1218 " Полісся "	Common Rail												5	5
КЗС-812 " Полісся "	Приватний ПНВТ												6	5

Така ж тенденція спостерігається не тільки на підприємствах, що надають технічну допомогу в агропромисловому комплексі (АПК), в МТС, а й в інших галузях машинобудування.

На сьогоднішній день вітчизняна дизельна промисловість відстає від закордонного рівня, особливо ТЕС типу CR, що в першу чергу проявляється в області екологічних показників. Цим пояснюється той факт, що деякі вітчизняні виробники агрегатів обладнання або імпортні двигуни, або імпортні ТА (Bosch , Zexel , Denso , Delphi , Lucas та ін.). Так, нові комбайни Asros 540 заводу « Ростсільмаш » (Росія, Ростов-на-Дону) оснащені двигунами Summins з ТПС типу Bosch .

Таким чином, вплив параметрів подачі палива на техніко-економічні та екологічні показники дизеля неможливо досягти в оптимальних режимах без електронного керування, а саме без ППС типу ЦР.

У сучасних дизельних двигунах для автотракторів все частіше використовуються ППС типу CR. За цих умов забезпечення технічної готовності цього обладнання, зокрема ПА, стає найважливішим завданням центрів технічного обслуговування ПА. У перспективі обсяги робіт із забезпечення працездатності дизелів із сучасними ППС, зокрема СР, будуть тільки збільшуватися.

1.2. Аналіз зміни параметрів паливоподачі форсунок типу Common Rail в процесі експлуатації

Під час роботи тракторних і комбайнових дизелів зношуються їх деталі, виникають несправності, причому більшість з них викликана двигунами внутрішнього згоряння, переважно ПА. Внаслідок їх зносу змінюються техніко-економічні та екологічні показники дизеля. Найслабшим місцем ПА є інжектор, в якому контрольні і робочі індикатори виходять з ладу швидше, ніж в інших вузлах.

У зв'язку з цим ми провели ряд досліджень, щоб визначити найменш зносостійкі елементи ПА.

В результаті дослідження були виявлені вузли EGF, які найбільш схильні до збоїв. Топографія основних розломів за вузлами та елементами ЕГП фірми Bosch наведена на рисунку 1.7.

Рис. 1.7. Топографія основних розломів EGF Bosch

Ранжування відмов і кількісні параметри спостережень наведені в таблиці 1.2. Дані в третьому стовпці таблиці засновані на аналізі несправностей 980 форсунок, в четвертому стовпці більше 950.

Дослідження показали, що це стосується форсунок типу CR. Компанія Bosch в Україні та у Великій Британії має приблизно однаковий середній термін служби автомобілів близько 80...100 тис. пробігу, тракторів - 2,1...2,5 тис. годин двигуна .

Таблиця 1.2

Основні несправності форсунок типу CP фірми Bosch

НІ	основні порушення	ТОВ " Башдизель ". М. Уфа, Росія		« Карвуд двигуни одиниць limited » Бірмінгем , Великобританія		відділ якості, дизель Bosch Мітте, м. Гомбург Німеччина
		перевищення допусків відповідно до регламенту	Причини відмови	Перевищення встановлених допусків	причина відмови	причина відмови
1	2	3		4		5
1	Порушення водонепроникності запірної арматури	90-95%	80%	10%	10%	35%
2	прорив ущільнення шайби з фторопласту	10%	1%	40%	40%	25%
3	Порушення водонепроникності розпилювача або заклинювання голки	40%	10%	80%	40%	30%
4	знос штанги	15%	2%	1%	1%	Немає даних
5	Обмеження зміни діаметра сопла	1%	1%	0%	0%	Немає даних

6	несправність електромагніту	3%	3%	1%	3%	5%
7	тілесні ушкодження	10%	2%	0,5%	5%	3%
8	інше	1%	1%	2%	2%	2%
9	Разом	-	100%	-	100%	100%

Як і очікувалося, чистота EGF типу CR значною мірою визначається станом їх прецизійних вузлів. При цьому дослідження виявило значні відмінності питомої ваги відмов EGF залежно від умов експлуатації. Так, якщо в Україні значна частина відмов (80%) пов'язана з працездатністю запірної арматури, то у Великобританії основною причиною відмов є: поломка фторопластового диска та порушення водонепроникності або засмічення розпилювач. У європейській частині країн ЄС, згідно з даними п'ятої колонки таблиці 1.2, несправності EGF типу CR визначаються зносом деталей клапанної групи, поломкою фторопластового диска та зносом розпилювача. .

Вартість і трудомісткість ремонту окремих вузлів EGF істотно відрізняються (вартість обприскувача в середньому в 3-4 рази нижча за вартість запірної арматури зі штоком), що пояснюється технологічним процесом транспортування. проведення ремонтно-налагоджувальних робіт. Таким чином, заміна вентиля на пару зі штоком призводить до зміни ходу якоря електромагніту і, як наслідок, для вибору необхідного розміру шайби потрібна регулювання за допомогою спеціальних вимірювальних інструментів або повторна перевірка на стенді. Заміна атомайзера набагато простіше і дешевше.

Завдяки інтенсивній роботі EGF, яка, на відміну від звичайних форсунок, супроводжується значними перепадами тиску (від 150 МПа до 0,1 МПа), кількість уприскувань за один робочий цикл поршня дизеля становить до 5, вимоги до робочі цикли в прецизійних з'єднаннях значно вищі. Тому вимоги до складу та чистоти палива в системах CR значно суворіші порівняно зі звичайними ППС.

пов'язані в першу чергу з менш жорсткими вимогами до якості палива (октанове число, вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів тощо), через низьку якість очищення палива прецизійні установки працюють у критичних умовах. Зокрема, при попаданні стороннього предмета в зону контакту клапанної

пари під час руху велика ймовірність утворення смуги на сідлі клапана, по якій в подальшому під високим тиском буде просочуватися паливо. Сідло клапана з боку акумуляторної батареї постійно знаходиться під робочим тиском протягом усього часу роботи дизеля, відбувається інтенсивний прорив палива і збільшення зазору в прецизійній парі, в результаті чого відбувається все більший потік палива по ньому. керуюча лінія, яка не створює великих навантажень на фторопластовий диск. Цим пояснюється менша кількість поломок форсунок через поломку ущільнювального диска в Україні порівняно з Європою. При цьому збільшення витрати, викликане клапанною парою, призводить до несправності клапанного вузла внаслідок гідроабразивного зносу.

Значної уваги, на наш погляд, потребує розвиток технологій ремонту, оскільки сучасні СФЗ, у тому числі КР, є високотехнологічною продукцією, а навіть дрібносерійного виробництва елементів КР в Україні ще немає. Слід зазначити, що великі територіальні території України ускладнюють контроль за дотриманням нормативних вимог щодо якості палива на різних АЗС різних АЗС.

Таким чином, проведені нами дослідження показали, що умови експлуатації значною мірою визначають показники надійності окремих вузлів і в цілому ЕГП типу CR фірми Bosch . Низька якість палива, а також вміст у паливі механічних домішок і води більше впливають на зниження терміну служби EGF порівняно зі звичайними форсунками PPS. Існуючі технології та методи ремонту та оцінки прогнозного ресурсу форсунок типу CR сучасних ППС орієнтовані на зарубіжжя і не в повній мірі враховують особливості їх експлуатації та якості палива в Україні.

У цьому контексті актуальними є дослідження щодо розробки обладнання та технологій ремонту форсунок типу CR з урахуванням українських умов експлуатації.

1.3. Аналіз способів і технологій ремонту та випробування форсунок типу Common Rail

На сьогоднішній день деякі виробники SR типу EGF створили перелік операцій з обслуговування форсунок, в якому вказана періодичність їх виконання. Регламент технічного обслуговування (ТО) інжектора.

В даний час технічне обслуговування EGF акумуляторної батареї CR типу PPS залежить від виробника і включає два види обслуговування: заміна деталей за їх технічним станом, з періодичністю або по пробігу (від 100 до 150 тис. км) і регулювання за допомогою регулювальних шайб. Визначення технічного стану ЕГФ типу CP. проводиться за допомогою спеціального діагностичного обладнання, рекомендованого компаніями-виробниками форсунок.

Процедури регулювання проводяться в певній послідовності, з високою точністю і суворим дотриманням вимог чистоти [51].

На сьогоднішній день найпопулярнішими компаніями-виробниками, що випускають акумуляторні ТЕС типу CP, є: Bosch , Siemens (Німеччина), Delphi (США), Denso (Японія). У Росії Алтайський завод прецизійних виробів (АЗПІ, Росія) випускає EGF типу CP.

Технології ремонту та інформацію по збірці та регулюванню форсунок надають лише Bosch , Delphi та AZPI.

Bosch пропонує 3-ступеневу технологію відновлення EGF. Перші два етапи ремонту включають лише заміну розпилювача та фторопластового ущільнювального диска і не включають жодних регулювань . Третій етап включає заміну деталей EGF з регулюванням основних параметрів за допомогою регулювальних дисків.

Технологія ремонту Delphi полягає в заміні запірної арматури і розпилювача. Завдяки конструктивним особливостям, в EGF компанії Delphi всі внутрішні деталі стягнуті гайкою (розпилювальною гайкою).

Технологія ремонту АЗПІ полягає в заміні деталей (розпилювача, запірної арматури) з відповідним регулюванням.

Аналіз технологій ремонту форсунок типу CR показав, що вони розроблені лише для зарубіжних країн і не в повній мірі враховують особливості їх експлуатації та якості палива в Україні [19].

У зв'язку з цим на кафедрі «Трактори та автомобілі» НУБІП я удосконалив технологію фірми Bosch . За технологією Bosch EGF перевіряється на стенді при надходженні в ремонт, де проводиться його діагностична оцінка за величиною циклічної подачі і витрати палива, що використовується для контролю в основних режимах при різних робочих тисках в рампі. Причиною підвищеної витрати палива контролера можуть бути такі несправності: порушення гідрогерметичності запірної арматури, знос штока, поломка ущільнення фторопластової шайби, пошкодження корпусу і торцевої поверхні розпилювача. .

Наступними етапами процесу ремонту є розбирання, ультразвукова очистка та дефектація елементів і вузлів EGF (кроки 2-3 згідно з рисунком 1.3). Наші дослідження показали, що, на відміну від Англії, в Україні основним фактором поломок EGF є порушення герметичності запірної арматури, спричинене появою на поверхні ущільнювальних смуг та їх подальшим розмиванням гідроерозією в напрямку градієнта зниження тиску.

Технологія Bosch рекомендує, якщо виявлено знос запірного клапана, його слід замінити разом зі штоком (крок 4 на малюнку 1.3). У зв'язку з тим, що вентильна пара є одним з найскладніших у виготовленні і дорогих елементів EGF, в стандартну технологію компанії Bosch були введені три додаткові операції для відновлення працездатності запірної арматури в умовах спеціалізована операція: 5 (шліфування), 6 (промивання) і 7 (оцінка). якість поверхні замикаючого конуса).

Слід зазначити, що ця технологія дозволяє відновити працездатність EGF, на запірній арматурі якого відбувається знос глибиною не більше 0,05 мм . Як показали наші подальші дослідження, в 90% випадків глибина ліній на відновлених клапанах становить не більше 0,03 мм . [8, 22, 24] Подальший процес репарації EGF відбувається за технологією Bosch , включаючи всі необхідні налаштування.

Крім того, на сьогодні недостатньо вивчено питання підтримання працездатності відремонтованих установок ЕФР. Зокрема, показники твердості та

зносостійкості відновлених поверхонь арматури. У цьому контексті проведення таких досліджень слід визнати актуальним.

1.3.1. Розляд вимірювальних приладів для ремонту форсунок Common Rail

Наприклад, при ремонті та регулюванні ПА необхідно з точністю до сотих часток міліметра вимірювати хід якоря ЕГП типу CP, хід коректора ПНВТ і т.д. В даний час для вимірювання малих ходів при регулюванні та ремонті дизелів ПА використовують механічні стрілки годинника (рис. 1.8). За допомогою мікрометричного гвинта і штангенциркуля виміряйте товщину регулювальних шайб.

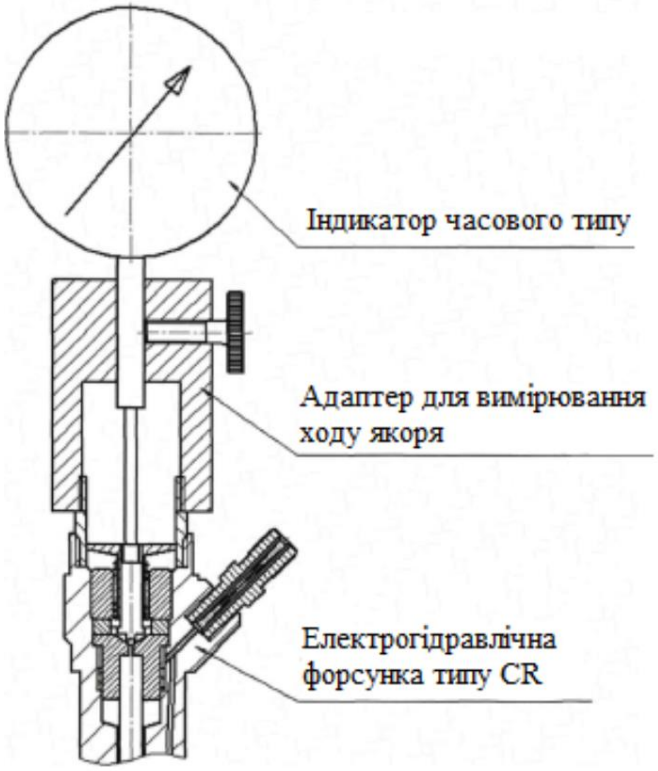


Рис. 1.8. Схема вимірювання ходу якоря з годинною індикацією

Вони призначені для вимірювання лінійних розмірів абсолютним і відносним методами, визначення ступеня відхилень від заданої геометричної форми і взаємного розташування поверхонь. Для вимірювання ходу якоря EGF типу CR з покажчиком годин необхідний перехідник (рис. 1.8), який через різні конструктивні особливості форсунок ускладнює монтаж приладу.

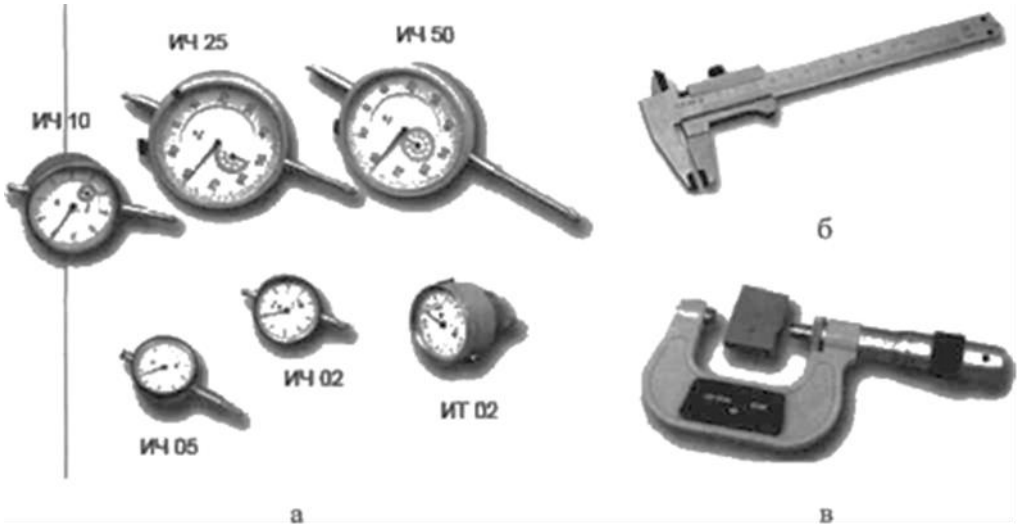


Рис. 1.9 Засоби вимірювання при ремонті форсунок: а) покажчики годин ІЛ, ІТ ГОСТ 577-68; б) штангенциркуль (ГОСТ 166-89); в) мікрометр гладкий типу МК ГОСТ 6507-90

випускається в двох варіантах :

- ІЧ - з рухом вимірювальної штанги паралельно шкалі;

- ІТ - з переміщенням мірної штанги перпендикулярно шкалі.

Індикатори кріпляться або до з'єднувальної втулки діаметром 8 h 7, або до вушка товщиною 5 мм зі з'єднувальним отвором діаметром 5 мм.

Індикатори поставляються на замовлення клієнта:

- з ободом стопором;

- пристрій для виймання щупа;

- рухливі покажчики поля допусків;

- наконечник подовжений із твердого сплаву НРДС-1,6 або НРДС-5 другого класу точності за ГОСТ 11007-66;

- мірний наконечник подовжений зі сталі НРДС-0,6 II класу точності за ГОСТ 11007-66;

- наконечник з твердого сплаву з плоскою вимірювальною поверхнею НРІ-1 і НРІ-8 другого класу точності по ГОСТ 11007-66. Клас точності 0,1.

Таблиця 1.3

Технічні характеристики годинникових індикаторів ІСН, ІТ ГОСТ 577-68

Модель	діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Розміри, мм

ІСН02	0-2	0,01	75х42х23
ІТ02	0-2	0,01	63х46х42
ІСН05	0-5	0,01	86х42х23
ІСН10	0-10	0,01	108х56х24
ІСН25	0-25	0,01	159х85х51
ІСН50	0-50	0,01	199х85х51

Приклад позначення індикатора погодинного типу виконання ІЦН з діапазоном вимірювання 0-2 мм, класом точності 0. Індикатор ІЛ 02 кл . 0 ГОСТ 577-68 (рис. 1.9).

Штангенциркулі виготовлені з вуглецевої сталі з хромованим покриттям і нержавіючої сталі, мають ноніус 0,05 мм і 0,1 мм, 1 і 2 класи точності.

Призначений для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, а також для розмічальних робіт.

Вимірювальні колеса мікрометра оснащені твердим сплавом.

Прилад оснащений одним настановним шасі для діапазону вимірювань до 300 мм і двома настроювальними шасі понад 300 мм. (Таблиця 1.3).

Межа допустимої похибки ±15 мм, зазор 0,01 мм; діаметр гладкої частини мікрометричного гвинта 8х9 мм.

Таблиця 1.4

Технічні властивості мікрометрів

Модель	діапазон вимірювання, мм	Габаритні розміри, мм
МК25	0-25	125х67х23
МК50	25-50	155х75х23
МК75	50-75	183х86х23
МК100	75-100	211х105х23
МК125	100-125	242х144х23
МК150	125-150	268х163х23
МК175	150-175	293х176х23
МК200	175-200	320х196х23
МК225	200-225	348х219х23
МК250	225-250	376х244х23
МК275	250-275	402х255х23
МК300	275-300	427х267х23
МК400	300-400	530х302х29
МК500	400-500	631х365х29

МК600	500-600	730х435х29
МК700	600-700	830х505х30
МК800	700-800	930х575х30
МК900	800-900	1030х640х30
МК1000	900-1000	1130х675х30

Існуючі прилади не дозволяють з достатньою точністю визначати параметри регулювання після зміни геометричних розмірів у результаті ремонту, у зв'язку з чим запропоновано ряд лазерних одометрів, зокрема лазерний далекомір і одометр, авт . Св. № 2393427 МПК 601С3 /08, лазерний одометр, авт . Св. № 271181-СРСР МПК 6019/02). Недоліком прототипу є відсутність можливості вимірювання переміщень у важкодоступних місцях при ремонті та налагодженні ПА. Наступним недоліком моделі є складний монтаж і невисока точність вимірювання відстані.

У зв'язку з цим розробка спеціальних безконтактних пристроїв для оцінки малих переміщень прецизійних елементів є актуальною задачею при ремонті та налагодженні ЕГП типу СР.

1.4. Перспективи регулювання сучасних паливних систем

Загалом, управління працездатністю системи паливопостачання передбачає оптимальне проектування всіх складових надійності, довговічності, ремонтопридатності, збереження та включає всі приймальні заходи, спрямовані на підтримку основних показників протягом необхідного часу або протягом заданого часу роботи. .

Як відомо, регулювання ЕФР типу КР – це комплекс операцій, які потребують високої кваліфікації виконавця, спеціалізованого високоточного обладнання та наявності технічної інформації. Слід зазначити, що на сьогоднішній день в Україні відсутні стандарти, що регламентують методи перевірки або регулювання EGF, на відміну від традиційних ТПС (регулюються стандартом ГОСТ 10578-95 на форсунки).

Перелік «механічних» регулювань EGF типу CR від AZPI:

1. Розпилювач:

1.1 Діаметральний зазор у парі голки та корпусі розпилювача становить 0,002-0,003 мм (перевірте водонепроникність, коли тиск падає від 200 до 180 кг/см, має бути від 15 до 30 секунд);

1.2 Повний хід голки розпилювача – відрегульований вибором регулювальної проставки – має становити 0,3 ± 0,003 мм;

1.3 Відрегулюйте зусилля пружини розпилювача до 3 ± 0,1 кгс за допомогою регулювальної прокладки .

1.4 Повний ефективний переріз отвору на робочому шарі μf = 0,145-0,150 мм ^{2}.

2-й клапан:

2.1 Зазор по діаметру в парі корпус клапана-поршень клапана становить 0,002-0,003 мм (Перевірка водонепроникності здійснюється при зниженні тиску від 300 до 200 кг/ см ^{2} і має бути 30-40 с);

2.2 Повний хід клапана, відрегульований підбором розпірного кільця, повинен становити 0,05–0,003 мм;

2.3 Зазор під арматурою, відрегульований підйомом регулювальної прокладки, повинен становити 0,05 ± 0,01 мм;

2.4 Повний ефективний поперечний переріз всмоктуючого сопла 0,03 ± 0,0002 мм ^{2};

2.5 Повний ефективний переріз вихідного струменя 0,0378 ± 0,0002 мм ^{2};

2.6 Герметичність ущільнювального конуса корпусу клапана. Перевірте тиском повітря 4 кгс / см ^{2} у ванні з дизельним паливом, щоб не допускалася поява бульбашок.

3 Електромагніт:

3.1 Зазор по діаметру в парі штовхач-електромагніт 0,005-0,01 мм ;

3.2 Зазор по діаметру в парі штовхач-анкер 0,002–0,003 мм ;

3.3 Індуктивність електромагніту (без плунжера та якоря) не повинна перевищувати 90 мкГн ;

3.4 Різниця значень індуктивностей електромагнітів форсунок двигуна комплекту трохи більше 4%;

3.5 Сила пружини електромагніта 6+0,1 кг. Відрегулюйте, вибравши регулювальний диск.

3.6 Повітряний зазор електромагніту 0,05+0,005 мм ;

3.7 Герметичність верхнього конуса електромагніту. Перевірте тиск повітря 4 кгс / см2 у ванні з дизельним паливом, поява бульбашок не допускається.

4. Моменти затягування різьбових частин:

4.1 Гайка шприца – 55+= 5Нм ;

4.2 Гвинт клапана – 70+5Nm ;

4.3 Гайка електромагніту - 30+5Нм ;

Після проведення налагоджувальних робіт згідно з технологією виробника працездатність насадки перевіряється на спеціальних стендах. Послідовність монтажу і демонтажу, а також каталожні номери деталей і регулювальних дисків вказуються в програмі ESItronik .

EGF типу CR - це високоточні пристрої, здатні виконувати $q_{цикл}$ = до 100 мм ^{3} / цикл під тиском до 180 МПа. Необхідна точність для виготовлення прецизійних деталей інжектора сьогодні становить близько 1 мкм . За даними компанії Bosch , за останні 30 років допуски в обслуговуванні та ремонті паливних систем зменшилися в сто разів [8, 63]

Через різні розміри в області допусків обробки, втрати тиску та механічного тертя між рухомими частинами сила тяжіння електромагніту може бути різною для різних насадок. У цьому контексті можлива різниця в циклі Q , тому компанії та виробники переходять на електронне кодування EGF.

Код форсунки створюється на основі визначення залежності подачі палива від геометричних, гідравлічних та електричних параметрів конкретної форсунки.

1.5. Мета та завдання дослідження

Високі технічні, економічні та екологічні вимоги до дизельних двигунів призводять до того, що на сьогоднішній день кожного року РРА, який використовувався протягом кількох десятиліть і має тиск вприскування до 45 МПа, повинен бути замінений на новий покоління РА, з тиск упорскування до 250 МПа та оснащений електронним керуванням.

Найбільш перспективними при розробці дизелів ПА, особливо для тракторів і комбайнів , є найбільш ППС типу КР. дизельні двигуни .

У сучасному Дизельні двигуни для автомобілів і тракторів використовуються все частіше У них використовуються ППС типу CR Умови програмне забезпечення технічно готовність дано Обладнання , особливо ПА, є найважливіше завдання центри технічно обслуговування пальне Обладнання . У майбутньому обсяги Охорона працює здатність до праці Дизель особливо двигуни з сучасними PPS CP , буде тільки збільшення

Огляд та аналіз стану проблеми показали , що конкретних проблем щодо забезпечення науково-технічної бази на даний час не виникло. ПА працює Операція Одночасно присутня Технології та методи репарації EGF типу CR не розглянуті повністю Заходи характеристики експлуатація та якість палива в країні.

Водночас виникає питання збереження експлуатаційні характеристики відремонтованого елемента Агрегати EGF типу CR за нашою вдосконаленою технологією дізнався недостатньо Особливо показників твердість і зносостійкість відновлено поверхні клапанного вузла. У зв'язку з цим трек визнати це реалізації подібні Дослідження дуже актуальні .

збільшення точність вимірювань і скорочення трудомісткість ремонт і налагодження функції Дизель двигуни можна досягти за рахунок розробки портативний індикатор для вимірювання маленький Рухи . Пов'язані з дізнався матеріал сформульовано завдання Дослідження :

робити порівняння оперативний Дослідження EGF батареї CR - паливні системи тракторів і комбайнів Дизель двигуни ;

- розвиватися інформаційна модель забезпечення Працездатність EGF з урахуванням людина в електронному вигляді виправлення Основні особливості контролю кормів паливо ;

- розвиватися математична модель процесу працювати електрогідравлічна насадка для визначення Тривалість часу менеджер пульс з конструктивні та

контролюючі параметри EGF ;

- покращити технології технічно Технічне обслуговування та ремонт акумуляторів EGF паливні системи ;

- розвиватися індикатор вимірювання маленький руху для використання в процесах Технічне обслуговування та ремонт СР типу EGF ;

- провести теоретичне та експериментальне впровадження дослідження та надання економічно виправдання впровадження запропонований Заходи

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ EGF

2.1. Інформаційна модель забезпечення ефективності EGF

Експлуатаційні показники дизелів, зокрема EGF, визначаються комплексом параметрів технічного стану, які залежать від низки експлуатаційних факторів (обсяг і характер виконуваних робіт, ґрунтово-кліматичні умови, якість палива), а також від застосовувана система технічного обслуговування та ремонту, якість і наявність засобів технічного обслуговування та технічної документації, якість виконання правил експлуатації та технічного обслуговування машин.

У цьому контексті управління параметрами технічного стану можна розглядати як спосіб і метод впливу на зміну цих показників якості та надійності роботи в процесі експлуатації.

Під управлінням технічним станом паливної апаратури, а також ЕГП слід розуміти цілеспрямовані, попереджувальні відмови, технічні впливи на відновлення номінальних значень і підтримання ряду параметрів технічного стану в допустимих межах. межі. Таким чином, сопло можна визначити як об'єкт, який функціонує в поєднанні з особистими робочими факторами і має свої певні закони вимірювання.

Систему забезпечення ефективності функціонування ЕФР можна представити у вигляді інформаційної моделі.

У такій системі вхідними параметрами є вектори А ($à_1$, $à_2$..., $à_n$), робочий фактор і вектор В (b_1, b_2..., b_m) – розрахунковий параметр. Складовими вектора А є: природно-кліматичні умови, якість палива, вологість повітря, сезонні та добові коливання температури та ін. Складові розрахункового параметра вектора Б змінюються в процесі експлуатації: сила пружини, водонепроникність точності. частин і хід арматури.

Керуючими факторами в моделі є компоненти вектора С (c_1, c_2..., $c_к$). До них відноситься ремонт з наступними регулюваннями - механічної та електронної. При цьому електронним керуванням має формуватися модифікований код ІМА, який коригує основні характеристики системи

керування подачею палива (ВНСР) з урахуванням післяремонтних характеристик EGF. Іншим керуючим фактором у моделі є вектор D (d, d..., d_x). До його складових відносяться тривалість і подача керуючих імпульсів електронного блоку і т. д. Параметри, які входять в конструкцію паливної системи у вигляді основних характеристик управління подачею палива .

Значення вихідного вектора Q певною мірою залежить від стану входів:

$$Q = F \{ A, B, C, B, D \} \quad (2.1)$$

де F – оператор перетворення чотирьох векторних аргументів, узагальнений показник якості системи або критерій її оптимальності, завдання в аналітичній формі.

Якщо фактична узагальнена оцінка стану ЕФР $Q^{ф}$ і сукупності його оціночних показників $q^{ф}_i$, менше або дорівнює його допустимим значенням $Q_{доп}$ і $q_{i\,доп}$, то можна вважати, що він функціонує відповідно до встановлені вимоги. Критерії нормального функціонування системи можна визначити наступним чином:

$$q^{f}_i = \leq [\, q_{i\,add} \,],\ Q^{f}_i = \leq [\, Q_{add} \,], \quad (2.2)$$

прийнятні значення . При перевищенні допустимих розрахункових відхилень параметрів необхідно впливати на систему поправочними коефіцієнтами для приведення її в нормальний стан. Якщо це не так, ви повинні відкоригувати регулятори параметрів , налаштувавши, відновивши або замінивши частини Change.

Найбільш перспективним способом забезпечення працездатності систем з електроелектронним управлінням є інтеграція «механічних» і «електронних» електричних випробувань і налагодження; в інформаційній моделі С представлено як керуючий фактор.

2.2. Спосіб індивідуального налаштування основних характеристик керування подачею палива EGF під час технічного обслуговування

Як зазначалося в першому розділі дипломної роботи, покращити показники надійності та стабільність параметрів СЕС з електронним керуванням можна

комплексним підходом («механічне» та «електронне» регулювання) за рахунок підвищення безаварійної роботи СЕС.

Існує тенденція до «персоніфікації» обслуговування, тобто налаштування та налаштування конкретного EGF під конкретний двигун. Процес повірки та налаштування зазвичай здійснюється в автоматичному режимі згідно з планами випробувань виробників ПА та (або) випробувального обладнання.

подачі палива через блок керування навіть при значних відхиленнях геометричних розмірів і гідравлічних характеристик прецизійних елементів ППА, що дає можливість розширити допускові значення габаритних і гідравлічних параметрів контролю елементів ППА. як при складанні, так і в ТО EGF типу SR.

Для розширення можливостей удосконаленої технології ремонту CR-EGF розроблено методику індивідуального налаштування параметрів інжектора під час обслуговування (рис. 2.1).

На рисунку 2.1 графічно зображено схему електронного механізму регулювання. Для корекції циклової подачі g_1; відремонтованого сопла до рівня контрольного значення g_2 стандартного сопла необхідно збільшити тривалість керуючого імпульсу на Δt. Це легко забезпечити електронною корекцією БХКП.

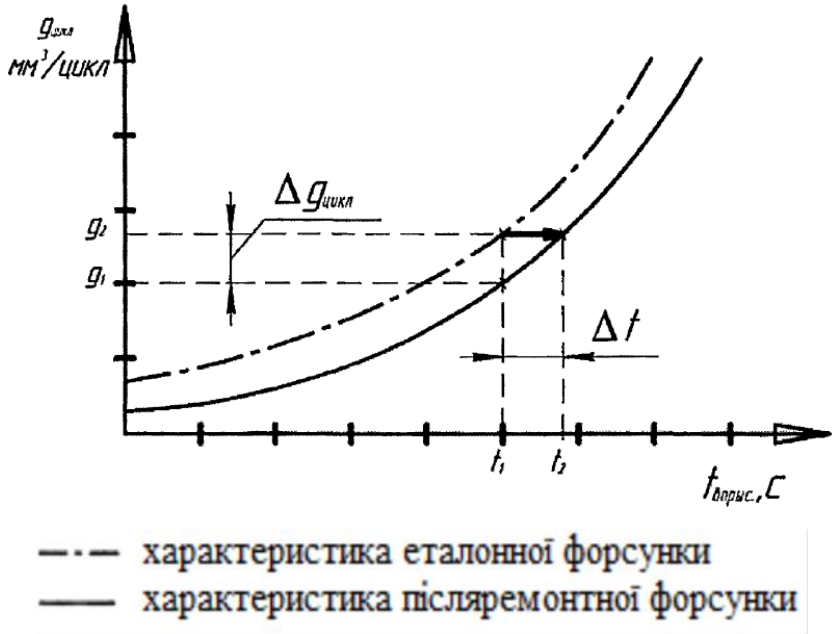


Рис. 2.1. Схема механізму визначення періоду Δt корекції циклічної подачі g_1 відремонтованої форсунки та її налаштування на контрольне значення g_2 стандартної форсунки.

визначити допустимі параметри EGF за тривалістю контрольованого імпульсу Δt . На основі відомих законів руху механіки пружних тіл і електромагнетизму виведено формулу для визначення тривалості керуючого імпульсу.

Таким чином, перспективи підвищення надійності ППА пов'язані зі зміною технології індивідуального регулювання параметрів ЕФР при технічному обслуговуванні, що збільшує міжремонтний ресурс інжектора.

2.3. Математична модель для визначення тривалості імпульсу управління EGF

Швидкість EGF типу CP в умовах роботи дизеля залежить від 4 основних складових системи подачі палива:

- ECU , тобто від вхідного сигналу управління;

- керуючого електромагніту, тобто ступінь його інерційності (час спрацьовування та розмагнічування електромагніту);

- регулюючий клапан, тобто швидкість відкриття і закриття клапана;

- голки розпилювача, тобто з моменту опускання та підняття голки розпилювача;

Швидкість EGF залежить від швидкості регулюючого клапана та його гідравлічної системи. Швидкість регулюючого клапана багато в чому визначається роботою його електромагнітного блоку. Швидкість гідравлічної системи EGF, що приводить в рух голку розпилювача, залежить від конструктивних і нормативних параметрів форсунки.

Методи розрахунку процесів EGF акумуляторних систем були вперше запропоновані Ф.М. Однак його математичні моделі були зосереджені на високопродуктивних морських і транспортних дизельних двигунах.

Один із методів розрахунку процесу ЕГР акумуляторної системи був практично вивчений при розробці насадки БашГАУ і описаний у роботах І.Ю.Габитова , А.В.Неговорі , А.Г.Габбасова та С.І.Топчія.

Аналіз результатів дослідження впливу тривалості керуючого сигналу на основні властивості керування подачею палива дав можливість розділити весь процес подачі палива на кілька етапів:

1. Перший етап (t_1) включає - швидкість спрацьовування електромагніту , час підйому якоря та голки розпилювача;

2. другий ступінь (t_2) – час розмагнічування електромагніту, час опускання якоря та голки розпилювача;

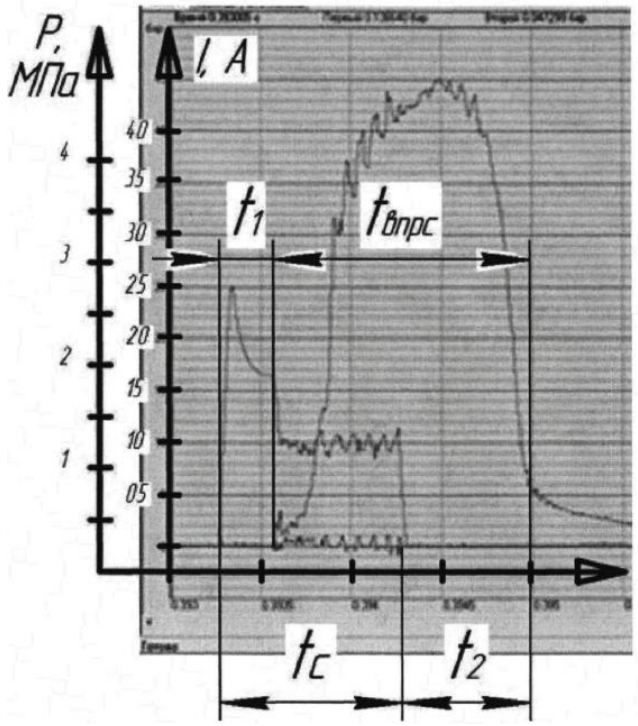


Рис. 2.2. Схема розрахунку тривалості керуючого імпульсу EGF фірми Vo sch : t_c - тривалість керуючого імпульсу, мкс ; $t_{в\ пр}$ - тривалість впорскування, мкс .

На рисунку 2.3 наведена схема розрахунку тривалості керуючого імпульсу по відношенню до EGF Bosch типу CR .

$$\begin{cases} t_{впр.} = t_c - t_1 + t_2; \\ t_1 = t_{сраб.эл.} + t_{под.якоря} + t_{под.игл.}; \\ t_2 = t_{разм.эл.} + t_{оп.якоря} + t_{оп.игл.}. \end{cases} \quad (2.3)$$

де t_c – тривалість керуючого імпульсу, мкс ;

$t_{в\ пр}$ - тривалість впорскування, мкс ;

$t_{спр.ел}$ - час спрацьовування електромагніту, мкс ;

$t_{під\ якорем}$ - час підйому якоря, мкс ;

$t_{під\ голкою}$ – час підняття голки розпилювача, мкс ;

$t_{dis.}$ - час розмагнічування електромагніту, мкс ;

$t_{оп.якоря}$ - час опускання якоря, мкс ;

$t_{op.\ needle}$ – час опускання голки розпилювача, мкс .

Для визначення тривалості руху якоря і голки розпилювача скористаємося формулою:

$$M \times \frac{d^2h}{dt^2} = \sum N; \tag{2,4}$$

де М – маса рухомого елемента (якоря, голки розпилювача), кг;

$\sum$ N – сума сил, що діють на рухомий елемент, Н.

Переміщення голки форсунки відбувається під дією сил (рис. 2.4), що визначаються натягом і жорсткістю пружини форсунки, яка прагне притиснути її до сідла, і силами тиску палива, що прагне відірвати її від сідло клапана.

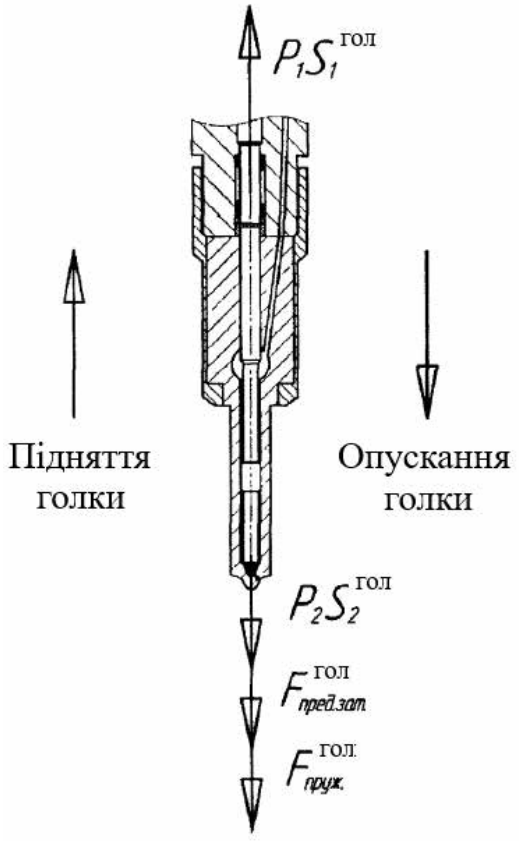


Рис. 2.3. Схема напрямків сил, що діють на голку небулайзера EGF типу CP

Врахувавши всі сили, що діють на якір EGF типу CR, і вставивши їх у формулу 2.4, отримаємо рівняння, що описує рух (підйом) голки розпилювача:

$$M_{игл.} \times \frac{d^2 h_{игл.}}{dt^2_{под.игл.}} = P_1 \times S_1^{игл} - P_2 \times S_2^{игл} - F_{пред.зат.}^{игл.} - C_{пр.распыл.} \times h_{игл.}; \quad (2,6)$$

де M – загальна маса голки розпилювача (зі штоком і 1/3 пружини розпилювача), кг;

h $_{Target}$ - хід голки розпилювача, м;

t $_{sub\ .\ Target}$ - час підйому голки розпилювача див.;

P $_1$ - атмосферний тиск (протитиск), Па;

S $^{Objective}{}_1$ – Площа поперечного перерізу голки розпилювача, м;

P $_2$ - тиск в контрольній порожнині, Па;

F- $^{ціль}_{вор\ зат}$ - сила попереднього натягу пружини розпилювача, Н;

З $_{Федердісом}$ - Жорсткість пружини розпилювача, Н/ м ^{2} .

Оскільки переміщення голки розпилювача рівномірно прямолінійно без початкової швидкості, то час підйому розпилювача з урахуванням формули 2.6 має вигляд:

$$t_{под.игл.} = \sqrt{\frac{2 \times h_{игл.} \times M_{игл.}}{P_1 \times S_1^{игл} + P_2 \times S_2^{игл} + F^1_{пред.зат.} + C_{пр.распыл.} \times h_{игл.}}}; \quad (2,7)$$

Рівняння, яке описує рух (вивільнення) голки розпилювача:

$$M_{игл.} \times \frac{d^2 \times h_{игл.}}{dt^2_{отп.игл.}} = P_1 \times S_1^{игл} + P_2 \times S_2^{игл} + F_{пред.зат.}^{игл.} + C_{пр.распыл.} \times h_{игл.}; \quad (2,8)$$

де M $_{target}$ – загальна маса голки розпилювача (зі штоком і 1/3 пружини розпилювача), кг;

h $_{Target}$ - хід голки розпилювача, м;

т $_{під\ голову}$ - час підйому голки розпилювача, с .

P $_1$ - атмосферний тиск (протитиск), Па;

S $_1{}^{target}$ – площа поперечного перерізу голки розпилювача, м ^{2} ;

P $_2$ - тиск в контрольній порожнині, Па;

$_{\text{Папір}}F^{1}$ - сила попереднього натягу пружини розпилювача, Н;

З $_{\text{пружинним дисплеєм}}$ - Жорсткість пружини розпилювача, Н/м.

, отримуємо:

$$t_{отп.игл.} = \sqrt{\frac{2 \times h_{игл.} \times M_{игл.}}{P_1 \times S_1^{игл} - P_2 \times S_2^{игл} - F_{пред.зат.}^{1} - C_{пр.распыл.} \times h_{игл.}}}; \quad (2,9)$$

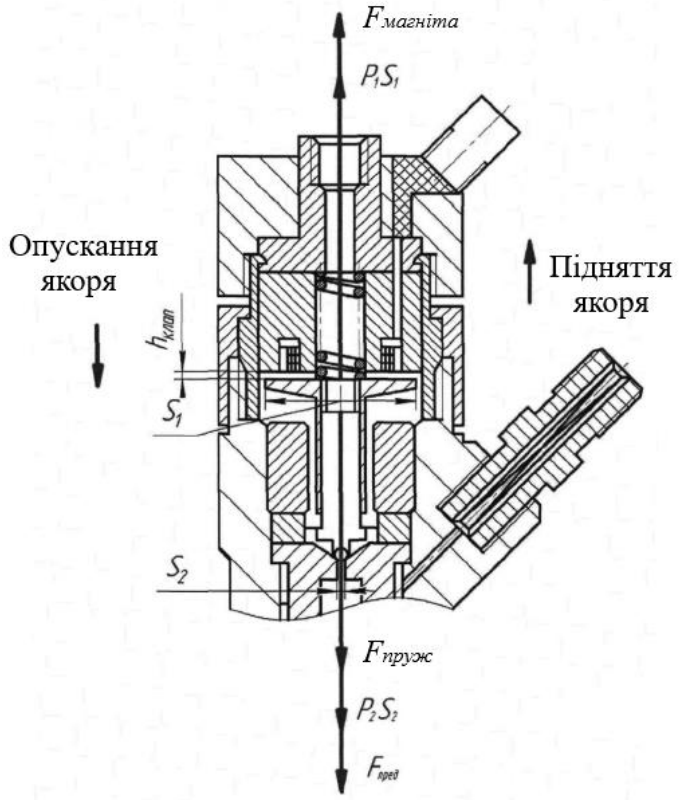


Рис. 2.5 Діаграма напрямів сил, що діють на анкер ЕГФ типу CR

Так само з урахуванням усіх сил отримуємо рівняння (рис. 2.5), яке описує рух (відкриття клапана) при підйомі арматури:

$$M_{якоря} \times \frac{d^2 h_{клап.}}{dt^2_{под.якоря}} = P_1 \times S_1^{клап.} - P_2 \times S_2^{клап.} - F_{пред.зат.}^{2} + F_{маг} - C_{пр.клап.} \times h_{клап.}; \quad (2.10)$$

де М $_{\text{якоря}}$ – загальна маса якоря (якір 1/3 пружини клапана), кг;

h- class - хід клапана, м;

t $_{\text{Піднім якір}}$ - час підйому якоря, с;

Р $_1$ - атмосферний тиск (тиск), Па;

S_1^{kl} - площа поперечного перерізу клапанного каналу, м;

P_2 - тиск в контрольній порожнині, Па;

$Ф^{Федеркналлер.зат}$ - сила попереднього натягу пружини клапана, Н;

F_{mag} – магнітне притягання , Н;

З пружинною дистанцією . - Жорсткість пружини клапана, Н/м.

Якщо ми перетворимо рівняння 2.10, то отримаємо:

$$t_{под.клап.} = \sqrt{\frac{2 \times h_{клап.} \times M_{клап.}}{P_1 \times S_1^{клап.} + P_2 \times S_2^{клап.} + F_{пред.зат.}^2 + F_{маг} + C_{пр.клап.} \times h_{клап.}}}; \quad (2.11)$$

Рівняння, що описує рух (закриття клапана); випуск арматури:

$$t_{отус.клап.} = \sqrt{\frac{2 \times h_{клап.} \times M_{клап.}}{P_1 \times S_1^{клап.} - P_2 \times S_2^{клап.} - F_{пред.зат.}^2 - C_{пр.клап.} \times h_{клап.}}}; \quad (2.12)$$

Сила притягання магнітної котушки залежить від зазору між котушкою та якорем (повітряного зазору) і може бути визначена за допомогою рівняння Максвелла, яке у випадку малого зазору записується так:

$$F_{mag} = \mu_0 \cdot \hat{A}_\delta \cdot S; \quad (2.13)$$

де μ0 - магнітна постійна ;

B_δ – магнітна індукція в зазорі, Тл (залежить від величини зазору);

S - площа поперечного перерізу полюсів, мм ^{2}.

Магнітна індукція В визначається за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{F_э}{0{,}04 \cdot S \cdot g}}, \text{ Тл}, \quad (2{,}14)$$

де F - сила електромагніту , Н;

S - площа поперечного перерізу полюсів, мм ^{2};

g – прискорення вільного падіння, м/с ^{2},

Зміна струму в індукторі описується наступним рівнянням:

$$I(t) = \frac{E}{r} \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{\tau})), \quad (2{,}15)$$

Де Є - напруга живлення, В;

Р - омічний опір обмотки Ом ;

τ - Стала часу котушки, с.

вираз для часу активації t *електромагніту має вигляд*

$$t_{ср} = \tau \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\frac{I_{ср}}{I_{уст}}}\right), \quad (2,16)$$

де $I_{ср}$ - сила струму активації електромагніту, А;

$I_{уст} = E/r$ – сила струму в усталеному режимі, А.

2.4. Дослідження допустимих відхилень тривалості керуючого імпульсу в різних режимах роботи EGF

Вощ ЕГФ відремонтовано за запропонованою технологією ремонту, визначено допустимі відхилення тривалості керуючого імпульсу в різних режимах роботи.

Необхідні дані для визначення допустимих відхилень тривалості керуючого імпульсу ЕФР моделі Bosch за запропонованою технологією наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри EGF фірми Bosch

НІ пп	назва параметра	значення параметрів
	Параметри електромагнітного блоку:	
1	Попереднє натягування анкерної пружини дозатором, Н	150
2	Жорсткість зусилля пружини анкера, Н/мм	150
3 3.1 3.2 3.3	Імпульсна напруга: форсована імпульсна напруга , напруга утримання імпульсна напруга , напруга напруги імпульс розмагнічування ,	 24-150 +12 -12
4	Максимальна потужність електроприводу, Н	240
5 5.1 5.2 5.3	Повітряний зазор між якорем і сердечником при затягуванні, мм в опублікованому, мм Максимальний хід якоря, мм	 0,3 0,8 0,5
6	хід якоря електромагніта, мм	0,05
7	Загальна маса арматури (якоря і 1/3 пружини клапана), г	5.53
8	анкерний і серцевинний матеріал	електросталь

9	Площа поперечного перерізу голки розпилювача, мм ^{2}	1,9625
	Параметри голки розпилювача:	
1	Попереднє затягування пружини голки розпилювача, Н	150
2	Жорсткість зусилля пружини голки розпилювача, Н/мм	150
3	хід голки розпилювача, мм	0,03
4	Площа поперечного перерізу голки розпилювача, мм ^{2}	2,096
5	Загальна маса голки розпилювача (стрижень і 1/3 пружини розпилювача), г	3.36

Підставляючи дані з табл. 2.4 у формулу 2.17, отримуємо допустимі відхилення тривалості керуючого імпульсу в різних режимах роботи EGF Bosch . В режимі VL (повне навантаження) при циклічній подачі $\Delta g_{цикл} = \pm 4$ мм ^{3} /цикл, $\Delta t_{впр} = \pm 180$ мкс ; в ЕМ режимі (часткове навантаження) $\Delta g_{цикл} = \pm 2{,}2$ мм ^{3} /цикл, $\Delta t_{упр} = \pm 100$ мкс ; в режимі LL (холостий хід) $\Delta g_{цикл} = \pm 1{,}65$ мм ^{3} /цикл, $\Delta t_{впр} = \pm 75$ мкс ; в режимі VE (попереднє впорскування) $\Delta g_{цикл} = \pm 0{,}7$ мм ^{3} / цикл, $\Delta t_{впр} = \pm 32$ мкс .

На рисунку 2.6 наведено результати чисельних досліджень для визначення розподілу допустимих відхилень тривалості керуючого імпульсу в різних режимах роботи EGF Bosch . Штриховими лініями показано діапазон регулювання тривалості $_{циклу\ керування\ сигналом}$ g в різних режимах роботи насадки.

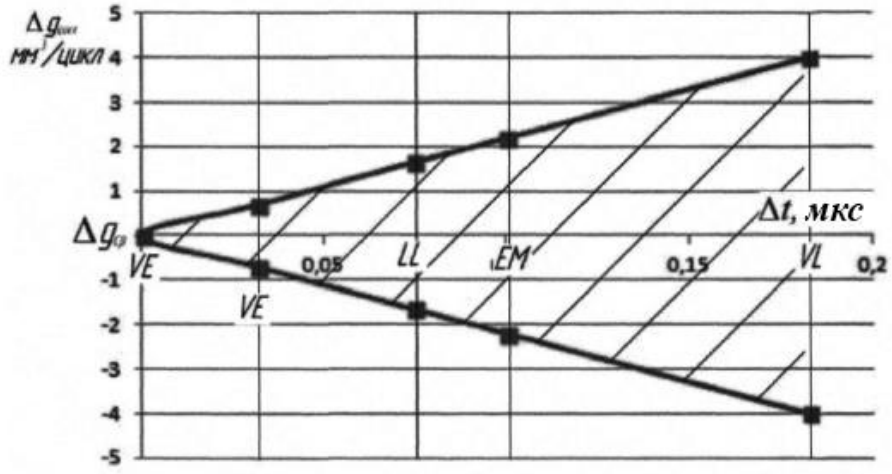


Рис. 2.6. Зона для установки тривалості керуючого сигналу g $_{циклу}$ для EGF Bosch

Розроблена математична модель послідовності роботи ЕГП типу СР, яка визначає залежність тривалості керуючого імпульсу від структурно -регулюючих параметрів сопла, дозволила отримати прийнятні параметри тривалості керуючого сигналу залежно від про режими роботи післяремонтного ЕГФ фірми Bosch .

2.5. Розробка дистанційного індикатора для вимірювання малих переміщень при регулюванні паливної апаратури дизелів

Наприклад, при регулюванні ПА необхідно виміряти хід якоря ЕГП типу СР, хід коректора ПНВТ і т. д. , які вимірюються з точністю до сотих часток міліметра. Для вимірювання малих переміщень при регулюванні дизельних двигунів ТА в даний час використовуються механічні стрілки годинника. Цей метод вимірювання має ряд недоліків, таких як висока похибка вимірювання, громіздкість монтажу та ін. У зв'язку з цим розробка дистанційного вимірювального приладу малих переміщень стає все більш актуальною.

Рішенням цього може стати дистанційний індикатор для вимірювання невеликих рухів за принципом лазерного вимірювача.

Дистанційний індикатор для вимірювання невеликих рухів у важкодоступних місцях при регулюванні паливної апаратури дизельних двигунів, що містить процесор, рідкокристалічний дисплей і вимірювальну частину, що включає датчик з лінзами і джерело світла, відрізняється тим, що що для вимірювання рухів у важкодоступних місцях вимірювальна частина індикатора виконана у вигляді компактної головки з гнучкою ніжкою.

Виносний індикатор складається з процесора (рис. 2.7), рідкокристалічного індикатора (РКІ) 6 та вимірювальної частини 2, до складу якої входять датчик 3 з лінзами 5 та джерело світла 4 у вигляді компактної головки з гнучким ніжка, що дозволяє проводити вимірювання у важкодоступних місцях при ремонті ПА.

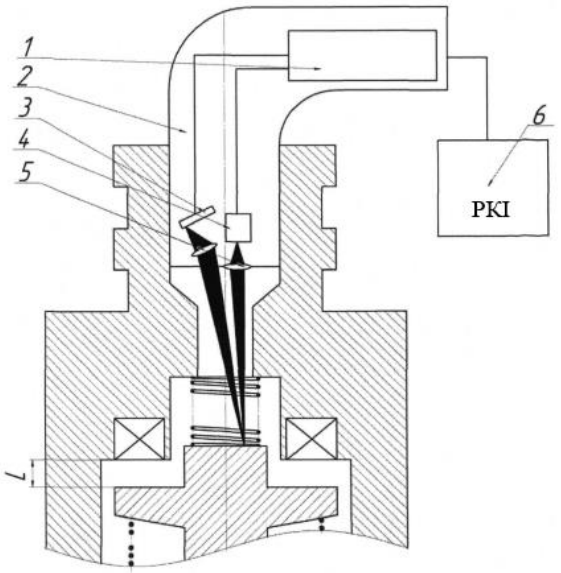


Рис. 2.7. Функціональна схема виносного індикатора: 1 - електронний блок управління, 2 - корпус, 3 - датчик освітленості, 4 - напівпровідниковий лазер, 5 - лінзи, 6 - рідкокристалічний дисплей, L - вимірюваний хід якоря.

Принцип дії такого індикатора заснований на вимірюванні кута між променем, випромінюваним лазерним діодом 4, і променем, відбитим від об'єкта. Дистанційний індикатор має ряд переваг: безконтактний збір інформації про кількість рухів, висока точність вимірювання (до сотих часток міліметра), тривалий термін служби, низьке енергоспоживання, можливість роботи в жорстких умовах експлуатації, наявність забруднення, вібрації, електромагнітних перешкод, пилу та вологи.

Цей прилад має універсальне застосування і може використовуватися не тільки для регулювання ПА дизельних двигунів, але і для вимірювання малих переміщень в інших сферах діяльності.

Це робить дистанційний індикатор більш ефективним для вимірювання невеликих рухів під час регулювання РА дизельних двигунів, ніж його попередник, механічний індикатор часу.

2.6. Висновки по розділу

Для забезпечення працездатності EGF типу CP розроблено інформаційну модель, яка пояснює принципи індивідуального електронного регулювання

параметрів подачі палива, що забезпечує суттєве подовження періоду між обслуговуванням і ремонтом.

Перспективи підвищення надійності АПП пов'язані з використанням технології індивідуального налаштування параметрів ЕФР під час обслуговування. Загалом показники надійності та стабільності параметрів БХКП можна підвищити комплексним підходом , тобто разом із механічним та електронним керуванням шляхом продовження періоду безвідмовної роботи ЕГФ типу КР.

Розроблено математичну модель процесу функціонування ЕФР, яка визначає залежність тривалості керуючого імпульсу від структурно -регуляторних параметрів ЕФР. Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера показала позитивну збіжність на рівні значущості 95%.

Bosch EGF відремонтовано за запропонованою технологією ремонту, визначено допустимі відхилення тривалості керуючого імпульсу для різних режимів роботи.

розроблено спосіб регулювання відремонтованих КР типу ЕГП шляхом заміни основних властивостей регулятора подачі палива , що забезпечує розширення допусків на контрольно-монтажні параметри форсунки.

Для вимірювання малих переміщень ПА розроблено дистанційний індикатор, що дозволяє підвищити точність і якість налагоджувальних робіт.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

3.1. Загальна методика експерименту

Метою дослідження було перевірити результати теоретичних досліджень, вивчити закономірності процесів, що відбуваються в EGF типу CR., виявити фактори, які найбільше впливають на його роботу, та визначити допуски при зміні БГКП.

3.2. Обладнання та апаратура для досліджень

Для уточнення отриманих експериментальних досліджень були проведені безмоторні випробування за ГОСТ 8670-82 і 150 9002 згідно планів випробувань на спеціальному стенді для налагодження та випробування дизеля ПА ЕР 815 з безчашковою електронною вимірювальною системою КМА 802 фірми Bosch. з комплектом модернізації SET для тестування EGF типу CR.

Стенд має можливість регулювання температури технологічної рідини на вході в ПНВТ водяним охолодженням. Після відповідного доукомплектування стенд дозволяє виконувати регулювальні та налагоджувальні роботи всієї номенклатури ПНВЦ фірми Bosch , а також деяких насосів інших виробників. Характеристики стенда наведені в таблиці 3.1.

Рис. 3.1. Загальний вигляд стенду ЕРЗ 815 з безчашковою електронною вимірювальною системою КМА 802 та обладнанням для ЦР: 1 - вимірювальна система КМА 802; 2 - форсунки; 3 - комплект дообладнання ; 4 - ПНВТ; 5 - блок керування з дисплеєм;

Таблиця 3.1

Властивості випробувального стенду EPS 815 з вимірювальною системою КМА 802

НІ	функція	Розмір
1	блок живлення EPS 815	~ 230 В / 50..60 Гц / 3 А
2	Електромагнітна сумісність (ЕМС)	Продукт класу А ЕС 55 022
3	Електрична енергія двигуна, кВт/при номінальній частоті обертання приводного вала, хв $^{-1}$	10,2/580
4	Діапазон обертів приводу, хв. $^{-1}$	0...5000
5	Момент інерції ведучого маховика кг·м ^{2}	1.5
6	Точність вимірювання частоти обертання, хв.	±0,4
7	Ємність паливного баку, л	50
8	Оголошення	Аналого-цифрове відображення у вигляді стовпчастих діаграм; підсвічування допусків розмноження, позначення надлишків квітучим способом
9	самодіагностика	повідомлення про помилки
10	Межі вимірювання стандартних манометрів, МПа - низький тиск; - високий тиск; -Вимірювання вакууму або тиску палива в ПНВТ; - виміряти тиск подачі.	 0...0,60±0,005 0...6,00±0,5 -0,10...0,25±0,0125 0...1,60±0,025
11	Максимальна кількість обслуговуваних ділянок ТНВД.	12
13	Продуктивність живильного насоса (високого тиску), л/хв (МПа)	0...140 (0...6,00)
12	Продуктивність живильного насоса (низького тиску), л/хв (МПа)	0...22 (0...0,60)
14	Тип вимірювальної системи КМА 802	відкрита безінерційна система
15	Точність встановлення кута початку подачі, град	0,1°
16	Межі циклічного вимірювання витрати, мм ^{3} / цикл (л/год)	0,2...3000,0 (0,03...30,00)
17	Точність вимірювання циклічної подачі, %	0,03... 0,10 л / год±5

		0,10...1,00 л/ год±2 1,00...30,00 л/ год±1
18	Вимірювання витрати переливу, л/год	15...400
19	Діапазон температурного режиму, °С	30... 60°С
20	Діапазон вимірювання температури, °С	-40... 150°С
21	Максимально допустима температура навколишнього середовища, °С	45
22	Точність вимірювання температури (°С): - СТ 4 (серійний); - RT 1000 (опція)	40 ± 0,4/80 ± 1,2 40 ± 0,4/80 ± 0,5

Замість мірних чашок електроніка працює з сервісною моделлю КМА 802 і з обчислювальними і дисплейними модулями . Всі 3 модулі об'єднані в єдиний блок 6 (рис. 3.1), який встановлений на випробувальному стенді ЕРС 815.

Керуючий поршень підключений паралельно до входу і виходу редуктора насоса. Коли продуктивність насоса відповідає величині циклічної подачі технологічної рідини через форсунки столу , поршень знаходиться в середньому положенні. Коли тече більше рідини, поршень рухається вліво, коли рідини тече менше, він рухається вправо.

Випробувальний стенд має дві вимірювальні камери. Комп'ютер по черзі підключає до цих вимірювальних комірок усі секції PNVT, що підлягають перевірці, у двох групах.

Стенд EPS 708 дозволяє проводити діагностику форсунок і ПНВТ систем CR виробників Bosch , Siemens і Denso (рис. 3.2). Можливе гарантійне тестування компонентів Bosch . Стенд оснащений вбудованою системою охолодження, що значно скорочує споживання води в автосервісі. Звичайне водяне охолодження також доступне як опція. Крім того, стенд має електронну систему вимірювання кількості тепла, що подається, і електронну систему контролю тиску на вході в ПНВТ. Робоча зона стенду закрита міцним щитом, що забезпечує безпеку оператора.

Рис. 3.2. Загальний вигляд підставки EPC 708 зі склянки Електронна вимірювальна система КМА 802

Таблиця 3.2

Властивості контрольно- випробувального стенду ЕПС 708 з вимірювальною системою КМА 802

№ п/а	функція	Розмір
1	блок живлення EPS 708	~ 230 В/50..60 Гц /3 А
2	Електромагнітна сумісність (EMC)	Продукт класу А ЕС 55 022
3	Електрична енергія Двигун, кВт	8
4	Перевірені параметри для CRI/CRIN	- Перевірте наявність витоків - Задній злив - попередній впорскування - холостий хід - Повне завантаження - Еко режим - Код IMA
5	Максимальний тиск в рейці гідроакумулятора, МПа	250
6	Ємність паливного баку, л	50
7	система охолодження	Інтегрований
8	Оголошення	Аналого-цифрове відображення у вигляді стовпчастих діаграм; підсвічування допусків розкиду, кольорове маркування перевищень
9	самодіагностика	повідомлення про

		помилки
10	Межі вимірювання настільних манометрів, МПа - Низький тиск; - високий тиск; -Вимірювання вакууму або тиску палива в ПНВТ; - виміряти тиск подачі	0...0,60±0,005 0...6,00±0,5 -0,10...0,25±0,0125 0...1,60±0,025
11	Максимальна кількість обслуговуваних EGF	6
13	Продуктивність живильного насоса (високого тиску), л/хв (МПа)	0...140 (0...6,00)
12	Продуктивність живильного насоса (низького тиску), л/хв (МПа)	0...22 (0...0,60)
14	Тип вимірювальної системи КМА 802	відкрита безінерційна система
15	Точність встановлення кута початку подачі, град	0,1°
16	Межі циклічного вимірювання витрати, мм3 / цикл (л/год)	0,2...3000,0 (0,03...30,00)
17	Точність вимірювання циклічної подачі, %	0,03...0,10 л/год ±5 0,10...1,00 л/год ±2 1,00...30,00 л/год ±1
18	Вимірювання витрати переливу, л/год	15...400
19	Діапазон температурного режиму, °С	30... 60°С
20	Діапазон вимірювання температури, °С	-40... 150°С
21	Максимально допустима температура навколишнього середовища, °С	45
22	Вимірювання витрати переливу, л/год	40 ± 0,4 / 80 ± 1,2 40 ± 0,4 / 80 ± 0,5

безчашкової електронної вимірювальної системи КМА 802 на стендах Bosch EPC 815 і EPC 708 дозволяє виключити похибки осадження і зливу палива, калібрувати вимірювальні потужності при вимірюванні циклічної подачі, візуально зчитувати рівень палива, а також виключати вплив суб'єктивний людський фактор на процес вимірювання . Схема електронного вимірювання кількості палива, що подається системою КМА 802, наведена на рисунку 3.3.

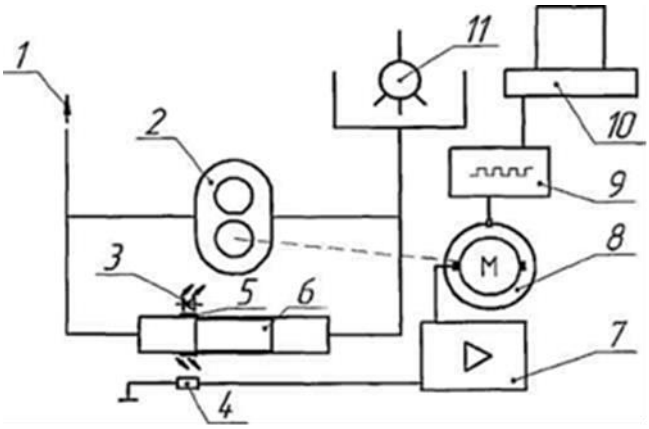


Рис. 3.3. Електронна система вимірювання кількості подачі палива КМА 802: 1 - патрубок повернення технологічної рідини в бак; 2 - шестерний насос ; 3 - світлодіод; 4 - фотоелемент; 5 - вікно світловода; 6 - регулюючий поршень; 7 - блок керування; 8 - електродвигун; 9 - лічильник імпульсів; 10 - персональний комп'ютер; 11 - столова насадка.

Використовуючи електронну вимірювальну систему, можна виключити вплив температури палива на процес вимірювання циклічної подачі. Ця електронна вимірювальна система також пропонує ряд інших переваг, таких як:

- швидкість вимірювання та висока точність циклової подачі (одиниці вимірювання циклової подачі см ^{3} /1000 циклів не змінюються);

- візуальне представлення результатів вимірювань у цифровій та графічній формі;

- Роздруківка протоколу випробувань.

Крім того, були проведені експериментальні дослідження на стендах, призначених для експрес-діагностики форсунок типу CR, таких як EPC 200, Nartridge IFT - 7 і Bashdiesel VTS - 201 (рис. 3.4).

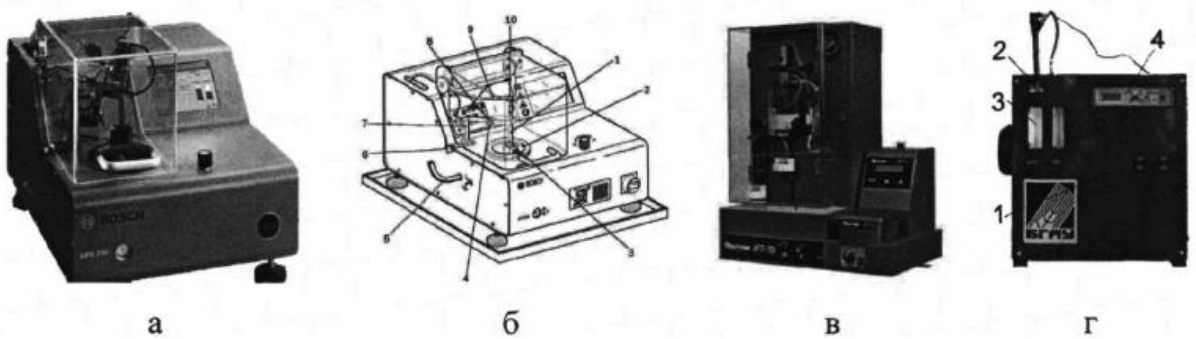


Рис. 3.4 Стенди для діагностики форсунок CR: загальний вигляд (а) та складові обладнання для випробування форсунок CR Bosch EPS 200 (6): 1 -

форсунка системи CR, 2 - камера дуття, 3 - камера впорскування, 4 - затискний гвинт для кріплення форсунки, 5 - змивний патрубок, 6 - затискний гвинт для регулювання висоти кріплення, 7 - кріплення, 8 - пластина для з'єднання компонентів, 9 - сполучна лінія високого тиску для подачі досліджуваного масла, 10 - перехідник для підключення форсунки системи CR; im - Hartridge IFT - 70; Г ВТС Башдизель - 203.

Стенд EPC200 (рис. 3.4 а, б) містить наступні компоненти: насос і блок, мікропроцесор і рідкокристалічний дисплей з сенсорним екраном. На цьому стенді проводяться випробування на герметичність при повному навантаженні в режимі простою. Можна виміряти кількість впорснутого палива та кількість зворотного потоку. Виміряні параметри:

1. Бездіяльний;

2. Повне навантаження;

3. Зворотне скидання.

Nartridge ITF - 70 (рис. 3.4) призначений для первинної діагностики EGF як в невеликих майстернях, так і в спеціалізованих дизель-центрах.

ITF-70 дозволяє легко та швидко перевірити EGF типу CR. Цей модульний випробувальний стенд є економічно ефективним рішенням для попередньої діагностики TPS типу C і може бути модернізований для перевірки звичайних механічних форсунок і насос-форсунки-форсунки (EUI). Базова комплектація ITF-70 включає блок керування ITF-c і дозволяє проводити випробування всіх типів форсунок CR, при тиску до 70 МПа (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Технічні характеристики випробувальних стендів

№ пп	Параметр	Показники		
		Hartridge ІФТ-70	EPS 200	Башдизель VTS 201 CR
1	Габаритні розміри, мм	780x620x890	580x560x780	460x540x720
2	напруга живлення, В	220-230	220-380	380
3	діапазон встановлення тиску, МПа	0-70	0-180	0-160

4	Інтервал роботи приводу відкриття форсунки ,	100 -3000	100-3000	150-3000
5	Одночасна перевірка кількості форсунок, шт.	1	1	1
6	вимірювальна система	мензурка	без мензурки	мензурка

компанією «Башдизель» стенд ВТС-203 (рис. 3.4, г) для випробувань компонентів паливних систем КР дозволяє відтворювати будь-який тиск на вході в сопло до 160 МПа, перевіряти гідравлічну герметичність елементів системи подачі палива і вимірювати продуктивність форсунки шляхом надсилання сигналів керування форсункою, запрограмованих користувачем для візуальної перевірки її продуктивності (форма та інтенсивність розпилення, об’ємна продуктивність).

Стенд ВТС-201 має блочно-модульну конструкцію (рис. 3.7, г) і складається з блоку високого тиску 1 з утримуючим пристроєм 2, вимірювальної системи 3, встановленої на каркасі стенду, і блоку керування 4, який контролює та контролює параметри роботи стенду (режим індикації, значення тиску в системі та подачу керуючих сигналів при випробуванні електронних компонентів).

На передній частині стенду розташовані кнопки включення паливного насоса низького тиску (всмоктування) і силового приводу. На передній панелі розташовані елементи управління: рідкокристалічний дисплей, кнопки управління, світлодіодний індикатор. На задній частині стенду розташовані з’єднувальні кабелі, в тому числі «МЕРЕЖЕВИЙ» для підключення до джерела живлення – 380 В. У таблиці 3.3 наведені основні технічні характеристики випробувальних стендів.

Мікроскоп МБС-9 використовувався для спостереження тривимірних об'єктів із збереженням стереоефекту (контроль якості збірки) та ручної обробки дрібних деталей (рис. 3.5).

Рис. 3.5 Загальний вигляд мікроскопа МБС-9

Джерелом світла є галогенна лампа 8В 20Вт . Технічні характеристики мікроскопа МБС-9 наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Технічні характеристики мікроскопа МБС-9

Артикул №	параметр	показники
1	Габаритні розміри, мм	200x160x400
2	джерело живлення змінного струму,	220
3	Вага, кг	5
4	Робоча відстань лінз, мм	190
5	Діапазон змінних збільшується, разів	тобто 1,2 до 100
6	Поле зору окулярів, мм	8-19

Методика визначення твердості та мікротвердості.

Як відомо, твердість є одним з важливих показників якості відреставрованої поверхні . Вимірювання твердості запірної арматури EGF типу CP проводилося мною в кілька прийомів. Спочатку після шліфування всіх зразків визначали загальну твердість відновленої поверхні.

а б)

Рис. 3.6 Загальний вигляд: а) твердоміра за Віккерсом моделі ТП- 7р -1; б) мікротвердомір ПМТ-3

Найважливішим етапом оцінки твердості отриманих покриттів було вимірювання розподілу мікротвердості по глибині зразка. Вимірювання проводили вдавленням алмазного вістря згідно з ГОСТ 9450-76 [26] . Для реалізації досвіду використовувався мікротвердомір ПМТ-3, загальний вигляд якого наведено на рисунку 3.6. Б. При цьому навантаження на алмазну піраміду під час вимірювань становило 0,981 Н (100 г). Для зручності всі отримані дані про значення твердості та мікротвердості, якщо це можливо, були переведені в значення твердості за шкалою NRC.

Методика визначення мікроструктури запірного клапана EGF типу CR фірми Bosch .

Щоб візуально оцінити якість відреставрованої поверхні, необхідно було провести мікроскопічний аналіз отриманої поверхні. Дослідження мікроструктури проводили за методикою, описаною в літературі, на підставі фотографій, зроблених мікротвердоміром ПМТ-3 з використанням фотонасадки МФН-12 та фотоапарата Olumpus E-420. Для швидкого та зручного виготовлення мікрошліфів ми виготовили спеціальну оправку. Отримані таким чином зрізи заливали епоксидною смолою в спеціальні кільця, полірували і потім протруювали в 4-6% розчині азотної кислоти в етиловому спирті.

3.3. Експериментальне обладнання

Параметри подачі палива під час дослідження оцінювали за допомогою комп'ютера, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) та програмних засобів реєстрації.

Дослідження на визначення ін'єкційних властивостей проводили на дослідній установці, схема якої наведена на рисунку 3.7.

Транспортні засоби » НУБІП для дослідження паливоподачі паливоподавальними пристроями в дизелях, що дозволяє підвищити точність визначення характеристик паливоподачі.

Тестова установка працює наступним чином (рис. 3.7): перевіряється EGF 5, штуцер 4 встановлюється і затискається гвинтами. У ПНВТ 2 приводний рух штативного електродвигуна 1 постійно перекачує технологічну рідину в гідроакумулятор 6, у якому заданий тиск підтримується за допомогою редукційного клапана 8. Управління клапаном здійснюється через широтно-імпульсний модулятор (ШІМ) , який є частиною блоку керування (ECU). Тиск в гідроакумуляторі 6 контролюється за допомогою закріпленого на ньому універсального манометра.

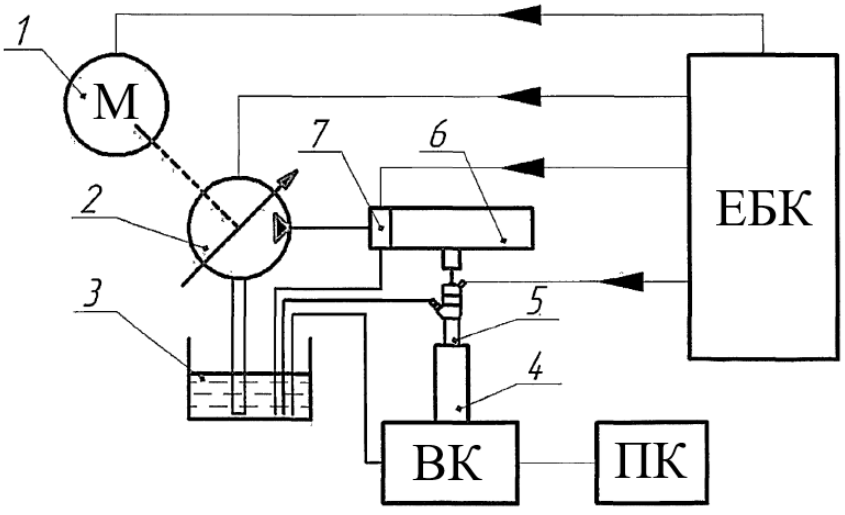


Рис. 3.7 Схема експериментальної установки: 1 - електродвигун; 2 - ПНВТ; 3 - бак з робочою рідиною; 4 - штуцер; 5 - EGF; 6 - гідроакумулятор; 8 - редукційний клапан; ECU - електронний блок управління; ВК - вимірювальний комплекс; ПК - персональний комп'ютер.

Управління EGF здійснюється за допомогою багатофункціонального симулятора сигналу, розробленого кафедрою тракторів і автомобілів НУБІП, який

може задавати тривалість, форму сигналу та частоту впорскування залежно від виробника EGF. Коли від симулятора до EGF надходить імпульсний сигнал певної частоти і тривалості, починається його робочий процес.

Інформаційно-вимірювальний комплекс складається з ПК, аналого - цифрового перетворювача ZET 210 і ряду перетворювачів.

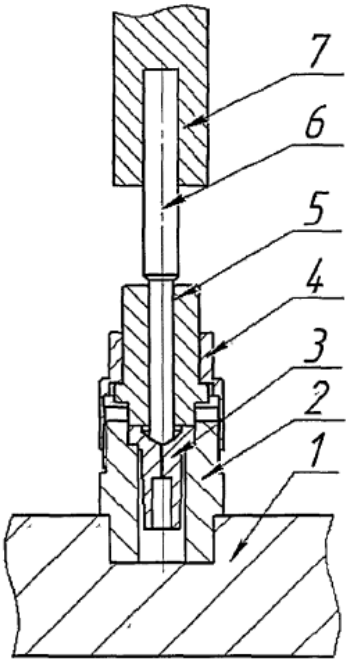
Модуль АЦП ZET 210 призначений для вимірювання параметрів сигналів в широкому діапазоні частот (з частотою дискретизації до 500 кГц), що надходять від різних первинних перетворювачів. Підключення до ПК і живлення модуля здійснюється по шині USB 2.0. Управління та збір інформації здійснюється безпосередньо за допомогою команд з ПК. Основні технічні характеристики АЦП ZET 210 представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Основні технічні характеристики АЦП ZET 210

параметр	Значення
кількість входів	16 загальних / 8 диференціальних
Загальна частота перетворення для всіх включених каналів, кГц	до 500
кількість бітів АЦП	16
Максимальна вхідна напруга,	±7
вхідний опір,	2
динамічний діапазон, дБ	84
Максимальна нерівномірність АЧХ в діапазоні частот 10 Гц ... 200 кГц, дБ	1
Захист входу при включеному живленні,	±30
Захист входів при вимкненому живленні,	±30
Міжканальне проникнення , дБ	-72
вхідна ємність, пФ	20

Для проведення експериментальних досліджень з вибору раціональних режимів відновлення конуса замикання клапана використовувалося спеціальне обладнання, розроблене у ВІТТ РАН (рис. 3.8).



Запірна арматура EGF типу Bosch CR : 1 - натискна пластина; 2 - корпус; 3 - сідло клапана EGF; 4 - гайка; 5 - напрямна проставка ; 6 - напуск; 7 - затискний патрон.

Для притирки упорного конуса рекомендується використовувати притирочну пасту розміром не більше 4 мкм , наприклад, пасту М3 для притирки поршневих пар ЗАТ «Алтайський завод прецизійних виробів». Цикл відновлення включає періодичне (15–20 разів) пресування (із силою 2-3Н) і відрив притирки на частоті її обертання протягом 2500–2600 хв. Потім клапанний вузол промивали в ультразвуковій ванні, продували стисненим повітрям і проводили візуальний контроль якості притирки за допомогою мікроскопа. Якщо на ущільнювальній поверхні були виявлені лінії, цикл притирки повторювався.

Реєстрацію миттєвих значень тиску палива в РНВ проводили за допомогою тензометричних перетворювачів МД-10 В ТУ 4212-163-00227459-98 (рис. 3.9). Схема підключення наведена на рисунку 3.10, в.

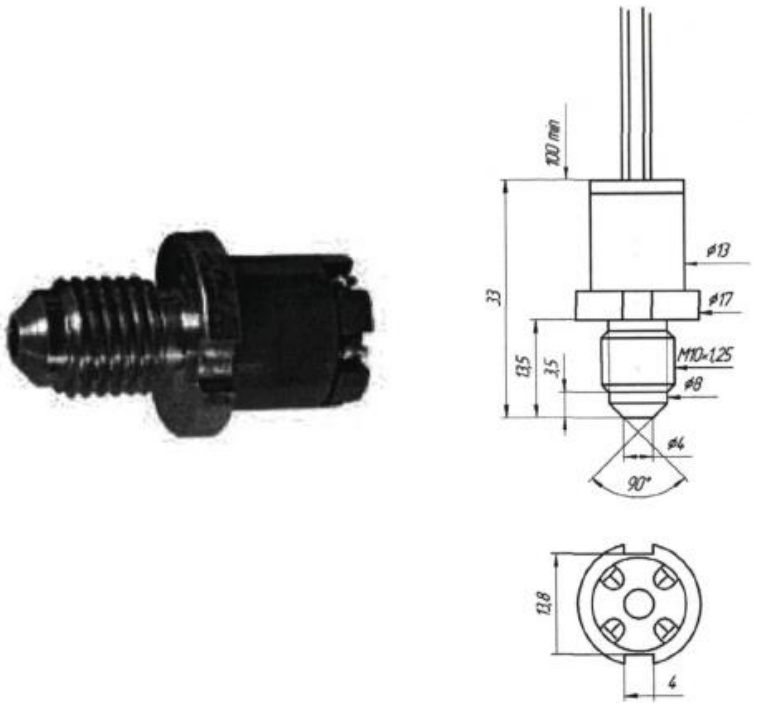


Рис. 3.9 Загальний вигляд тензодатчика серії МД

Порожнина, що сприймає тиск палива, виготовлена зі сплаву з вмістом титану 87%. Характеристики тензодатчика МД-10В наведені в таблиці 3.6.

Тензодатчик працює наступним чином. Дані тензодатчика відповідають ТУ 25-7301.061-89.

сапфіро-титанова мембрана згинається , тензорні резистори змінюють свій опір, що призводить до дисбалансу моста Унтсона , який пропорційний вимірювальному тиску.

Таблиця 3.6

Технічні характеристики тензодатчика МД-10В

параметр	Значення
Нелінійність U_D, %	±0,2
Варіація U_D, %	±0,05
Діапазон вихідного сигналу U_D при +20 С, мВ	100...200
Початкове значення вихідного сигналу при +20 °С, мВ	±10
Зміна вихідного значення вихідного сигналу від температури, % на 1°С	±0,05
Змініть діапазон вихідного сигналу від температури % до 1°С	±0,05
Діапазон робочих температур, ºС	-50...+125
Діапазон вимірюваних тисків, МПа	0...10

Номінальне значення тиску, МПа	10
межа тиску, МПа	20
Опір моста при температурі +20° С, кОм	2,5 ± 0,5
напруга живлення, В	4...12

наведено значення ваги використовуваних тензодатчиків :

- початкове значення вихідного сигналу, що відповідає нульовому значенню вимірюваного параметра при температурі 20 ± 5°С – 10,25 мВ ;

- кінцеве значення вихідного сигналу, що відповідає номінальному значенню вимірюваного параметра при температурі 20 ± 5°С – 137 мВ .

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Удосконалення технології ремонту ЕГФ типу Common Rail

Експериментальні дослідження відремонтованої електрогідравлічної форсунки типу Соптоп Передові технології компанії Bosch

За розробленою технологією ремонту ЕГР типу CR на кафедрі «Трактори та автомобілі» НУБіП України проведено порівняльні дослідження щодо оцінки ефективності відновлення клапанної пари EGF фірми «Bosch» на Bosch EPS 200 та Hartridge CRI. Підставки для ПК.

Найважливіші діагностичні параметри були визначені відповідно до планів випробувань виробників (випробування на холостому ході, при повному навантаженні, пусковий режим і перевірка на герметичність) до і після ремонту (табл. 4.1). Для порівняння також наводяться дані тестування трьох нових форсунок.

Згідно з даними проведених випробувань, витрата палива для контролю всіх трьох експериментальних EGF перед шліфуванням запірної арматури при повному навантаженні перевищувала допустимі межі згідно Bosch Plantest . Після відновлення клапанів параметри, визначені під час випробувань на стенді EPC 200, були в межах допуску для всіх форсунок, однак контрольний витрата був у середньому на 40% вищим, ніж для нових форсунок. Для прикладу на рисунку 4.1 наведено протокол випробування Bosch EGF на стенді Bosch EPC .

Для кожної з трьох прийнятих на аналіз форсунок було проведено три випробування (три до ремонту, три після ремонту і три нових форсунки). Результати комплексних випробувань представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Дані випробувань форсунок Bosch на стенді Bosch EPS 200

тестовий крок	тест на герметичність	Повне завантаження	непрацюючий	режим запуску
Тривалість імпульсу на електромагніті (мкс)	0	800	675	160
тиск рампи (МПа)	140	135	25	80

Циклічний Подача мм ^{3} / Контроль	За планом				50,9 ± 4	4,7 ± 1,6	1,5 ± 1,2
	насправді	До ремонту	1		45,62	3,86	0,83
			2		47,84	4.23	0,48
			3		52.03	4.04	0,79
		Після ремонту	1		48,81	5.25	1.44
			2		50,47	4.83	1.61
			3		47,62	4.65	1,65
		нова	1		49,88	3.72	2.32
			2		49.25	4.21	2.86
			3		48,86	4.72	3.37
адміністративні витрати мм ^{3} /	За планом			35±35	49±32	Не вимірювали	
	насправді	До ремонту	1	37,47	96,36		
			2	82.32	208.2		
			3	20.18	86,58		
		Після ремонту	1	20:35	49,62		
			2	22.91	51.28		
			3	21.63	52.36		
		нова	1	11,00	34,98		
			2	17.94	37.32		
			3	37.13	30:55		

Для більш ретельної перевірки дані EGF були протестовані на стенді Hartridge CRI-PC . Оскільки цей випробувальний стенд не акредитований компанією Bosch для ремонту EGF, для випробування використовувалися оригінальні плани випробувань Hartridge , які мають більш жорсткі допуски щодо витрат на контроль (табл. 4.2). Це підтверджується тим, що при випробуванні нової форсунки під № 3 також було виявлено перевищення допустимих норм кількості контрольних витрат. Відповідно до цих планів випробувань випробування проводилися в наступних режимах: перевірка агрегату в зборі на герметичність, підготовка форсунки, перевірка водонепроникності , повне навантаження, середнє навантаження, холостий хід, режим пуску. Для прикладу наведено протокол тестування лише для одного із семи згаданих вище режимів – повного навантаження. З таблиці 4.2 видно, що три відремонтовані форсунки перевищили норми за контрольними витратами в середньому на 35%. Незважаючи на те, що показник експлуатаційних витрат EGF після ремонту за планом тестування Hartridge перевищував допустимі значення, при установці в двигун вони працювали справно і забезпечували ресурс до 100 000 км.

Таблиця 4.2

Дані тестування форсунок Bosch на стенді Hartridge CRI PC при повному навантаженні

Повне завантаження	Хв	Макс	Насправді								
			До ремонту			Після ремонту			нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
інтенсивність у сплеск , в por sk / хв .	0	0	1000								
Тривалість часу сигнал , μ сек	0	0	800								
температура палива, °C	38	42,0	40.2	40.3	40.1	40.3	39.1	38.4	40.1	40.3	40.1
Тиск в рампі, бар	1340	136 0	134.9	1350	1350	1350	1349	1349	1350	1349	1349
впорскування , мкс	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Контроль споживання мм ^{3} / уприскування	15	31	87 .1	92.3	126.1	41,0	38.9	44,0	27.3	28.4	32.1
Температура зворотної лінії , °C	0	0	74.2	78.1	82.3	46.3	44,0	45.5	40.7	43.6	46.5
зворотний тиск , Мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклічна подача, мм ^{3} / нагнітання	46	56.9	49.2	47.3	45.6	46.5	45.1	48.6	50.9	50.8	50.7
Відхилення циклічної подачі, мм ^{3} / нагнітання	0	0	0,4	0,6	1.2	0,2	2.0	2.5	0,5	0,5	0,55

Таблиця 4.3

Дані тестування насадок Bosch на стенді Hartridge CRI-PC при середньому навантаженні

Повне завантаження	Хв	Макс	Насправді								
			До ремонту			Після ремонту			нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
інтенсивність	0	0	1000								

ін'єкція, впорскування / хв.											
тривалість сигналу, мкс	0	0	500								
температура палива, °C	38	42,0	40.2	40.3	40.1	40.3	39.1	38.4	40.1	40.3	40.1
Тиск в рампі, бар	790	810	800	800	800	800	800	800	800	800	800
впорскування , мкс	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Обсяг « поворотного » мм³ / упорскування	15	31	87.1	92.3	126.1	41,0	38.9	44,0	27.3	28.4	32.1
Температура зворотної лінії , °C	0	0	74.2	78.1	82.3	46.3	44,0	45.5	40.7	43.6	46.5
зворотний тиск , мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклічна подача, мм ^{3} / нагнітання	46	56.9	49.2	47.3	45.6	46.5	45.1	48.6	50.9	50.8	50.7
Відхилення циклічної подачі, мм³ / впорскування	0	0	0,4	0,6	1.2	0,2	2.0	2.5	0,5	0,5	0,5

Таблиця 4.4

Дані тестування форсунок Bosch на стенді Hartridge CRI-PC на холостому ході

Повне завантаження	Хв	Макс	Насправді								
			До ремонту			Після ремонту			нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
інтенсивність ін'єкція, впорскування / хв.	0	0	1000								
тривалість сигналу, мкс	0	0	675								
температура палива, °C	38	42,0	40.2	40.3	40.1	40.3	39.1	38.4	40.1	40.3	40.1
Тиск в рампі, бар	240	260	241	245	256	250	253	250	254	254	249

впорскування , мкс	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Обсяг « поворотного » мм³ / упорскування	15	31	87.1	92.3	126.1	41,0	38.9	44,0	27.3	28.4	32.1
Температура зворотної лінії , °C	0	0	74.2	78.1	82.3	46.3	44,0	45.5	40.7	43.6	46.5
зворотний тиск , мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклічна подача, мм³ / впорскування	46	56.9	49.2	47.3	45.6	46.5	45.1	48.6	50.9	50.8	50.7
Відхилення циклічної подачі, мм ^{3} / нагнітання	0	0	0,4	0,6	1.2	0,2	2.0	2.5	0,5	0,5	0,5

4.2. Дослідження показників роботи EGF

подачу палива можна регулювати, переривати швидше за інші вузли .

канавки EGF BHUT під час технічного обслуговування, описаного у другому розділі, були проведені дослідження показників роботи EGF.

4.3. Аналіз показників ефективності EGF типу CR фірми Denso

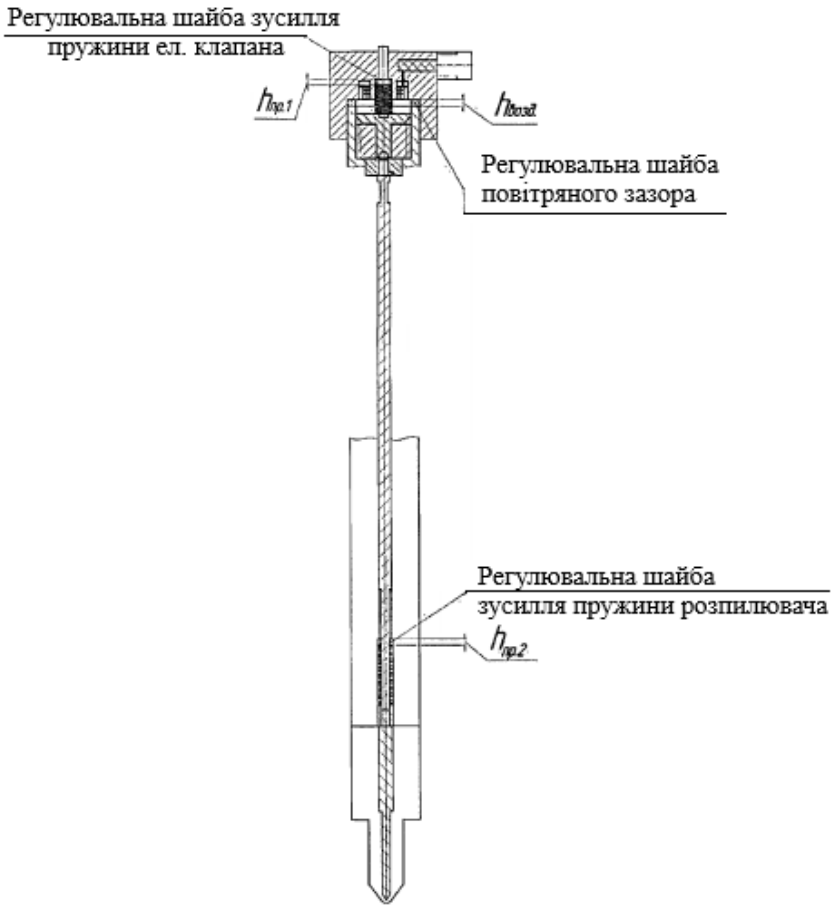
Також дизельні двигуни для тракторів і комбайнів використовують паливні системи типу CR та інших виробників, зокрема Denso . У зв'язку з цим були проведені дослідження щодо визначення показників ефективності EGF цієї компанії, зокрема моделі 6C1Q-9K546-AC. Особливістю конструкцій ЕГП фірми Repzo моделі 6C1Q-9K546-AC є те, що механічне регулювання здійснюється тільки за допомогою 3-х регулювальних шайб (рис. 4.1).

визначено відповідно до планів випробувань виробника EGF Denso . Досліджені EGF були протестовані на стенді C RI -RS компанії Hartridge . Випробування проводили в таких режимах: холостий хід, режим пуску, повне навантаження (табл. 4.4).

З таблиці 4.4 видно, що зі збільшенням зусилля пружини на розпилювачі за допомогою регулювальних прокладок (рис. 4.1) витрата палива контрольної та

циклічної подачі зменшується, але це зменшення відбувається на різних режимах. . Вплив на циклічну подачу найбільш помітний в режимі холостого ходу: збільшення $g_{ц}$ з 7,7 до 15,0 мм ^{3} /цикл (на 87%), менш значуще в режимі повного навантаження: $g_{ц}$ з 33,7 до 43,3 мм ^{3} /цикл (на 28%). Контрольні витрати мають зворотне співвідношення 24% і 36%. Таким чином, дослідження показали, що основні характеристики подачі палива мають нелінійний вигляд. При цьому за допомогою електронного управління можна досягти максимально ефективного контролю властивостей палива.

З наведених вище досліджень видно, що можливості електронного регулювання дуже широкі: електронна корекція дозволяє вирішити завдання механічного регулювання параметрів EGF. Зокрема, при обслуговуванні EGF можна не розбирати форсунку для регулювання ремонтного розміру регулювального диска, а компенсувати зміну характеристик EGF зміною тривалості керуючого імпульсу.



Райс 4.1 Схема розташування регулювань EGF фірми Denso

Відповідно до плану випробувань виробника EGF Denso, контрольний потік і циклічна подача повинні бути в межах 20 і 44 мм/цикл відповідності. З креслень видно, що цим вимогам відповідає шайба товщиною 0,95 - 1 мм.

Таблиця 4.5

Розпилювач Denso EGF на циклічній подачі і регулюванні потоку в різних режимах роботи

Товщина шайби $ч_{весна\ 2}$ мм	номер експерименти	режими роботи					
		непрацюючий рухатися , Р = 25 МПа		Зап уск , Р = 50 МПа		Повний навантаження , Р= 70 МПа	
		Вартість на тему менеджмент (g_{ker}), $мм^3$ / цикл	Циклічне годування (g_c) $мм^3$ / цикл	Вартість на тему менеджмент (g_{ker}), $мм^3$ / цикл	Циклічне годування (g_c) $мм^3$ / цикл	Вартість на тему менеджмент (g_{ker}), $мм^3$ / цикл	Циклічне годування (g_c) $мм^3$ / цикл
1.3	№ 1	13	8	16	25	22	34
	№ 2	12	8	18	23	23	33
	№ 3	13	8	18	23	24	34
	значення середи	12.7	8	17:33	23.7	23	33.7
1.25	№ 1	14	8	20	21	27	35
	№ 2	14	7	18	20	26	36
	№ 3	13	8	20	21	26	36
	значення середи	13.7	7.7	193	20.7	26.3	35.7
1.2	№ 1	14	8	16	26	25	38
	№ 2	14	7	17	26	24	37
	№ 3	13	8	17	26	24	36
	значення середи	13.7	7.7	16.7	26	24.3	37
1.15	№ 1	12	11	18	28	26	39
	№ 2	13	10	17	28	27	38
	№ 3	12	10	20	27	26	39
	значення середи	12.3	10.3	18.3	27	26.3	38.7
1.10	№ 1	13	12	18	29	27	38
	№ 2	13	11	18	29	27	40
	№ 3	14	12	19	30	28	40

	значення середи	13.3	11.7	18.3	29.3	27.3	39.3
1.05	№ 1	14	13	19	30	28	41
	№ 2	14	13	20	ЗО	28	41
	№ 3	14	12	19	31	28	40
	означає	14.0	12.7	19.3	30.3	28,0	40.7
1	№ 1	14	13	20	31	30	42
	№ 2	15	14	20	31	31	42
	№ 3	14	14	21	31	30	43
	означає	14	13.7	203	31.0	30.3	42.3
0,95	№ 1	15	15	22	33	32	44
	№ 2	16	15	22	32	31	43
	№ 3	16	15	21	32	31	43
	означає	15.7	15,0	21.7	32.3	31.3	43.3

З таблиці 4.6 видно, що збільшення зусилля пружини на розпилювачі за допомогою регулювальних прокладок збільшує витрату палива на контрольну та циклічну подачу.

З дослідження за визначенням показники Продуктивність EGF типу CR фірмою Denso це бачить можливості в електронному вигляді управління дуже великий : електронний корекція дозволено вирішити проблеми механічно Регуляція параметрів EGF . Зокрема, при обслуговуванні EGF не можна розібрати форсунку для встановлення ремонтного розміру. нормативний шайб і компенс Зміна властивостей EGF шляхом зміни Тривалість часу менеджер імпульс .

електронні контроль подачі палива відкривається ймовірність гнучкий регулювання параметр подання палива ЕБК, навіть із значними відхилення в геометрії Розміри та гідравлічні властивості елементів точність Елементи ППА.

РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У зв'язку з тим, що вентильна пара є одним із найскладніших у виготовленні та найдорожчим елементом ЕГП типу CR, нами запропоновано ввести три додаткові операції для відновлення працездатності запірної арматури в умовах спецексплуатації за допомогою стандартна технологія Bosch .

Одним з основних методів вивчення витрати часу є хронометраж. Для оцінки економічної ефективності були проведені експериментальні дослідження термінів удосконаленої технології ремонту EGF типу CP фірми Bosch . Середній час на установку форсунки склав 35 хвилин, на ремонт сідла клапана - 5 хвилин.

Таблиця 5.1

Терміни відновлення EGF за передовою технологією Bosch

НІ	назва процесу	час, хв					обладнання
		насадка 1	насадка 2	насадка 3	насадка 4	Середній Значення	
1	перегляд на стенді	02:02	00:59	01:10	00:50	01:15	Hartridge IFT-70
2	демонтаж	02:20	03:21	03:45	03:35	03:15	Набір спеціальних інструментів
3	Відходи	01:08	00:52	00:41	00:48	00:52	мікроскоп МБС-9
4	миття та чищення	02:49	02:30	02:12	02:20	02:28	ультразвукова ванна , щітка
5	притирання клапана	06:24	04:29	05:49	05:20	05:31	Пристрій для притирки запірної арматури EGF Bosch , вертикально-свердлильний верстат, притиральна паста М-3
6	складання проекту	25:47	18:31	18:47	1850 рік	20:29	набір інструментів спеціальної пропозиції
	включаючи	09:35	04:10	05:48	0452	06:06	шліфувальна

	регулювання повітряного зазору						пластина
	Регулювання ходу арматури	04:08	01:40	01:59	01:56	02:26	
7	перегляд на стенді	02:20	01:50	01:35	01:46	01:53	Hartridge IFT-70
8	Разом	42:50	3232	3359	3329	35:43	

Результати дослідження порівнювали з часом виконання стандартної техніки ремонту Bosch EGF Type CR , де середнє значення часу становило 20 хвилин (табл. 5.1).

Проведений порівняльний аналіз часу показав, що запропонована нами технологія займає більше часу на 15-хвилинний ремонт, ніж стандартна технологія. При розрахунку річного обсягу відремонтованих типів EGF CR фірми Bosch на базі НВФ ТОВ « Башдизель » за стандартною технологією було 1500 форсунок, за новою – в 1,7 рази менше (882). Враховуючи те, що вартість ремонту запропонованої нами технології нижча, річний економічний ефект розраховувався за формулою:

$$Ent = (ЗП_{баз} - ЗП_{нов.}) N_{нов} \quad (5.1)$$

де E_{nt} – економічний ефект від удосконаленої технології, грн.;

ЗП- $_{основи}$ – вигода від ремонту ЕФР за базовою технологією, грн.;

ZP_{nov} – прибуток від ремонту EGF за вдосконаленою технологією, грн.

N_{new} – річний обсяг виробництва продукції за вдосконаленою технологією, од.

Таблиця 5.2

Вартість ремонту форсунки за стандартною та передовою технологією

НІ	витрати на ремонт	Вартість ремонту однієї форсунки за базовою технологією (від $_{баз}$), грн.	Вартість ремонту форсунки за вдосконаленою технологією (з $_{нової}$), грн.
1	Запасні частини, в т.ч.	6110	2110
	фторопластова шайба	100	100
	куля сідла клапана	10	10
	гайка розпилювача	500	500

	розпилювач	1500	1500
	сідло клапана зі штоком	4000	-
2	витрати виробництва	90	140
3	накладні витрати	50	50
4	Разом	6250	2300

Підставляючи у формулу (5.1) значення з табл.5.2, отримуємо:

$$E_{н м} = (2250 - 1\ 750) \cdot 882 = 550\ 000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від впровадження вдосконаленої технології для підприємства становитиме 550 тис. грн

Таблиця 5.3

Вартість ремонту з урахуванням терміну служби відремонтованої форсунки

НІ	показники	Базовий варіант технології ремонту	Покращена версія технології ремонту
1	Вартість ремонту 1 форсунки, грн.	6250	2300
2	Вигода від 1 насадки, грн.	1750 рік	2250
3	Вартість ремонту 1 форсунки, грн.	8000	4550
4	коефіцієнт К, який враховує термін служби	1	1

Рентабельність розраховували за такою формулою:

$$E = (C_{\text{- основи}} / K_1 - Cudos / K_2) \cdot n ; \quad (5.2)$$

де Е - Економічна ефективність ремонту комплекту форсунок за новою вдосконаленою технологією порівняно з базовою технологією, грн.;

$C\text{-}_{Basic}$ та $C\text{-}_{UDOS}$ – вартість ремонту однієї форсунки за базовою або вдосконаленою технологією, грн.;

$К_1$ і $К_2$ – коефіцієнт враховує термін служби відремонтованої форсунки за базовою або вдосконаленою технологією;

n - кількість насадок в комплекті, шт.

Економічна ефективність результатів досліджень пов’язана зі збільшенням ресурсу відновленого після ремонту ресурсу до 100 %, що враховується коефіцієнтом $К_2$.

Якщо у формулу (5.2) підставити значення з таблиці 5.3 і припустити, що середня кількість форсунок у комплекті дорівнює 4, то отримаємо:

$$P = (8000 / 1 - 4550 / 1) 4 = 13800 \text{ грн.}$$

Виходячи з цього, приходимо до висновку, що при ремонті EGF стандартного 4-х циліндрового дизеля за вдосконаленою технологією економія складе 13800 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Перспективним напрямком удосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем дизелів тракторів і комбайнів є використання засобів електронного регулювання основних характеристик керування подачею палива в процесах технічного обслуговування та ремонту .

2. Для забезпечення працездатності EGF типу CR розроблено інформаційну модель, яка пояснює принципи індивідуального електронного регулювання параметрів подачі палива, що забезпечує збільшення частоти ремонту та технічних впливів.

3. Розроблено математичну модель роботи електрогідравлічного інжектора, яка визначає залежність тривалості керуючого імпульсу від структурно - регуляторних параметрів ЕФР. Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера показала позитивну збіжність на рівні значущості 95%.

Визначено допустимі відхилення тривалості керуючого імпульсу за різних режимів роботи ЕФР, відремонтованого за запропонованою технологією ремонту компанії Bosch.

4. Вдосконалено технологію ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем, що відновлює ресурс до 100% при зниженні витрат на ремонт в 1,5 рази.

5. Вартість ремонту з урахуванням терміну служби відремонтованої 1 форсунки за базовою технологією становить 6250 грн., за вдосконаленою - 2300 грн. При ремонті EGF стандартного 4-х циліндрового дизеля за вдосконаленою технологією економія становить 13800 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобильный справочник Bosch, перевод с англ. М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.

2. Аллилуєв В.А., Ананьїн А.Д. , Михлін В.М Експлуатація машинно-тракторного парку. - М: Агропромиздат , 1991. - 367 с.

3. Астахов І.В., Голубков Л.Н., Трусов В.І. та ін Системи та економіка Дизельні двигуни - М.: Машинобудування, 1990. - 288 с.

4. Баширов П.М., Галіуллін П.П. Регулювання Паливопостачання в тракторних дизелях / БДАУ, 2008. -184 с.

5. Баширов П.М., Кислов В.Г., Павлов В.А., Попов В.Л. Надійність обладнання тракторів і комбайнів Дизелі / М.: Машинобудування, 1987. - 184 с.

6. Бєлявцев А.В. , Процеров А.С Обладнання автотрактори Дизелі / М.: Росагропромиздат , 1988. - 223 с.

7. Блинов А.Д., Голубєв , Драган Ю.Е. та ін Ред . Папонова ВС і Мінєєва А.М. - М.: НДІ « Інженер », 2000. - 332 с.

8. Вахітов Р. А. Оцінка економічно ефективність технології ремонт електрогідравлічний тип насадки Разом залізниця компаній Bosch / Валієв А. Р., Давлетов А. Ф. // Вісник з башкир Державний аграрний університет . -2011. - № 3. С. 45-48.

9. Веденяпін Г.В. Загальна методика експерименту дослідження та обробка експериментальний Дані / М.: Колос , 1973. - 199 с.

10. Вигерт М.М. , Мазінг М.В Обладнання автомобільний Двигуни : конструкції і параметри / М.: , 1976.- 176 с.

11. Власов П.А експлуатації дизель пальне Техніка / М.: Агропромиздат , 1987. - 127 с.

12. Габитов І. І. Удосконалення оперативний показники пальне обладнання сільськогосподарський дизельні двигуни між іншим науковий Обґрунтування та впровадження в ремонт виробництва технологічно процеси , методи та засоби іагностика - СПб.: СПбГАУ , 2001.-322 с.

13. Габитов І.Ю., Грехов Л.В., Неговора А.В. Тех обслуговування та діагностика пальне обладнання автотрактори Дизельні двигуни : М.: Легіон-Автодата , 2008. - 248 с.

14. Габитов І.Ю., Неговора А.В. Паливне обладнання автотракторних дизельних двигунів . – БДАУ, 2004, – 216 с.

15. Габитов І.І. Аналіз несправності Тип електрогідравлічних форсунок Разом Рейка / Вахітов Р.А., Валієв А.Р. // Трактори та сільськогосподарські машини - 2011. - Вип.№11 - С. 41-43.

17. Голубков Л. Н., Севастенко А. А., Еміль М. В. Паливо насоси високого тиску розповсюдження Вид - М.: Легіон-Автодата , 2000. – 176 с.

18. ГОСТ 9450-76. Вимірювання мікротвердості - М: Вид-во Стандарти , 1976.

19. ГОСТ 18509-88. Дизель Трактори та зернозбиральні комбайни . методи банку Тести / М.: Вид -во стандартов , 1988. - 70 с.

20. ГОСТ 8670-82 Насоси палива високого тиску автотракторних дизелів / М.: Вид -во стандартів , 1982. - 5 с.

21. Грехов Л. В. Накопичувальний пальне системи двигуни внутрішнього згорання . - М: Видавництво МГТУ ім . Н. Е. Баумана , 2000. – 64 с.

22. Грехов Л.В., Риващенко Н.А. , Марков В.А Пристроїв і системи управління дизелів : підручник для вузів / 2 - е вид . - М: Легіон-Автодата , 2005. - 344 с.

23. Грехов Л. В., Габитов І. І., Неговора А. В. Проектування , розрахунок і технологія обслуговування тогавоподающие системи дизелів : Навч Посібник .- М: Легіон-Автодата , 2013.- 340 с.

24 . Двигуни внутрішнього згоряння : Системи поршневий і комбінований Двигуни . Підручник для вузів з дисципліни « Двигуни внутрішньо Горіння »/ С. ІЧ. Єфімов , Н. А. Іващенко , В. І. Івін та ін ; під. ред. ALS. Орлина, М. Г. Круглова. – 3-тє видання , перероблене . і доп.- М.: Машинобудування, 1985.- 456 с.

25. Двигуни внутрішнього згоряння : Теорія поршневий і комбінований двигуни . Підручник для студентів вузів з дисципліни « Двигуни внутрішнього

згоряння » / Д. Н. Вирубов , Н. І. Іващенко , В. І. Івін та ін .; ред . І. З. Орлина, М. Г. Круглова. – 4-е вид ., перероб . і доп. - М.: Машинобудування , 1983. - 372 с.

26. Діагностика і техніка Технічне обслуговування автомобілів : Підручник для студ вищий навчальний заклад / [А.Д. Ананьїн , В.М. Михлін , І.І. Габитов та ін .]. – М.: Видавничий центр « Академія », 2008. – 432 с.

27. Електрогідравлічні клапани впорскування палива системи Разом Залізниця / А. Г. Габбасов , А. І. Козєєв , А. Р. Валієв , А. Р. Ямілєв // Наук Безпека стабільний Функціонування та розвиток аграрної промисловості: Матер Всерос наук. - практ. конф . - 2009. - С. 31-32.

28. Дизель пальне Обладнання / П. М. Кривенко, І. М. Федоров. - М.: Колос, 1970. - 536 с.

29. Дизель пальне Системи з електрон Менеджмент : теорія і практика . Додаток / Н. І. Іващенко В.І. Вагнер Л.І. Грехов . - Барнаул: Видавництво АлтГТУ , 2000. - 112 с.

30. Дизель перезаряджається пальне системи : посіб . Додаток : пер. з англ. - М.: Легіон-Автодата , 2005. - 47 с.

31. Кульчицький А. Р. Токсикоз автомобільно - тракторний Двигуни . Володимир: Изд -во Владимирского Хвороба ун-т , 2000. – 256 с.

32. Єфімов С.І., Іващенко Н.А. Орлина А. С., Круглова М. Г. Двигуни внутрішньо Горіння : Системи поршневий і комбінований Двигуни . – Видання 3-є , перероблене . і доп. - М. Машинобудування , 1985. – 456 с.

34. Іващенко Н. А., Вагнер В. А., Грехов Л. В. Дизельне пальне системи з електронного управління: Вид- во АлтДТУ імені І. І. Ползунова , 2000. - 111 с.

35. Інструкція з експлуатації . КМА 802/822. опис пристрій Роберт Bosch GmbH . Автомобіль Післяпродажне обслуговування . Перевірте Обладнання . 1 689 979 674 UBF 851/3 De, En, Fr, Sp, It (22.05.2002). Роздрукований в Німеччина .

36. Кислов В.Г., Баширов П.М., Попов В.Я. пальне насоси розповсюдження Вид / М.: Машиностроение , 1975. - 176 с.

37. Кислов В.Г., Кошман Є.І., Попов В.Я., Ісаєв А.І., Бахтіяров Н.І. та ін. Проектування та виготовлення. пальне обладнання трактори Дизелі / М.: Машинобудування , 1972. - 302 с.

38. Кобзєв А.К., Марков В.Р., Койчев ВС, Газізов І.І. Енергетична система. автотрактори Дизель Двигуни для сільського господарства (обладнання , робота та керування) : Навч посібник - М.: Колос;: АГРУС, 2008. - 220 с.

39. Проектування, дослідження та експлуатація системи паливопостачання автотракторів Дизельні двигуни [Текст] / М-во сел . УРСР, станиця Ульянівська - х.ін -т; [Редкол .: Баширов Р. М. (опт . ред.), Лишевський А. С., Трусов В. І., Хачіян А. С., Антипов В. В., Ісаєв А. І., Юлдашев А. К.]. - Ульяновськ : [УСКИ], 1976.-176 с.

40. Костін А.К., Пугачов Б.П., Кочієв Ю.Ю. працювати дизель в умовах Експлуатація / Л.: Машиностроение , 1981. - 284 с.

41. J.Long V. Розширення Мікропроцесорні системи / М.: Машинобудування, 1987.-318 с.

42. Ландау Л. Д., Ліфшиць Є. М. Теоретично Фізика : Педагог Доповнення Т. VI. Гідродинаміка . – 3-тє вид ., перероб . – М.: Наука. 1986. - 736 с.

43. Лишевський А. С. Системи Харчування Дизельні двигуни . - М.: Машинобудування, 1981. -216 с.

44. Марков В. А., Баширов П. М., Габитов І. І. Токсичність тих, хто працював гази Дизельні двигуни . - М.: Видавництво МГТУ ім. Н. Е. Баумана , 2002. - 376 с.

45. Марков В.А., Дев'янін С.Н., Семенов В.Г., Шахов А.В., Багров В.В. Овочі масел і палива до них на основі дизеля Двигуни . - М.: ТОВ « Інженер », НДІ 000 «Оніко-М», 2011. - 536 с.

46. Метали методи механічно і технічно Тести - М.: Изд . Комітет Стандартів , 1970. – 304 с.

47. Мошечников Н. А., Френкель А. І. Узагальн залежності вплив Нормування дизельного палива з урахуванням його токсичності та економічної ефективності Показники // Автомобільна Промисловість 1974, № 11, С. 17–20.

48. Неговора А. В. Паливо Обладнання автотрактори Дизельні двигуни - Повчально-практ Bosch Diesel надбавка.- 2004.- 150 шт.

49. Неговора А. В. Технологічний прийоми призначення оперативний надійність автотрактори Дизельні двигуни / Монографія . С- Пб .: Видавництво СПбГАУ , 2003.- 212 с.

50. Неговора А.В., Габитов І.І., Грехов Л.В. Акумулятор паливна система з електрогідравлічним керуванням Дюзе // Трактори та автотранспорт. 2001 – № 7. - С. 14-16.

51. Ніколаєнко А.В. удосконалення ПЕК і екологія показники автотрактори Двигуни . Л,: ЛСЬКИЙ, 1990. - 46 с.

52. Про чистоту при роботі з дизельними системами Двигуни . Сервіс Телеграма . Роберт Bosch GmbH , пр автоорудування : автомобільне : легкові / вантажні автомобілі

53. Патент 2159864 F 02M 65/00 Інжектор з електрогідравлікою Контроль систем паливопостачання накопичувачів / Баширов П. М. , Габитов І. Ю., Динісламов М. Г., Гаянов М. Р. , Гафуров М. Д., Неговора А.В.

54. Підживлення та обприскування Паливо в дизелях / під. ред. І. Н. Астахова - М.: Машинобудування , 1972. -359 с.

55. надійність функції прецизійне парове паливо обладнання Дизелі / Н. І. Бахтіяров , В. ІГА. Логінов , І. І. Лихачов . М.: Машиностроение , 1972. - 200 с.

56. Попов ВС, Миколаїв С.А. Електротехніка . - М.: Енергія , 1986. - 90 с.

57 презентація компаній Bosch автомобільний вторинний ринок Концепція ремонт форсунки Конфіденційно I AA/MKD | 15.05.2009 | © Роберт Bosch GmbH 2009.

58 Положення Паливопостачання в тракторних дизелях : учеб . стипендія для вузів / Р. М. Баширов , Р. Р. Галіуллін ; Башкирський ГАУ. – Уфа: БДАУ, 2008. – 184 с.

59 режим функції двигуни повний енергії Тракторов / [Н. МІТ. Ждановський та ін .]. - Л.: Машиностроение , 1981. - 240 с.

60. Ремонт дизельних двигунів сільськогосподарські позначення / П. М. Кривенко, І. М. Федосов , В. Н. Авер'янов . - М.: Агропромиздат , 1990. - 271 с.

61. Ремонт і регулювання пальне обладнання тракторів і комбайнів Двигуни / Б. П. Загородських , В. І. Н. Батько - М.: Россельхозиздат , 1986. - 139 с.

62. Ремонт і регулювання пальне обладнання двигуни Трактори і комбайни / В. В. Антипов , Б. І. Гоголєв , Б. П. Загородських . - ред . 2-я редакція і доп. - М.: Россельхозиздат , 1978. - 127 с.

63. Ремонт і техніка обслуговування системи Харчування автотрактори Другий телефон : навчальний Допомога для сільських профтехучилищ і навчання Робітники виробництва / П. М. Кривенко, І. М. Федосов . - М.: Колос, 1980. -288 с.

64. Ремонт дизельних двигунів сільськогосподарські позначення / П. М. Кривенко, І. М. Федосов , В. Н. Авер'янов . - М.: Агропромиздат , 1990. 271 с.: іл .

65. Руководство по испытанию и регулировке топливной аппаратуры тракторных, комбайновых и автомобильных дизелей. - М.: ГОСНИТИ, 1990. - с.186

66. Системи ін'єкція пальне Bosch - компанія для навколишнього середовища сумісний Дизель двигателей , Robert Bosch GmbH , Штутгарт, виробництво відділ K5 . – 1994. – 46 с.

67. Сучасник Підходи до творення дизель для легкових автомобілів легкові та мікроавтобуси ЛКВ / А. Д. Блинов , П. А. Голубєв , Ю.Є. Драган та інші . ред . ВС Папонова і АМ Мінєєва . - М.: НДІ « Інженер », 2000. - 332 с.

68 . Технологія контролю та відновлення Навколишнє середовище показники Дизель в умовах Операція М.: ГОСНИТИ, 1994. - 88 с.

69. Паливо обладнання автотрактори дизелі : довідник / Б. Н. Фінелаб . - Л.: Машиностроение , 1974. - 264 с.

70. Паливо Обладнання автомобільно - тракторний Дизельні двигуни : практич Менеджмент / В. Марков , В. Тимщенко, І. Риндін . - Батайськ : ПОНЧиК , 2001. - 76 с.

71. Паливо Обладнання автомобілі Дизельні автомобілі. Обладнання та обслуговування . – Мн.: « Автостиль », 2003. – 112 с.

72. Паливо Обладнання тракторів і комбайнів Двигуни . Н.І.Бахтіяров , А.І.Н. Бєлянцев , А. Н. Карамашев . - М.: Колос, 1980. 159 с.

73. Паливо системи Дизельні двигуни з насос-форсунками та індивідуальними ТНВД. Переклад з англійської . Освітній Посібник - М.: ЗАТ « Легіон-Автодата », 2009. - 48 с.

74. Фейнлейб Б.Н. Обладнання автотрактори Дизельні двигуни . Л.: Машиностроение , 1990. - С. 352.

75. Електронний управління Дизель Двигуни . Переклад з англійської . Освітній Посібник - М.: ЗАТ « Легіон-Автодата », 2006. - 96 с.

76. Бош автомобільний Довідник / Роберт Bosch GmbH ./ Роберт Bosch , 2004. – 320 с.

77. Бош діагностика ESI [tronic] Автомобільний . Діагностика I Техніки : A, C, D, E, F, K, M, P, W. - Роберт Bosch GmbH . Bosch автомобільний Післяпродажне обслуговування . D-76225 Карлсруше , 2005/1.

78. Денсо . електронні Технічно обслуговування Інформація , 2002.

79. Diesel Accumulator Fuel-Injection System Common Rail: Bosch Technical Instruction Robert Bosch, Bentley PublishersBentley Pub, 1999 – 49 p.

80. Diesel Common Rail and Advanced Fuel Injection Systems. Philip J. G. Dingle, Ming-Chia Lai. Society of Automotive Engineers, Incorporated, 2005. - 137 p.

81. Diesel Emissions and Their Control. W. Addy Majewski, Magdi K. Khair. SAE International. 2006. -561 p.

82. Diesel Engine Management: An Overview: Bosch Technical Instruction /Robert Bosch/ BENTLEY ROBERT Incorporated, 2003. - 132 p.

83. Diesel-Engine Management /Robert Bosch GmbH./ Robert Bosch GmbH, 2005. - 490 p.

84. Diesel fuel injection. /Ulrich Adler/ Robert Bosch GmbH, 1994. - 199 p.

85. Diesel Fuel-Injection Systems Unit Injector System/Unit Pump System: Bosch Technical Instruction/ Robert Bosch. Bentley Pub, 2000. - 73p.

86. Electronic Diesel Control (EDC): Bosch Technical Instruction /Robert Bosch/ Bentley Pub, 2003.-95p.

87. Fuel injection pump model Covec-F. Pub. № EE14E-11190. Service Manual: Adjustment and Inspection. Printing: July 2003. Published by: Bosch K.K.: Sales Automotive Aftermarket Division. Printed in Japan.

88. Fuel injection pump model Covec-T (for Nissan Diesel). Pub. № EE14E-11200. Service Manual: Repair Service and Maintenance. Printing: March 2003.

Published by: Bosch Automotive Systems Corporation: Service Department. Printed in Japan.

89. Fuel injection pump model Covec-T (for Nissan Diesel). Pub. № EE14E-11210. Service Manual: Construction and Operation. Printing: June 2003. Published by: Bosch Automotive Systems Corporation: Service Department. Printed in Japan.

90. Fuel injection pump model VRZ. Pub. № EE14E-11161. Service Manual: Repair Service and Maintenance. Printing: July 2003. Published by: Bosch K.K.: Sales Automotive Aftermarket Division. Printed in Japan.

91. Internal combustion engine fundamentals. /John B. Heywood/, McGraw-Hill, 1988.-930 p.

92. Kamimoto T., Yokota H., Kobayashi H. Effect of High Pressure Injection Soot Formation in a Rapid Compression Machine to Stimulate Diesel Flames / SAE Technical Paper Series. - 1987. - №871610. -P. 9.

93. Kourosh Karimi, Characterization of Multiple-Injection Diesel Sprays at Elevated Pressures and Temperatures, School of Engineering, University of Brighton, 2007.

94. Mollenhauer K., Tschoeke H. (eds.), Handbook of Diesel Engines, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

95. Operating Instructions. Injection pump test bench EPS 807/815. Robert Bosch GmbH. Automotive Aftermarket. Test Equipment. 1689 979 672 UBF 851/1 De,En,Fr,Sp,It (03.12.2003). Printed in Germany.

96. Operating Instructions. KMA 802/822. Description of unit. Robert Bosch GmbH. Automotive Aftermarket. Test Equipment. 1689 979 674 UBF 851/3 De,En,Fr,Sp,It,Sv (2005-02-28). Printed in Germany.

97. Paul Dempsey, Troubleshooting and Repairing Diesel Engines, 4-th edition, 2008.

98. Service Information S.I. 442 1/6. PFR-KX and PFR-MD type injection pump: part number and production stamping. Printing: July 2003. Published by: Bosch Group.

99. Technical Publication: Технические условия на эксплуатационные материалы. A001061/30R (для всех серий двигателей MTU и судовых двигателей DDC серии S60).

100. Technical Service Training. Diesel Injection and Engine Management 23/E. Diesel Injection Systems. Delegate Information 2. CG 7662/s en 9/96.

101. Technical Service Training. New Product Introduction 00/284. Transit Diesel Injection Systems. Delegate Information 2. CG 7653/s en 9/96.

102. tps.yaroslavl.ru - Официальный сайт группы «ГАЗ» Дивизион «Двигатели» (ОАО «Ярославский завод дизельной аппаратуры» и ОАО «Ярославский завод топливной аппаратуры»)

103. www.bosch.ru – Офіційний сайт компанії Bosch .

104. www.denso.ru – Офіційний сайт компанії Denso .

105. www.delphi.com – Офіційний сайт компанії Delphi .

106. www.delphidirectevolution.com – Офіційний каталог запчастин частин компаній Delphi .

ДОДАТКИ

ПРИЙНЯТІ ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ:

АЦП - аналого-цифровий перетворювач;

АВВП - автоматичне випередження вприска палива;

БХКП - базові характеристики керування паливоподачі;

КЗ – камера згорання;

ЛНТ та ЛВТ-ліній низького та високого тиску;

МТС - машинно-технологічні станції;

РЛВ - ролико-лопатевий витратомір;

ВГ – відпрацьовані гази;

ПА – паливна апаратура;

ПННТ та ПНВТ - паливні насоси низького та високого тиску;

ТО – технічне обслуговування;

ППН - паливопідкачувальний насос;

ПС - паливна система;

ПА - паливоподаюча апларатура;

ТЕП – техніко-економічні показники;

g_u - об'ємна циклова подача палива, мм'/цикл;

$Q^{керув}$ - витрата палива на керування, мм / циклу

$Р_{впр}$ або $Р_{ф\ мах}$- тиск впорскування, МПа;

θ або КВВП - кут випередження впорскування палива, град;

μf або ЕПС - ефективний прохідний перетин форсунки (розпилювача), $мм^2$

АПК - агропромисловий комплекс;