

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.12 – КМР. 1856-С* 2020.11.25. 005 ПЗ

СОЛОХНЕНКО ІГОР ЮРІЙОВИЧ

2021 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) конструювання та дизайну

НУБІП України

УДК 621.793.09

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан факультету

конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

Завідувач кафедри

надійності техніки

(назва кафедри)

НУБІП України

“Ружило З.В.”
(підпис) (ПІБ)

2021 р.

“Новицький А.В.”
(підпис) (ПІБ)

2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему „Удосконалення технології ТО та ремонту форсунок паливних систем
Common Rail автотракторних двигунів”

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)

НУБІП України

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Новицький А.В.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Попик П.С.
(ПІБ)

НУБІП України

Виконав

(підпис)

Солохненко І.Ю.
(ПІБ студента)

НУБІП України

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ 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

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Солохненко Ігор Юрійович

(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 „Удосконалення технології ТО та ремонту форсуно паливних систем Common Rail автотракторних двигунів”

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ 25 ” листопада 2020 р. № 1856 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2021/11/15

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи 1. Конструктивні особливості і характеристики дизельних форсунок автотракторних двигунів. 2. Сучасні технології відновлення роботоздатності дизельних форсунок. 3. Технологічні особливості проведення підготовки поверхонь деталей до відновлення. 4. Нормативи витрат матеріалів для проведення технологічного процесу відновлення та обробки деталей. 5. Номенклатура обладнання, що застосовують при проведенні ремонтних робіт по відновленню 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 паливної апаратури автотракторних двигунів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз конструктивних особливостей деталей електро гідравлічних форсунок дизелів та факторів, що визначають довговічність їх роботи.

2. Проаналізувати особливості сучасних технологій відновлення роботоздатності деталей електро гідравлічних дизельних форсунок.

3. Аналітично дослідити взаємодію пари голка розпилювача – корпус розпилювача.

Перелік графічного матеріалу (за потреби). Схеми пристосування для вимірювання якоря форсунок.

Дата видачі завдання “ 08 ” вересня 2020 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Попик П.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Солохненко І.Ю.

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА

ЗАВДАНЬ..... 10

1.1 Вплив параметрів паливоподачі на техніко-економічні та екологічні показники дизеля..... 10

1.2 Аналіз зміни параметрів паливоподачі форсунок типу Common Rail в процесі експлуатації випробування..... 22

1.3 Аналіз способів та технологій ремонту та випробування форсунок типу Common Rail..... 26

1.4 Аналіз вимірювальних пристроїв, що застосовуються під час ремонту форсунок типу Common Rail..... 32

2 РОЗРАХУНОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ ЕГФ..... 35

2.1 Інформаційна модель забезпечення праездатності ЕГФ..... 35

2.2 Методика індивідуального коригування базових характеристик управління паливоподачею ЕГФ при технічному обслуговуванні..... 37

2.3 Математична модель для визначення тривалості керуючого імпульсу ЕГФ типу Common Rail..... 38

2.4 Розрахункові дослідження щодо визначення допускових відхилень тривалості керуючого імпульсу при різних режимах роботи ЕГФ типу Common Rail фірми Bosch..... 47

2.5 Розробка дистанційного індикатора для вимірювання малих пере-приміщень при ремонті та регулюванні паливної апаратури дизелів..... 49

2.6 Висновки з 2 розділу..... 51

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ..... 53

3.1 Загальна методика експерименту..... 53

3.2 Обладнання та апаратура досліджень..... 53

3.3 Експериментальні установки та датчики..... 63

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 68

4.1 Удосконалення технологій ремонту ЕГФ типу Common Rail..... 68

4.2 Дослідження зкопютаційних показників ЕГФ типу Common Rail для використання в запропонованій методиці електронної корекції базових характеристик управління паливо проводом..... 72

НУБІП України

4.3 Дослідження щодо визначення експлуатаційних показників ЕГ Ф типу Comm Rail фірми Denso..... 72

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ..... 75

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ..... 79

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 80

ДОДАТКИ..... 92

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПРИЙНЯТІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ:

АЦП - аналого-цифровий перетворювач;

АВВП - автомат випередження вприска палива;

БХУП - базові характеристики управління паливоподачі;

КЗ - камера згорання;

ЛНТ та ЛВТ - лінії низького та високого тиску;

МТС - машинно-технологічні станції;

РЛВ - ролико-лопатекий 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 апаратура;

ТЕП - техніко-економічні показники;

g_u - об'ємна циклова подача палива, мм³/цикл;

$Q_{упрВ}$ - витрата палива на управління, мм / циклу

$P_{впр}$ або $P_{ф тах}$ - тиск впорскування, МПа;

θ або $\theta_{ОВТ}$ - кут випередження впрісека палива, град.

I_f або $E_{ПС}$ - ефективний прохідний перетин форсунки (розпилювача), мм?

АПК - агропромисловий комплекс;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. З кінця 90-х років у дизелях автотракторної та сільськогосподарської техніки найбільше застосування отримують акумуляторні паливоподаючі системи (ПС) типу Common Rail (CR), де одним із найважливіших елементів є електрогідролічна форсунка (ЕГФ). Конструкції форсунок динамічно вдосконалюються, зокрема, еволюція конструкцій ЕГФ ПС типу CR фірми Bosch за останні десять років вже нараховують чотири покоління.

У процесі експлуатації параметри паливоподачі ЕГФ змінюються, що в свою чергу впливають на якість роботи двигуна. В даний час заявлений ресурс роботи ЕГФ дизельного двигуна становить близько 100 000 км пробігу або 2500 мотогодин. Малий опит експлуатації ПС типу CR, постійне вдосконалення їх конструкцій пояснює наявність порівняно невеликої інформації про їхню працездатність у експлуатації і поки ще ускладнює досить достовірну оцінку їх експлуатаційних показників. У зв'язку з невеликим терміном виробництва таких систем фірмами - виробниками не повністю відпрацьовані досить раціональні технології та засоби для ремонту подібних систем в умовах зосередження спеціалізованих ремонтних підприємств і відносно дуже дорогих запасних частин.

Слід зазначити, що великі територіальні простори України зумовлюють складність контролю за дотриманням нормативних вимог до якості палива на різних заправках різних звичних компаній у сільській місцевості. Дослідженнями встановлено, що навіть в єдиних випадках використання неякісного палива ймовірність відмов паливних систем CR у порівнянні з традиційними системами значно вище.

Ступінь розробленості. Згідно заводської технології ремонту, встановлення вузлів ЕГФ, що відмовили, не передбачено, і ті вузли підлягають заміні. Убагато в чому пояснюється, на наш погляд, не виправдано висока собівартість ремонту ЕГФ. Технології технічного обслуговування ЕГФ передбачають оцінку та налаштування єдиних для всіх ЕГФ контрольних параметрів. Практично не використовуювані можливості електронного керування паливоподачею при регулюванні. Не відпрацьовані питання електричного коригування базових

НУБІП України

характеристик управління паливоподачею відремонтованої ЕГФ з виділенням ідивідуальх особливостей кожної форсунки.

У зв'язку з цим наукове дослідження, направлене на вдосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок, в тому числі на основі зміни базових характеристик управління паливоподачею (БХУП) дизельних двигунів представляються актуальними і практично значущими.

Мета роботи. Удосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок поліпшення технологій ремонту клапанного вузла і коригуванням базових характеристик управління паливоподачею.

Об'єкт дослідження. Електрогідравлічна форсунка акумуляторних паливоподавальних систем автотракторних та комбайнових дизелів.

Предмет дослідження. Технологій технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем автотракторних і комбайнових дизелів.

Наукова новизна роботи:

- інформаційна модель забезпечення працездатності ЕГФ типу CR, пояснюючи індивідуального електричного коригування параметрів топливopoдачі, що забезпечує збільшення періодичності ремонтно-технічних впливів; математична модель процесу роботи електрогідравлічної форсунки, що встановлює залежність тривалості керуючого імпульсу від конструктивно-регульовальних параметрів ЕГФ і дозволяє визначити допустиме відхилення регульованих параметрів при різних режимах роботи;

- удосконалена технологія ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем, що забезпечує відновлення ресурсу до 100% при зниженні собівартості ремонту в 1,5 рази; методика регулювання ЕГФ шляхом коригування базових характеристик управління паливоподачею, що забезпечує розширення допусків до контрольних та складальних параметрів ЕГФ.

Теоретична та практична значимість. Технологія відновлення клапанного вузла ЕГФ типу CR;

НУБІП України

- Дані за експлуатаційними показниками сучасних паливопроводів систем типу CR автотракторних та комбайнових дизелів.

Методологія та методи досліджень. Основою дослідження стали методи комп'ютерного математичного моделювання та фізичної обробки експериментальних даних. Експериментальні дослідження проведені з використанням сучасних засобів і обладнання в області випробувань ПС типу CR.

Положення, що виносяться на захист:

- Інформаційна та математична моделі, що визначають вплив різних факторів і параметрів на показники роботи ЕГФ типу CR;
- Технології технічного обслуговування та ремонту електрогидравлічних форсунок акумуляторних паливних систем з використанням індивідуальної електронного коригування базових характеристик управління паливоподачею;
- Результати теоретичних та експериментальних досліджень

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ

1.1 Вплив параметрів паливободачі на техніко-економічні та екологічні

показники дизеля

На сьогоднішній день ДВЗ є основною енергетичною установкою автотракторних та комбайнових дизелів. За вітчизняними та зарубіжними прогнозами, в силу своїх особливих позитивних якостей це становище збережеться в найближчому майбутньому, проте показники дизелів будуть змінюватися. Найважливішими показниками роботи автотракторних та комбайнових дизелів багато в чому визначається якістю роботи паливної системи, до якої висувують ряд досить жорстких вимог, серед них виділяють техніко-економічні та екологічні показники дизеля. Необхідність економної витрати палива обумовлюється виснаженням світових запасів нафти, підвищенням цін на нафтопродукти та викидів в атмосферу CO₂.

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

де b_v - витрата повітря через двигун; G_T - витрата палива; $L_0 = 14,3$ кг/кг - кг теоретично необхідне кількості повітря для згорання 1 кг палива.

При зменшенні коефіцієнта надлишку повітря економічні та екологічні показники дизеля погіршуються, особливо при наближенні до межі димлення ($\alpha = 1,2..1,3$).

Відповідно до ГОСТ10578-96 відхилення годинної або середньої циклової подачі на номінальній частоті обертання його валу або частоті обертання, відповідає максимальному крутному моменту при регулюванні на стенді, для автотракторних дизелів має виходити межі $\pm 1,5\%$.

Загальноприйнятими показниками паливної економічності дизелів є питома ефективна витрата палива на режимах зовнішньої швидкісної характеристики на режимах номінальної потужності і максимально крутного моменту. Мінімальна витрата палива становить $\epsilon_e = 190-192$ г/(кВт * год) для зарубіжних дизелів, а для вітчизняних складає $g_v = 210-230$ г/Вт * год).

НУБІП УКРАЇНИ

Іншим найважливішим параметром паливоподачі є кут випередження впорскування палива, що визначає тривалість та розташування ділянки згорання щодо ВМТ поршня і, як наслідок, величину питомої ефективної витрати палива, динамічні показники процесу згорання. Оптимальна величина θ (в град.п.к.в.) залежить, крім конструктивних особливостей двигуна, та від режиму його роботи. Тобто, кожному режиму роботи відповідає своє оптимальне з погляду паливної економічності значення θ .

НУБІП УКРАЇНИ

За даними Долганєва К.Є. та Головчука О.Ф. зменшення θ на 10° п.к.в. на номінальному режимі в дизелях з нерозділеною камерою згорання (приведених зниження NO_x в ОГ на 60% при одночасному погіршенні паливної економічності на 10% та збільшення викиду сажі на 100%).

НУБІП УКРАЇНИ

Основними параметрами паливоподачі поряд з цикловою подачею та кутом випередження впорскування є характеристикою впорскування (закон подачі) та характеристика тиску впорскування. Закон подачі палива суттєво впливає на характер перебігу процесу згорання. Взаємозв'язок періоду затримки займання та початкової фази закону подачі палива визначає динаміку процесу згорання. При традиційних паливних системах безпосередньої дії у міру зниження навантажень та частоти обертання двигуна знижується середній тиск впорскування і, в результаті, погіршується закон паливоподачі і, як наслідок, знижується економічність роботи двигуна. В акумуляторних ПС тиску і характеристика впорскування керується електронним блоком керування.

НУБІП УКРАЇНИ

Таким чином, техніко-економічні та екологічні показники двигуна значною мірою визначаються параметрами паливоподачі, які в процесі експлуатації змінюються, що згодом призводить до погіршення якісних показників роботи дизеля.

НУБІП УКРАЇНИ

Другим за значимістю показником роботи двигуна є токсичність відпрацьованих газів (ВГ), кількість викиду двигуном, шкідливих речовин. На сьогоднішній день до зниження ВГ дизелів надають велику значимість у зв'язку з розширенням сфери їх застосування та збільшенням загальної кількості автомобілів, автобусів та інших машин з дизельними силовими установками, зокрема, ВГ автотракторних та комбайнових дизелів скорочують урожайність до

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

25% і знижують якість сільськогосподарських культур. Тому вводяться обмеження з їхньої викиди ВГ. Норми на токсичність ВГ, прийняті у багатьох країнах, встановлюють максимально допустимі питомі масові викиди токсичних речовин

НУБІП України

(NO_x , CO, CH_x , ТЧ). В Україні крім раніше чинних норм - ОСТ37.001.234-81, ОСТ 37.001.054-86 запроваджуються загальноєвропейські норми на токсичність ВГ транспортних дизелів:

- Євро 1 (з 1 липня 1992 р. введення в Європі);

- Євро 2 (з 1 січня 1996 р.);

- Євро 3 (з 1 січня 2000 р.);

- Євро 4 (з 1 січня 2005 р.);

- Євро 5 (з 1 січня 2009 р.).

НУБІП України

Згідно з дослідженнями, проведеними фірмою Bosch, виконання норм викидів речовин з ВГ автотракторних та комбайнових дизелів Euro 2, Euro 3 в загальному забезпечувалося десятима основними заходами, з яких шість відносяться до паливної апаратури (ПА). Тобто 60% заходів викидів ВГ автотракторних та комбайнових дизелів залежать від ПА.

НУБІП України

Норми токсичності Euro 4 введені в Європі у 2005 році порівняно з нормами Euro 3 зменшили РМ - в 1,67 рази, CO - в 1,28 рази, HC + NO_x , - в 1,87 рази. Також слід зазначити, що жорсткі вимоги до токсичності ВГ призвели до зміни стандартів та розроблення певних вимог до дизельного палива, зокрема, за щільністю, в'язкістю та вмістом сірки.

НУБІП України

У цьому зв'язку можна виділити ряд основних напрямків вдосконалення ПА сучасних дизелів у галузі підвищення економічності та зниження токсичності ВГ є заходи щодо модернізації системи паливоподачі (ПП) та оптимізації робочого процесу, підвищення тиску впорскування, електронне управління ПП, управління характеристикою впорскування, розробка акумуляторних систем (зокрема CR), використання альтернативних палив, забезпечення функціонування ПА у реальних умовах експлуатації, забезпечення стабільності впорскування та малих циклових можливостей. Серед них необхідно виділити електронне управління, яке порівняно з ПА традиційного типу дає більше можливостей.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. Гнучке регулювання циклової подачі, забезпечення заданої зовнішньої швидкісної характеристики;

2. Оптимальне регулювання кута випередження палива, що впорскується

відповідно до режиму роботи;

3. Мінімальна нерівномірність подачі по циліндрах;

4. Відключення циліндрів та циклів працюючих циліндрів на часткових режимах;

5. Система автоматичного керування забезпечує самодіагностику електричних кіл;

6. Автоматизація пуску, збагачення подачі під час пуску, її вимикання на примусовому холостому ході; регулювання на перехідних режимах.

Крім цих основних функцій спеціальні системи мають власні переваги. Все важче виконати жорсткі вимоги викидів шкідливих величин (ШВ) без використання електронного управління. На сьогоднішній день до сучасних типів

дизелів відносяться такі типи паливних систем з електронним керуванням:

1. Рядні двохресні ПНВТ;

2. Індивідуальні ПНВТ із електроклапаном зливу;

3. ПНВТ розподільного типу;

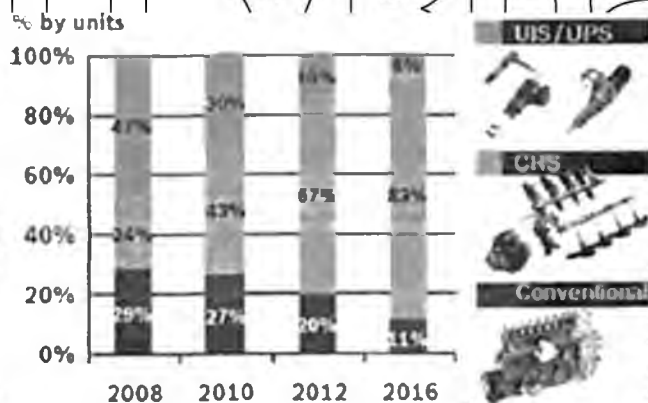
4. Насос-форсунки з електроклапаном зливу;

5. Акумуляторний тип.

Кожна з цих типів ПА мають ряд своїх переваг. Зі зростанням тиску впорскування, одна з провідних фірм з виробництва ПА, фірма Bosch.

(Німеччина) віддає пріоритет ПС типу CR, яка дозволяє керувати УОВТ та подачею по кожному циліндру, тиском та характеристикою впорскування. Згідно

з прогнозом розвитку ПА фірми Bosch у 2016 році основною частиною ПА дизелів становитиме система CR - 83% (Рис 1.1).



НУБІП УКРАЇНИ

Рисунок 1.1 Прогноз розвитку ПНВТ фірми Bosch

Електронне управління у ПНВТ розподільчого типу (VE, VR) було впроваджено ще з 1984 року. У таких насосах використовують одну плунжерну пару для обслуговування від двох до восьми циліндрів, що економить вартість виробів (до 40% вартості паливних систем становлять прецизійні деталі).

Насоси з електронним керуванням можуть забезпечувати індивідуальну по циліндрах подачу, у тому числі відключення циліндрів. ПНВТ VE можуть обслуговувати з числом циліндрів 2, 4, 6, циліндровою потужністю до 25 кВт, частотою до 5000 хв, цикловою подачею до 100 мм³, тиском нагнітання до 60 МПа.

У всіх сучасних ПНВТ регулюються КВВП та змашування здійснюються паливом. Ресурс досягається максимально до 10000 годин, забезпечуючи агрегатну потужність 1000 кВт та більше. Габаритні розміри вдвічі менші, ніж розміри багатоплунжерних насосів, і на 30% менше їх маса. Також в порівнянні з багатосекційними ПНВТ, вони забезпечують кращу рівномірність подачі палива циліндрами.

У ПНВТ розподільчого типу також є недоліки: невеликий ресурс, складність у ремонті (необхідність спеціального обладнання), збільшені втрати у лінії нагнітання.

Рядні дворейкові ПНВТ на відміну від розподільчого типу глибоке регулювання КВВП важче. Регулювання КВВП здійснюється за рахунок конструкції насосної секції та другої рейки було реалізовано у ПНВТ фірми Zexel (Японія), в дослідному ПНВТ МГТУ, фірми Bosch для типів MW та P. Можливе незалежне керування цикловою подачею нижньою рейкою та КВВП верхнім поворотним валом. Є можливість попередньої регулювання КВВП секції шляхом повороту навколо валу розслабленого поводка при знятій заглушці, а також регулювання циклової подачі кожної переміщуючи рейку циклової подачі. За допомогою датчиків переміщення контролюється положення рейки циклової подачі та валу КВВП.

Фірма Bosch випускає насос-форсунки електроуправлінням двох типів: для вантажних втомобілів та легкових автомобілів. На малюнку 1.2 показано насос-форсунка фірми Bosch. На дизелях VW 4СН79,5/95,5 робочим об'ємом 1,9 л,

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

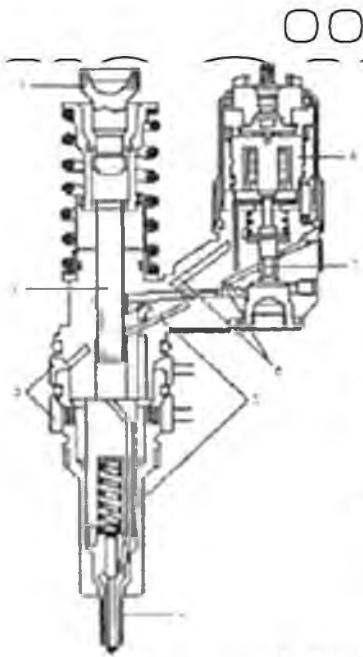
потужністю 85 кВт при $n=4000$ хв, насос - форсунки забезпечують тиск впорскування до 205 МПа. Зазначається, що запальна порція двофазного впорскування досягає 1,5 мм. Зараз вони обслуговують дизелі з циліндровою

НУБІП України

потужністю до 25 кВт і цикловою подачею до 60 мм^3 при $n=4800$ хв. На позапільховиках потужність у циліндрі 45...80 кВт, частота 2400 хв, циклова подача $60...200 \text{ мм}^3$. При цьому максимальний тиск впорскування 200...220 МПа.

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

Рисунок 1.2 Зовнішній вигляд (а) і розріз насос - форсунки (б) з швидкодіючим електромагнітним клапаном фірми Bosch: 1-штоухач; 2-плунжер; 3-порожнини підкачування та зливу; 4-розпилювач; 5-канали високого тиску; 6- канали низького тиску; 7-клапан управління зливом; 8-електромагнітний привод.

НУБІП України

Усі сучасні насос-форсунки мають клапанне керування цикловою подачею та КВВП. Крім регулювання за допомогою електромагнітного клапана момент початку впорскування і величина циклової подачі залежать від реальної швидкості руху плунжера, яка визначається формою кулачка. Навантаження, що виникають при роботі механізму подачі палива, призводять до виникнення крутильних коливань розподільчого валу, що негативно відбивається на характеристиках впорскування та міжциклової стабільності.

НУБІП України

Основними перевагами насос-форсунок є підвищення тиску впорскування за рахунок мінімізації обсягів палива, що стискається, відсутність під

НУБІП України

впорскування, зменшення номенклатури деталей, різке відсічення подачі, менше закоксування та більший ресурс розпилювача, менші витрати потужності,

відсутність необхідності в нагнітальному клапані, зниження запізнення

впорскування щодо нагнітання плунжера, що зменшує розкид КВВП за частотами обертання та зменшує потрібний діапазон його регулювання. А також

забезпечують відносно більш пологий передній фронт подачі, що на свою чергу відповідає екологічним вимогам.

Широке застосування насос-форсунок обмежується наступними недолугами: ускладнені умови компоновання головки, збільшений діаметр форсуночної частини, більше зниження тиску впорскування на часткових

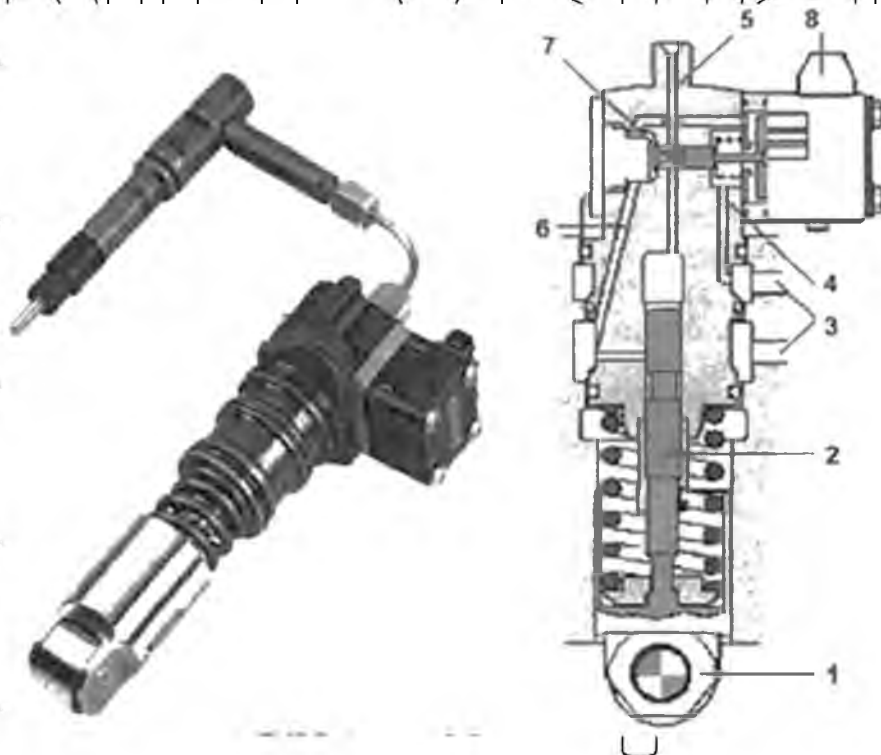
режимах роботи, ускладнені та менш точні умови регулювання рівномірності подачі по циліндрах.

Одним із різновидів сучасних ПС з електронним управлінням є індивідуальний ПНВТ (рисунк 1.3). Особливістю даної конструкції є система

одиночного насоса, об'єднана з форсункою, відсутність механізму повороту плунжера, відсутність золотникової частини у плунжера.

Перевагою є зручності компоновання, обслуговування та регулювання, можливість індивідуальної подачі по циліндрах, також можливо, і здійснення

двофазного впорскування. У ПА з клапанним керуванням використовується звичайна форсунка.



НУБІП УКРАЇНИ

Рисунок 1.3 Зовнішній вигляд (а) та розріз індивідуального ПНВТ: 1-

штовхач; 2-плунжер; 3-порожнини підкачування та зливу; 4-канал відсічення; 5-

канали високого тиску; 6-канали низького тиску; 7-клапан керування зливом; 8-

електромагнітний привід.

НУБІП УКРАЇНИ

ПА з такими насосами - найпростіша, традиційна щодо виробництва та експлуатації та, водночас, ефективна в регулюванні система. Дивно складним та нетрадиційним елементом індивідуального ПНВТ є клапан керування зливом 7 (мал. 1.3).

НУБІП УКРАЇНИ

Принцип роботи CR; аналогічний системі впорскування бензину з електронним керуванням: тиск в акумуляторі постійно, а КВВП і циклова подача регулюються фазою та тривалістю відкриття форсунки. Однак режими, умови роботи, вимоти інші. Отже, і конструкція значно складніша.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

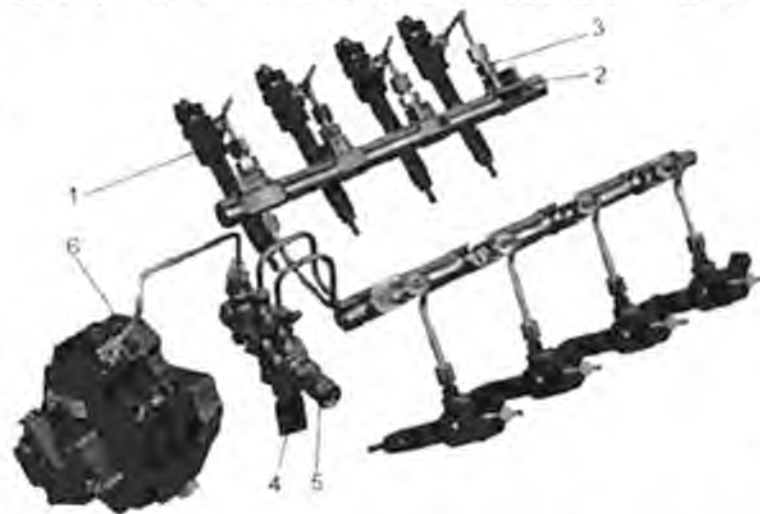


Рисунок 1.4 Зовнішній вигляд автомобільної ТПС CR фірми Bosch

1-форсунка; 2-корпус акумулятора; 3-аварійний обмежувач подачі; 4-датчик тиску; 5-запобіжний клапан; 6-ПНВТ.

НУБІП УКРАЇНИ

На рисунку 1.4 представлений зовнішній вигляд основних механічних елементів автомобільної ТПС CR фірми Bosch. Такі системи не ускладнюють головку циліндра, як насос-форсунки, легше, ніж будь-які альтернативні, компонується на двигунах різних кінематичних схем. Найважливішим елементом акумуляторної системи є ЕТФ (рис. 1.4). Процес

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

паливоподачі регулюється швидкодіючим електромагнітним клапаном, який відкриває та закриває запірний клапан, регулюючи процес впорскування у кожному циліндрі. Кількість палива, що впорскується при постійному тиску в паливному акумуляторі пропорційно часу включення клапана і не залежить від частоти обертання колінчастого валу або кулачкового валу ПШВТ.

НУБІП УКРАЇНИ

ЕГФ типу CR являє собою нормальну закриту форсунку (рис. 1.5) з швидкодіючим клапаном 8 який керує тиском в камері управління.

НУБІП УКРАЇНИ

На сьогоднішній день основними виробниками ЕГФ акумуляторних ТПС типу CR є такі фірми: Bosch, Siemens (обидва з Німеччини), Denso (Японія), Delphi (США). Всі ці виробники використовують схему з двоєльним керуванням за допомогою запірної клапана. Початок подачі палива відбувається при відкритті клапана та розвантаження камери управління над голкою, закінчення - при закритті клапана та відновленні тиску через жиклер 7. Клапан 8

НУБІП УКРАЇНИ

малогобаритний, отже швидкодіючий, через нього проходить не основний потік палива, що впорскується, а лише паливо необхідне на управління (витрата на управління).

НУБІП УКРАЇНИ

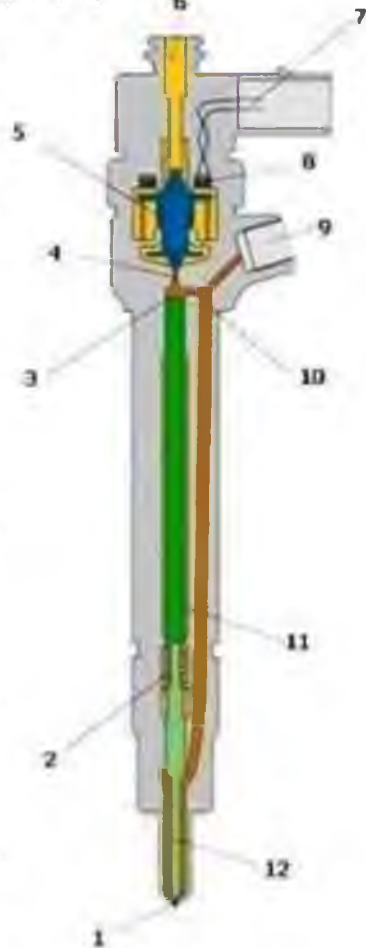
З іншого боку, рух голки в ЕГФ забезпечується гідро підсиленням дії від клапана. Це на порядок знижує необхідну для керування електроклапаном потужність. Клапан розташований у порожнині зливу, це полегшує його компонування, зберігає можливість охолодження, знижує вимоги до гідростійкості порожнини приводу, дозволяє його уніфікувати для різних дизелів. Саме такі конструкції реалізовані з 1997 р. у серійній продукції.

НУБІП УКРАЇНИ

Найбільш складним елементом акумуляторної ТПС є ЕГФ (рис. 1.4) виготовлена з дуже високою точністю та чистотою поверхні. Форсунка фірми Bosch, торцевий електромагніт 11 (рис. 1,5 а) з дисковим якорем 10, ділаючи прожину 12, відкриває кульковий клапан 8. Тиск зверху від мультиплікатора 5 падає, і голка 2 відкриває прохід до соплових отворів. Після знеструмлення електромагніту та посадки клапана тиск праворуч від мультиплікатора відновлюється через жиклер 7.

НУБІП УКРАЇНИ

Електрогідролічна форсунка



1. сопло форсунки
2. пружина
3. камера управління
4. зливний дросель
5. якор електромагніта
6. зливний канал
7. електричний роз'єм
8. обмотка збудження
9. штуцер підведення палива
10. впускний дросель
11. поршень
12. голка форсунки

Рисунок 1.5 Електрогідролічна форсунка фірми Bosch

Проведений аналіз оснащення технічного парку у машинно-технологічних станціях (МТС) України підтверджує збільшення кількості тракторів і комбайнів, які безпосередньо оснащені силовими установками з ТА типу СР (таблиця 1.1). Так, з 1998 року по 2021 рік загальна кількість комбайнів і тракторів збільшилася більш ніж у 6 разів. У МТС України йде тенденція збільшення парку с/г техніки. Слід зазначити, що понад 89% тракторів та комбайнів зарубіжного виробництва.

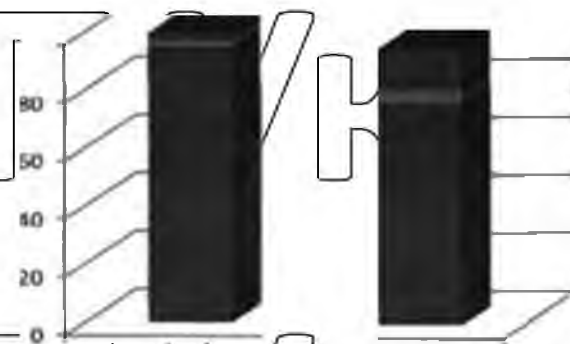


Рисунок 1.6 Розподіл ТА у МТС України з 2014-2021 р.

НУБІП України

Провівши аналіз таблиці 1.1 можна сказати, що нові моделі комбайнів та тракторів в основному оснащуються ТПС типу CR, на 2021 рік становило 23% від загальної кількості. Рік у рік спостерігається зростання імпортової техніки. За останні 7 років (з 2014 по 2021р.) у МТС України кількість ТПС типу CR зростало в 2,7 рази, а рядні ПНВТ скоротилося в 1,6 раза (мал. 1.6).

Таблиця 1.1

Наявність комбайнів і тракторів в МТС України

Показники	Типи ТПС	Роки													
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Наявність зернозбиральних комбайнів		399	489	630	745	850	916	887	906	926	969	981	927	927	
ДОН-1500Б	Рядний	95	90	100	135	138	133	100	156	156	151	151	129	129	
Кейс-2366	ПНВТ	99	99	99	99	99	99	99	85	85	76	76	64	64	
Кейс-525		64	64	64	64	64	64	64	34	34	28	28	14	15	
Кейс-527		34	34	34	34	34	34	34	16	16	8	8	14	1	
Нью-Холланд ТХ 65		783	173	303	328	393	393	393	393	393	379	379	352	352	
Нью-Холланд ТТС-56		29	29	29	29	29	29	29	29	29	26	26			
Нью-Холланд CS 640						2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Нью-Холланд CS 660							70	70	70	70	70	70	69	69	
Нью-Холланд CS	Common Rail								20	30	30	30	30	30	

6090 Нью-Холланд CSX 7080									70	70	70	70	
Нью-Холланд CSX-880		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Джон-Дир 9550				20	20	20	20	20	20	20	20	19	19
Джон-Дир 9560					35	35	35	35	35	35	35	34	34
Домина тор Мега 208	Наеос - форсу нка			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Клаас 360						15	15	15	15	15	15	15	15
Клаас 370							25	25	25	25	25	25	25
Енисей 950	Рядни й			10	10								
Дон-Вектор	ПНВТ					11							
Челенджер 647										20	65	65	
КЗС-1218 "Полесьє"	Common Rail											5	5
КЗС-812 "Полесьє"	Рядни й ПНВТ											6	5

Така ж тенденція проглядається не тільки в підприємствах, які забезпечують технічну допомогу в агропромисловому комплексі (АПК), в МТС, а й у інших галузях машинобудування.

На сьогоднішній день відбувається відставання вітчизняного дизелебудування від зарубіжного рівня, зокрема ТПС типу CR, насамперед це виявляється в галузі

екологічних показників. Що й пояснює те, що деякі вітчизняні виробники техніки агрегатують або імпорнтними двигунами, чи імпорнтної ТА (Bosch, Zexel, Denso, Delphi, Lucas тощо.). Так, нові комбайни марки Acros 540 заводу «Ростсільмаш» (Росія, м. Ростов на Дону) оснащуються двигунами Cummins з ТПС типу CR фірми Bosch.

Таким чином, вплив параметрів паливоподачі на техніко-економічні та екологічні показники дизеля не можуть бути досягнуті в оптимальних режимах без електронного керування, а саме без ТПС типу CR.

У сучасних автотракторних дизелях дедалі більше застосування знаходять ТПС типу CR, і в цих умовах забезпечення технічної готовності цієї техніки, зокрема ТА, стає найважливішим завданням центрів технічного сервісу ТА. У перспективі обсяг робіт із забезпечення працездатності дизелів із сучасними ТПС, зокрема CR, тільки збільшуватимуться.

1.2 Аналіз зміни параметрів паливоподачі форсунок типу Common Rail у процесі експлуатації випробування

У процесі роботи автотракторних та комбайнових дизелів зношуються його деталі, з'являються несправності, причому найбільше їх посідає ДВЗ, головним чином, на ТА. В результаті їх зносу змінюються техніко-економічні та екологічні показники дизеля. Найбільш слабким вузлом ТА є форсунка, у якій швидше за інші вузли порушуються регулювання і робочі показники.

У зв'язку з цим нами було проведено низку досліджень щодо визначення найменш зносостійких елементів ТА.

В результаті досліджень встановлені найбільш схильні до відказу вузли ЕГФ. Топографія основних несправностей за вузлами та елементами ЕГФ фірми Bosch наведено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 Топографія основних несправностей ЕГФ фірми Bosch

Ранжування відмов та кількісні параметри спостережень наведені в таблиці 1.2. Дані по третій колонці таблиці складені на основі аналізу несправностей 930 форсунок, по четвертій - понад 950.

Дослідження показали, що у форсунок типу CR, фірми Bosch в Україні та у Великій Британії середній ресурс до ремонту приблизно однаковий становить у автомобілів близько 80...100 тис. км пробігу, у тракторів - 2,1...2,5 тис. мотогодин.

Таблиця 1.2

Основні несправності форсунок типу CR фірми Bosch

№	Основні несправності	ТОВ «Башдизель» м. Уфа, Росія	«Carwood motors units limited» Г.Бірмінгем, Великобританія	Відділ якості, Бош Дизель Центр, м.Хембур
---	----------------------	-------------------------------------	---	--

НУБІП УКРАЇНИ

		Україна		Німеччина		
		Перевищення допусків за нормативами	Причина відмови	Перевищення допусків з нормативів	Причина відмови	
1	2	3	4	5	6	
1	Порушення гідросільності запірною клапана	90-95%	80%	10%	10%	35%
2	Прорив ущільнення фторопластової шайби	10%	1%	40%	40%	25%
3	Порушення гідросільності розпилувача або заклинення голки	40%	10%	80%	40%	30%
4	Знос штока	15%	2%	1%	1%	Немає даних
5	Гранична зміна діаметра жиклера	1%	1%	0%	0%	Немає даних
6	Вихід з ладу електромагніту	3%	3%	1%	3%	5%
7	Пошкодження корпусу	10%	2%	0,5%	5%	3%
8	Інші	1%	1%	2%	2%	2%
9	Разом	-	100%	-	100%	100%

Як і очікувалося, працездатність ЕГФ типу CR значною мірою визначається станом їх прецизійних вузлів. Разом з тим дослідження виявили суттєві відмінності у питомій вазі відмов ЕГФ у залежності від умов експлуатації. Так,

якщо в Україні велика частка відмов (80%) пов'язана з працездатністю запірною клапана, то у Великій Британії основною причиною відмов є: прорив фторопластової шайби та порушення гідросільності або заклиннювання розпилувача. У європейській частині країн Євросоюзу за даними стовпця п'ять таблиці 1.2, відмови ЕГФ типу CR визначаються зносом деталей клапанної групи,

НУБІП УКРАЇНИ

проривом фторопластової шайби та зносом розпилювача. Вартість і складність ремонту окремих вузлів ЕГФ суттєво відрізняється (вартість розпилювача в середньому в 3-4 рази нижче вартості запірного, клапана зі штоком), що пояснюється технологічним процесом проведення ремонтно-налагоджувальних робіт. Так, заміна клапана в парі зі штоком призводить до зміни ходу якоря електромагніту і, як наслідок, виникає необхідність його регулювання застосуванням спеціальних вимірювальних інструментів, або проведенням багаторазового тесту на стенді з підбором необхідного розміру шайб. Процедура заміни розпилювача значно простіше та дешевше.

Внаслідок інтенсивної роботи ЕГФ, що супроводжується на відміну від традиційних форсунок значними перепадами тисків (від 150 МПа до 0,1 МПа), числом упорскування до 5 за один робочий цикл поршня дизеля, вимоги до робочих зазорів у прецизійних сполученнях значно вище. Тому вимоги до складу та ступеня чистоти палива в системах CR значно жорсткіше у порівнянні з традиційними ТНС.

В українських умовах експлуатації, пов'язаних, перш за все, з менш жорсткими вимогами порівняно з Європою до якісного складу палива (октанове число, вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів та ін) через низьку якість очищення палива, прецизійні вузли працюють в критичних умовах. Зокрема, при попаданні сторонньої частки до зони контакту клапанної пари при русі велика ймовірність утворення лінії на сідлі клапана, по якій надалі під високим тиском просочується паливо. Сідло клапана з боку акумулятора протягом усього часу роботи дизеля постійно знаходиться під робочим тиском, починається інтенсивний прорив палива та збільшення зазору у прецизійній парі, внаслідок чого спостерігається все зростаюча витрата палива по керуючій лінії, і дякуючи цьому немає великих навантажень на фторопластову шайбу. Цим пояснюється менше відмов форсунок через прорив ущільнювальної шайби в Україні у порівнянні з Європою. Разом з тим, збільшення витрати через клапанну пару призводить до порушення працездатності клапанного вузла через гідроабразивного зношування.

НУБІП УКРАЇНИ

Питання відпрацювання технологій ремонту на наш погляд вимагають суттєвого значення уваги, оскільки сучасні ТПС, у тому числі CR, є високотехнологічними продуктами, і в Україні поки немає навіть дрібносерійного виробництва елементів CR. Слід зазначити, що великі територіальні простори України зумовлюють складність контролю за дотриманням нормативних вимог до якості палива на різних заправках різних автозаправок.

Таким чином, проведені нами дослідження показали, що експлуатаційні умови значною мірою визначають показники надійності окремих вузлів і в цілому ЕГФ типу CR фірми Bosch. Низька якість палива, а також вміст у паливі механічних домішок і води, більшою мірою впливає на зниження ресурсу роботи ЕГФ, порівняно з форсунками традиційних ТПС. Існуючі технології та методи ремонту та оцінки прогнозуючого ресурсу форсунок типу CR сучасних ТПС орієнтовані для зарубіжних країн і не враховують повною мірою особливостей їх експлуатації та якості палива в Україні. У зв'язку з цим актуальним є дослідження з розробки обладнання та технології ремонту форсунок типу CR, з урахуванням українських умов експлуатації.

1.3 Аналіз способів технології ремонту та випробування форсунок типу

Common Rail

На сьогоднішній день у ряду виробників ЕГФ типу CR розроблено список робіт з обслуговування форсунки, із зазначенням періодичності їх проведення. Регламент технічного обслуговування (ТО) форсунки.

На даний момент ТО ЕГФ акумуляторної ТПС типу CR залежить від фірми-виробника має на увазі два види обслуговування - заміна деталей виходячи з її технічного стану, за тимчасовими інтервалами або кілометражем пробігу (від 100 до 150 тис. км.) та регулювання за допомогою регульовальних шайб. Визначення технічного стану ЕГФ типу CR здійснюється за допомогою спеціалізованого діагностичного обладнання рекомендоване фірмами - виробниками форсунки.

Операції з регулювання проводять у певній послідовності, з високою точністю та суворим дотриманням вимог щодо чистоти. На сьогоднішній день найбільш популярні фірми-виробники, випускають

НУБІП УКРАЇНИ

аккумуляторну ТПС типу CR: Bosch, Siemens (Німеччина), Delphi (США), Denso (Японія). У Росії виробництвом ЕГФ типу CR Алтайський завод прецизійних виробів (АЗПИ, Росія).

НУБІП УКРАЇНИ

Технології ремонту та інформацію щодо збирання форсунок та їх регулювання надають лише фірми Bosch, Delphi та АЗПИ.

Фірма Bosch пропонує технологію 3-ступінчастого ремонту ЕГФ. Перші два шаблі ремонту мають на увазі заміну тільки розпилювача і ущільнювальної фторопластової шайби, і не включає жодних регулювань. Третій ступінь передбачає заміну деталей ЕГФ з регулюванням основних параметрів за допомогою регулювальних шайб.

НУБІП УКРАЇНИ

Технологія ремонту фірма Delphi полягає в заміні запірною клапана та розпилювача. В силу конструктивних особливостей в ЕГФ фірми Delphi всі внутрішні деталі затягуються однією гайкою (гайкою розпилювача).

НУБІП УКРАЇНИ

Технологія ремонту фірма АЗПИ полягає в заміні деталей (розпилювача, запірною клапана) з відповідними регулюваннями.

Проведений аналіз технологій ремонту форсунок типу CR показав, що вони розраховані тільки на зарубіжні країни і не враховують повною мірою особливостей їх експлуатації та якості палива в Україні.

НУБІП УКРАЇНИ

У зв'язку з цим мною на кафедрі «Трактори та автомобілі» НУБІП було вдосконалено технологію фірми Bosch. Погодження технології Bosch, при надходженні на ремонт ЕГФ проходить перевірку на стенді, де проводиться її діагностична оцінка за величиною циклової подачі та витрати палива, що йде на

НУБІП УКРАЇНИ

управління на основних режимах при різних робочих тисках у рампі. Причиною збільшення витрати палива на управління можуть бути наступні несправності: порушення гідросильності запірною клапана, знос цитока, прорив ущільнення фторопластової шайби, пошкодження корпусу та торцевої поверхні розпилювача.

Наступними етапами процесу ремонту є розбирання, ультразвукове промивання та дефектування елементів та вузлів ЕГФ (кроки 2-3 за рисунком 1.3).

НУБІП УКРАЇНИ

Проведенні нами дослідження показали, що на відміну від Англії, основний фактор відмов ЕГФ в Україні є порушення герметичності запірною клапана,

НУБІП України

обумовлене появою на поверхні ущільнення ліній та її подальшим гідроерозійним розмивом у напрямку градієнта зниження тиску

При цьому за технологією Bosch, при виявленні зношування запірного клапана рекомендується його заміна в парі зі штоком (крок 4 на рисунку 1.3). У зв'язку з тим, що клапанна пара є одним з найскладніших у виготовленні та дорогим за вартістю елементом ЕГФ, було введено у стандартну технологію фірми Bosch три додаткові операції з відновлення працездатності запірного клапана в умовах спеціалізованого підприємства: 5 (притирання), 6 (промивання) та 7 (оцінка якості поверхні запірного конуса).

Слід відмітити, що ця технологія може застосовуватися для відновлення працездатності ЕГФ, на запірному клапані яких спостерігаються зноси глибиною не більше 0,05мм. Як показали, наші подальші дослідження в 90% випадків у відновлених клапанів глибина ліній не перевищує у 0,03мм.

Подальших процес ремонту ЕГФ йде відповідно до технологією Bosch, включаючи всі необхідні регулювання. Разом з тим, що на сьогодні не досліджено достатньо питань збереження експлуатаційних показників відремонтованих вузлів ЕГФ. Зокрема показники по твердості та зносостійкості відновлених поверхностей клапанного вузла. У зв'язку з цим слід визнати виконання таких досліджень дуже актуальними.

13 Аналіз вимірювальних пристроїв, що застосовуються для ремонту форсунок типу Common Rail

У процесі ремонту та регулювання ТА виникає необхідність у вимірюванні, наприклад, ходу якоря ЕГФ типу CR, ходу коректора ПНВТ та ін., вимірювальних з точністю до сотих часток міліметра. На даний момент для вимірювання малих переміщень при регулюванні та ремонті ТА дизелів використовують механічні годинникові індикатори (рис. 1.8). За допомогою мікрометра та штанген-циркуля вимірюють товщину регулювальних шайб.

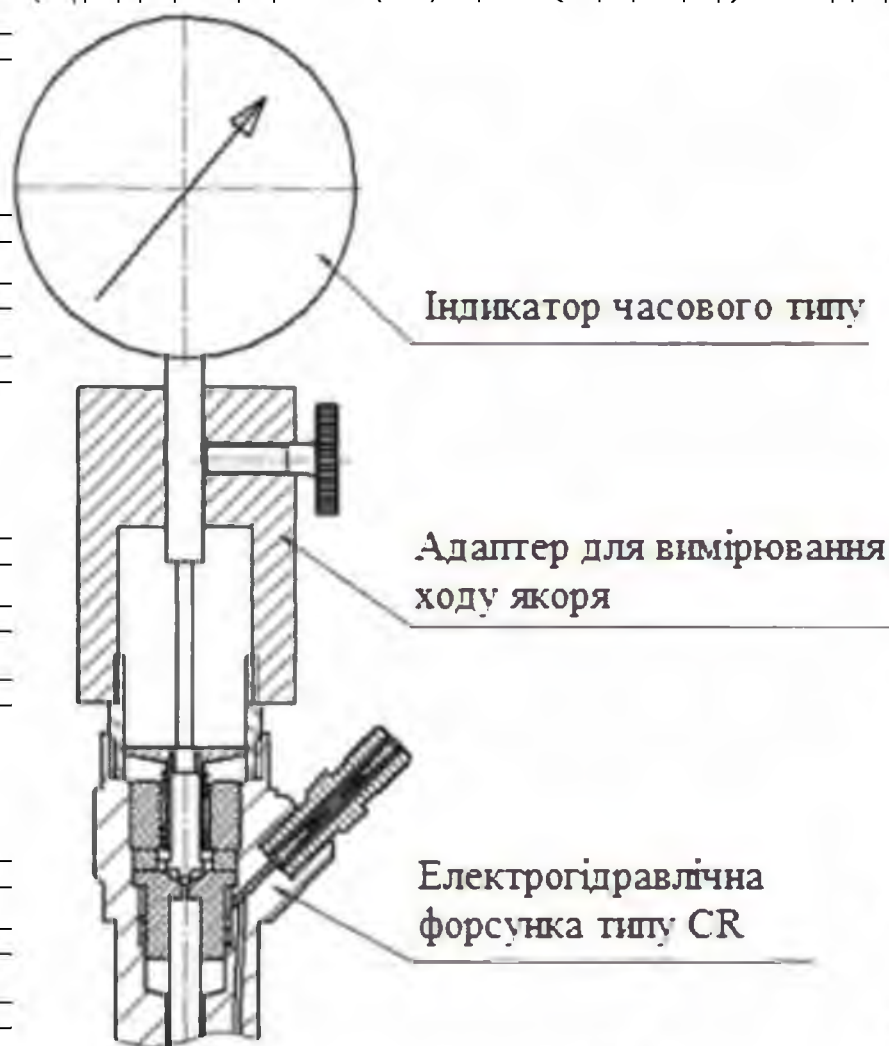
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП

НУБІП

НУБІП



НИ

НИ

НИ

Рисунок 1.8 Схема вимірювання ходу якоря індикатором годинного типу

НУБІП України

Призначені для вимірювання лінійних розмірів абсолютним і відносним методами, визначення величини відхилень від заданої геометричної форми та взаємного розташування поверхонь. Для вимірювання ходу якоря ЕГФ типу CR за допомогою індикатора годинного типу необхідний адаптер (рис. 1.8), що ускладнює монтаж пристрою, через різні конструктивні особливості форсунок.

НУБІП України

НУБІП України



Рисунок 1.9 Вимірювальні пристрої під час ремонту форсунок:
 а) індикатори годинного типу ИЧ, ИТ ГОСТ 577-68; б) штангенциркуль (ГОСТ 166-89); в) мікрометр гладкий тип МК ГОСТ 6507-90

Індикатори годинного типу ИЧ, ИТ ГОСТ 577-68 (рис. 1.9). Індикатори з діапазоном виміру 0 - 2 мм випускаються у двох виконаннях:
 - ИЧ - з переміщенням вимірювального стрижня паралельно шкалі;
 - ИТ - з переміщенням вимірювального стрижня перпендикулярно до шкали.
 Кріплять індикатори або за приєднувальну гільзу діаметром 887, або за вушко товщиною 5 мм із приєднувальним отвором діаметром 5 мм.

На замовлення споживача індикатори постачаються:
 зі стопором обідка:
 пристосуванням для відведення вимірювального стрижня:
 пересувними покажчиками поля допуску:
 - подовженим наконечником із твердого сплаву НРДС-1,6 або НРДС-5 другого класу точності згідно з ГОСТ 11007-66;
 - сталевим подовженим вимірювальним наконечником НРДС-0,6 другого класу точності згідно з ГОСТ 11007-66;
 - наконечником з твердого сплаву з плоскою вимірювальною поверхнею НР1-1 та НР1-8 другого класу точності за ГОСТ 11007-66. Клас точності 051.

НУБІП України

Таблиця 1.3

Технічні характеристики індикаторів вартового типу ИЧ, ИТГОСТ 577-68

Модель	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Габарити, мм
ИЧ02	0-2	0,01	75x42x23
ИТ02	0-2	0,01	63x46x42
ИЧ05	0-5	0,01	86x42x23
ИЧ10	0-10	0,01	108x56x24
ИЧ25	0-25	0,01	159x85x51
ИЧ50	0-50	0,01	199x85x51

Приклад позначення індикатора годинного типу виконання ИЧ з діапазоном виміру 0-2 мм, класу точності 0. Індикатор ИЧ02 кл. 0 ГОСТ 577-68 (рис. 1.9).

Штангельциркулі ГОСТ 166-89 виготовляються з вуглецевої з хромовим покриттям та нержавіючої сталі, зі значенням відліку по ноніусу 0,05 мм та 0,1 мм, 1 та 2 класів точності.

Призначені для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів та розмічувальних робіт.

Вимірювальні поверні мікрометра оснащені твердим сплавом.

Прилад укомплектований одним настановним заходом для діапазону вимірювань до 300 мм та двома настановними заходами – понад 300 мм. (Таблиця 1.3).

Межа допустимої похибки ± 15 мм, ціна поділу 0,01 мм, діаметр гладкої частини мікрометричного гвинта 8h9 мм.

Таблиця 1.4

Технічні характеристики мікрометрів

Модель	Діапазон вимірювань, мм	Габаритні розміри, мм
МК25	0-25	125x67x23
МК50	25-50	155x75x23
МК75	50-75	183x86x23
МК100	75-100	211x105x23
МК125	100-125	242x144x23
МК150	125-150	268x163x23
МК175	150-175	293x176x23
МК200	175-200	320x196x23
МК225	200-225	348x219x23

МК250	225-250	376x244x23
МК275	250-275	402x255x23
МК300	275-300	427x267x23
МК400	300-400	530x302x29
МК500	400-500	631x365x29
МК600	500-600	730x435x29
МК700	600-700	830x505x30
МК800	700-800	930x575x30
МК900	800-900	1030x640x30
МК1000	900-1000	1130x675x30

Існуючі прилади не дозволяють з достатньою точністю визначати регульовальні параметри після зміни геометричних розмірів внаслідок проведеного ремонту, у зв'язку з чим було запропоновано ряд лазерних вимірювачів переміщення, зокрема лазерний вимірювач дальності та пере- приміщень, авт. св. №2393427 МПК 601С3/08, Лазерний вимірювач переміщень, авт. св. №271181-СРСР МПК 6019/02). Недоліком прототипу є відсутність можливості вимірювання переміщень у важкодоступних місцях при ремонті та регулюванні ТА. Наступним недоліком моделі є складність монтажу, не висока точність виміру переміщення.

у зв'язку з цим розробка спеціальних безконтактних пристроїв оцінки малих переміщень прецизійних елементів є актуальним завданням при ремонті та регулюванні ЕГФ типу CR.

1.4 Перспективи регулювання сучасних паливних систем.

У широкому плані управління працездатністю паливоподавальної системи передбачає оптимальне формування всіх складових безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, збереження і включає всі заходи прийняття, спрямовані на підтримку основних показників у заданих рамках протягом потрібного часу або напрацювання.

Як відомо, регулювання ЕГФ типу CR являють собою набір операцій, що вимагають високої кваліфікації виконавця, спеціалізованого високоточного обладнання та наявності технічної інформації. Слід відміти, що на сьогоднішній день в Україні, відсутні будь-які стандарти, регламентуючі методи перевірки або

НУБІП України

регулювання ЕГФ, на відміну від традиційних ТПС (регламентуються стандартом ГОСТ 10578-95 для форсунок).

Перелік «механічних» регулювань ЕГФ типу CR фірми АЗПИ: 1.

Розпилювач

1.1 Діаметральний зазор у парі голка-корпус розпилювача $0,002-0,003$ мм (перевіряти гідрощільність при падінні тиску від 200 до 180 кг/см має бути від 15 до 30с);

1.2 Повний хід голки розпилювача - регулювати підбором регулювальної проставки повинен бути $0,3\pm 0,003$ мм;

1.3 Зусилля пружини розпилювача регулювати за допомогою регулювальної прокладки на $3\pm 0,1$ кгс;

1.4 Повний ефективний прохідний переріз отворів на робочому ході $j_{u.f} = 0,145-0,150$ мм²;

2 Клапан:

2.1 Діаметральний зазор у парі корпус клапана - поршень клапана $0,002-0,003$ мм (перевіряти гідрощільність при падінні тиску від 300 до 200 кг/см² має бути від 30 до 40 с);

Повний хід клапана, регулювати підбором дистанційного кільця, має бути $0,05-0,003$ мм;

2.3 Зазор під якорем, регулювати підбиранням регулювальної шайби, повинен бути $0,05\pm 0,01$ мм;

Повний ефективний прохідний переріз впускного жиклера $0,03\pm 0,0002$ мм²;

Повний ефективний прохідний переріз випускного жиклера $0,0378\pm 0,0002$ мм²;

2.6 Герметичність ущільнювального конуса корпусу клапана. Перевіряти тиском повітря 4 кгс/см² у ванні з дизельним паливом, поява бульбашок не допускається;

3 Електромагніт:

3.1 Діаметральний проміжок у парі штовхач-електромагніт $0,005-0,01$ мм;

3.2 Діаметральний зазор у парі штовхач-якір $0,002-0,003$ мм;

3.3 Індуктивність електромагніту (без штовхача та якоря) не більше 90мкГн;

НУБІП України

3.4 Різниця у значеннях індуктивностей електромагнітів форсунок
мотокомплекту, трохи більше 4%;

3.5 Зусилля пружини електромагніту 6+0,1 кг. Регулювати підбором
регулювальної шайби;

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

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

4. Моменти затягування різьбових деталей:

4.1 Гайка розпилювача – 55±5Нм;

4.2 Гвинт клапана 70±5Нм;

4.3 Гайка електромагніту – 30±5Нм;

Після проведення регулювальних робіт згідно технології фірм-виробників
проводиться перевірка працездатності форсунки на спеціальних стендах.

Послідовність складання та розбирання, а також каталожні номери дета-лей та
регулювальних шайб вказана в програмі ESI-tronik.

ЕГФ типу CR є високоточними пристроями, які можуть здійснювати $q =$ до
100мм² / цикл під тиском до 180 МПа. Необхідна точність виготовлення

прецизійних деталей форсунки на сьогоднішній день становить близько 1

мкм, за даними фірми Bosch за останні 30 років допуски при Р та Т₀ паливних
систем зменшилися у 100 разів.

Тим часом, внаслідок відмінності розмірів у полі допусків на обробку,
втрати тиску, механічне тертя між частинами в русі, сила тяжіння електромагніта

можуть бути різні в різних форсунках. У зв'язку з цим, можлива різниця в q , тому
фірми - виробники переходять на електронні кодування ЕГФ.

Код форсунок складають на основі визначення залежності паливоподачі від
геометричних, гідравлічних, електричних параметрів конкретної форсунки.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО УДОСКОНАЛЕННЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ

ЕГФ

НУБІП України

2.1 Інформаційна модель забезпечення працездатності ЕГФ

Показники якості роботи дизеля, зокрема ЕГФ, визначаються сукупністю параметрів технічного стану, що залежать від ряду експлуатаційних факторів (обсягу та характеру виконуваних робіт, ґрунтово-кліматичних умов, якості палива), прийнятої системи технічного обслуговування та ремонту, якості та наявності технічних засобів обслуговування та технічної документації, якості виконання правил експлуатації та ТО машин.

НУБІП України

У зв'язку з цим керування параметрами технічного стану можна розвинути певною мірою як спосіб і метод впливу на зміни цих показників якості роботи та надійності протягом експлуатаційного терміну.

НУБІП України

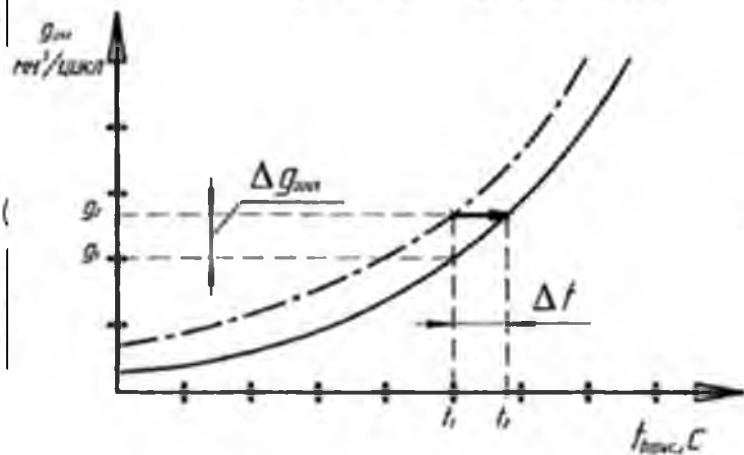
Під керуванням технічним станом паливної апаратури, а також ЕГФ слід розуміти цілеспрямовані, попереджувальні відмови, технічні впливи по відновленню номінальних значень та підтримці у допускових межах сукупності параметрів технічного стану. Таким чином, форсунок можна визначити як об'єкт, що функціонує у взаємозв'язку з особистими експлуатаційними факторами має свої певні закономірності виміру.

НУБІП України

Систему забезпечення працездатності ЕГФ можна подати у вигляді інформаційної моделі (рис. 2.1).

НУБІП України

НУБІП України



--- характеристика еталонної форсунки
 — характеристика післяремонтної форсунки

Рисунок 2.1 Інформаційна модель забезпечення працездатності ЕГФ

В такій системі вхідними параметрами є вектори А (a_1, a_2, \dots) експлуатаційний фактор та вектор В (b_1, b_2, \dots) - конструктивний параметр. Складовими вектора А є: природно-кліматичні умови, якість палива, вологість повітря, сезонні та добові коливання температур та ін. Складові конструктивного параметра вектора змінюються в процесі роботи: зусилля пружини, гідрощільність прецизійних деталей і хід якоря.

Керуючими факторами в моделі виступають складові вектора С (c_1, c_2, \dots). До них можна віднести ремонт з наступними регулюваннями механічна та електронна. При цьому внаслідок електронного регулювання повинен формуватися змінений ІМА код, який коригує базову характеристику управління паливоподачею (БХУТ) з урахуванням післяремонтних характеристик ЕГФ.

Іншим керуючим фактором у моделі можна визначити вектор D (d_1, d_2, \dots, d_n) до його складових можна віднести тривалість і застосування керуючих імпульсів електронного блоку та ін. параметри, які закладені в конструкції паливної системи у вигляді базових характеристик управління паливоподачею.

Значення вихідного вектора Про певний спосіб залежить від стану входів:

$$g = \{ЖА, В, С, В\} \quad (2.1)$$

НУВБІП УКРАЇНИ

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

НУВБІП УКРАЇНИ

Якщо фактична узагальнена оцінка працездатності стану ЕГФ 0% і сукупність його оціночних показників 4%, менше або дорівнює його допусковим значенням Oz_{I} гда, то можна вважати, що він функціонує у відповідності з встановленими вимогами. Критерії нормального функціонування системи можуть бути визначені як:

НУВБІП УКРАЇНИ

4 5 [Чо 0 [6] 220)
Оцінки параметрів роботи ЕГФ, що визначаються діагностуванням, повинні містити кількісні характеристики, що дозволяють оцінити їх у рамках допускових значень. При перевищенні допускових оцінених відхилень параметрів необхідно впливати на систему коригуючими факторами для приведення у нормальний стан.

НУВБІП УКРАЇНИ

Якщо це не відбувається, то потрібно змінити коригувальні параметрів шляхом регулювання, відновлення або заміни деталей.

НУВБІП УКРАЇНИ

Найбільш перспективним у забезпеченні працездатності систем з електротронним управлінням є інтеграція «механічної» та «електронної» складової перевірки та налаштування, в інформаційній моделі (мал. 2.1) показана, як керуючий фактор ζ .

НУВБІП УКРАЇНИ

2.2 Методика індивідуального коригування базових характеристик управління паливоподачею ЕГФ при технічному обслуговуванні

НУВБІП УКРАЇНИ

Як зазначалося, у першому розділі дисертації, показники надійності та стабільність параметрів ТПС з електронним управлінням можуть бути покращені, за рахунок комплексного підходу («механічного» та «електронного» налаштування) шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи ТМА.

НУВБІП УКРАЇНИ

Спостерігається тенденція «персоналізації» технічного обслуговування, тобто налаштування та регулювання конкретної ЕГФ до певного двигуна. При цьому процес перевірки та налаштування відбувається, як правило, в автоматичному режимі у відповідність з тест - планами фірм виробників ТА та (або) обладнання для випробування.

НУВБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Слід зазначити, що, електронне управління ТПС дає можливість гнучкої коригування параметрів паливоподачею через ЕБУ навіть за значущих відхиленнях геометричних розмірів і гідравлічних характеристик прецизійних

НУБІП України

елементів ТПА, що дає нам можливість розширити допускові величини контрольних розмірно-гідравлічних параметрів елементів ТПА як при складанні, так і при ТО ЕГФ типу CR.

Для розширення можливості вдосконаленої технології ремонту ЕГФ типу CR була розроблена методика індивідуального коригування параметрів форсунки при ТО (рис 2.2).

НУБІП України

На рисунку 2.2 графічно представлена схема електронного механізму коригування. Для корекції циклової подачі g_1 відремонтованої форсунки та доведення її до рівня тестового значення g_2 стандартної форсунки, необхідно збільшити тривалість керуючого імпульсу на Δt . Це просто може забезпечуватись електронною корекцією БХУТ.

НУБІП України

Рисунок 2.2 – Схема механізму визначення періоду Δt для корекції циклової подачі g_1 відремонтованої форсунки та доведення її до рівня тестового значення g_2 стандартної форсунки

НУБІП України

Для визначення допускових параметрів ЕГФ за тривалістю керуючого імпульсу Δt була розроблена математична модель. На основі відомих законів руху механіки пружних тіл та електромагнетизму було виведено формула визначення тривалості управляючого імпульсу.

НУБІП України

Таким чином, перспективи підвищення надійності ТПА пов'язані зі зміною технології індивідуального коригування параметрів ЕГФ при ТО, збільшуючи цим міжремонтний ресурс форсунки.

2.3. Математична модель для визначення тривалості керуючого імпульсу ЕГФ.

НУБІП України

Швидкість ЕГФ типу CR в умовах роботи на дизельному двигуні залежить від 4 основних компонентів системи паливоподачі:

НУБІП УКРАЇНИ

ЕБУ т.е. від подаючого керуючого сигналу;
- Керуючого електромагніту, т.е. від ступеня його інерційності (час спрацьовування та розмагнічування електромагніту);

НУБІП УКРАЇНИ

керуючого клапана, т.е. від швидкості відкриття та закриття клапана;
- Голки розпилювача, тобто від часу опускання і підняття голки розпилювача;

НУБІП УКРАЇНИ

Т.е. швидкодія ЕГФ залежить від швидкодії керуючого клапана та від її гідравлічної системи. Швидкодії управляючого клапана багато в чому

НУБІП УКРАЇНИ

визначається роботою її електромагнітного вузла. Швидкодія гідравлічної системи ЕГФ, що приводить в рух голку розпилювача, залежить від конструктивно-регульовальних параметрів форсунки.

Вперше методи розрахунку процесів ЕГФ акумуляторних систем були запропоновані Пінським Ф.М. але його математичні моделі були орієнтовані на суднові та транспортні дизелі великої потужності.

НУБІП УКРАЇНИ

Одним з методів розрахунку процесу ЕГФ акумуляторної системи був детально вивчений при розробці форсунки БашГАУ та описаний у роботах д.т.н.

Габи-това И.И., д.т.н. Неговори А.В., к.т.н. Габбасова А.Г.

Аналіз результатів дослідження, впливу тривалості керівного сигналу на базові характеристики управління паливоподачею, дозволив розділити весь процес

НУБІП УКРАЇНИ

паливоподачі на кілька етапів:

1. перший етап (і) включає - швидкість спрацьовування електромагніту та час підняття якоря та голки розпилювача;

2. другий етап (1) - час розмагнічування електромагніту, час опускання якоря та голки розпилювача;

НУБІП УКРАЇНИ

Рисунок 2.3 - Розрахункова схема тривалості керуючого імпульсу ЕГФ фірми Bosch: t_c - тривалість керуючого імпульсу, мкс; $t_{впр}$ - тривалість упорскування, мкс.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

$$\begin{cases} t_{\text{впр.}} = t_c - t_1 + t_2; \\ t_1 = t_{\text{спр.эл.}} + t_{\text{под.якоря}} + t_{\text{под.гол.}}; \\ t_2 = t_{\text{розм.эл.}} + t_{\text{оп.якоря}} + t_{\text{оп.гол.}} \end{cases}$$

НУБІП України

На рисунку 2.3 представлена розрахункова схема тривалості керуючого імпульсу стосовно ЕГФ типу CR фірми Bosch.

де t_c - Тривалість керуючого імпульсу, мкс;
 $t_{\text{впр.}}$ - тривалість впроркування, мкс;
 $t_{\text{спр.эл.}}$ - час спрацьовування електромагніту, мкс;
 $t_{\text{под.якоря}}$ - підняття якоря, мкс;
 $t_{\text{под.гол.}}$ - час підняття голки розпилювача, мкс;
 $t_{\text{роз.эл.}}$ - час розмагнічування електромагніту, мкс;

НУБІП України

$t_{\text{оп.якоря}}$ - час опускання якоря, мкс;
 $t_{\text{оп.гол.}}$ - час опускання голки розпилювача, мкс.
 Для визначення тривалості переміщення якоря та голки розпилювача скористаємося формулою:

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

де M - маса рухомого елемента (якоря, голка розпилювача), кг;
 $\sum N$ - сума сил, що діють на рухомий елемент, Н.

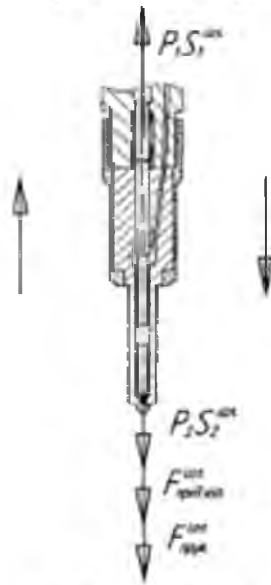
НУБІП України

Рух голки форсунки відбувається під дією сил (рис. 2.4), визначених силою затяжкою і жорсткістю пружини розпилювача, що прагнуть притиснути її до сідла, і сил тиску палива, що прагнуть відірвати від сідла клапана.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

Рисунок 2.4 Схема напрямків сил, які діють голку розпилювача ЕГ Ф типу CR

НУБІП України

Розглянувши всі сили, які діють якір ЕГ Ф типу CR, підставивши в формулу 2.4, отримаємо рівняння, що описує рух (підняття) голки розпилювача.

$$M_{\text{м.г.}} \times \frac{d^2 h_{\text{м.г.}}}{dt^2_{\text{под.м.г.}}} = P_1 \times S_1^{\text{атм}} - P_2 \times S_2^{\text{атм}} - F_{\text{пруж. прот. хит.}} - C_{\text{пр. розп.}} \times h_{\text{м.г.}}; \quad (2.6)$$

НУБІП України

де M - сумарна маса голки розпилювача (зі штангою та 1/3 пружини розпилювача),

h - висота підняття голки розпилювача, м;

P₁ - атмосферний тиск (протидавлення), Па;

S₁ - площа поперечного перерізу голки розпилювача, м²;

P₂ - тиск у керуючій порожнині, Па;

F_{пруж.} - сила попередньої зтяжки пружини розпилювача, Н;

C_{пруж.} - жорсткість пружини розпилювача, Н/м.

НУБІП України

Так як рухи голки розпилювача рівноприскорене прямолінійне без початкової швидкості час підняття розпилювача з урахуванням формули 2.6 буде мати такий вигляд:

НУБІП України

$$t_{\text{под.зст.}} = \sqrt{\frac{2 \times h_{\text{зст.}} \times M_{\text{зст.}}}{P_1 \times S_1^{\text{зст.}} + P_2 \times S_2^{\text{зст.}} + F_{\text{пред.зат.}}^1 + C_{\text{пр.расст.}} \times h_{\text{зст.}}}};$$

Рівняння, що описує рух (відпускання) голки розпилювача:

$$M_{\text{зст.}} \times \frac{d^2 h_{\text{зст.}}}{dt^2_{\text{под.зст.}}} = P_1 \times S_1^{\text{зст.}} - P_2 \times S_2^{\text{зст.}} - F_{\text{пред.зат.}}^{\text{зст.}} - C_{\text{пр.расст.}} \times h_{\text{зст.}};$$

де $M_{\text{зст.}}$ - сумарна маса голки розпилювача (зі штангою та 1/3 пружини розпилювача), кг;

$l_{\text{я}}$ - хід голки розпилювача, м;
 $l_{\text{р}}$ - час підняття голки розпилювача, с;
 P_1 - атмосферний тиск (протидавлення), Па;

S_1 - площа поперечного сечення иглы распылителя, м²;

P_2 - давление в управляющей полости, Па;

$F_{\text{пред.зат.}}^{\text{зст.}}$ - сила предварительной затяжки пружины распылителя, Н;

$C_{\text{пр.расст.}}$ - Жесткость пружины распылителя, Н/м.

Перетворюючи рівняння 2.8 отримаємо:

$$t_{\text{отп.зст.}} = \sqrt{\frac{2 \times h_{\text{зст.}} \times M_{\text{зст.}}}{P_1 \times S_1^{\text{зст.}} - P_2 \times S_2^{\text{зст.}} - F_{\text{пред.зат.}}^1 - C_{\text{пр.расст.}} \times h_{\text{зст.}}}}; \quad (2.9)$$

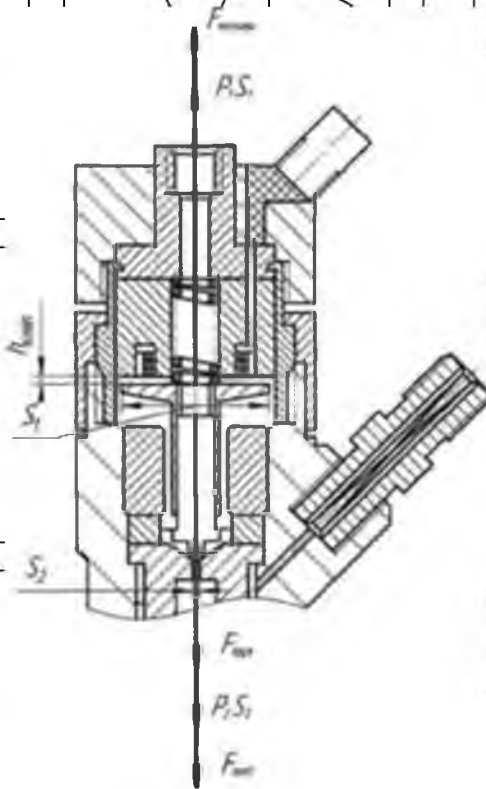


Рисунок 2.5 Схема напрямків сил, які діють якорь ЕГФ типу CR

Аналогічно отримуємо рівняння з урахуванням усіх сил (рис. 2.5), що описує рух (відкриття клапана) підняття якоря:

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

де $M_{\text{якоря}}$ - сумарна маса якоря (якорь 1/3 пружини клапана), кг;

$h_{\text{клат.}}$ - хід клапана, м;

$t_{\text{под.якоря}}$ - Час підняття якоря, сек.

P_1 - Атмосферний тиск (протидавлення), Па;

S_1 - площа поперечного перерізу каналу клапана, м²;

P_2 - тиск у керуючій порожнині, Па;

$F_{\text{прод.зат.}}$ - сила попереднього затягування пружини клапана, Н;

$F_{\text{маг}}$ - сила тяжіння магніту, Н;

$C_{\text{пр.клат.}}$ - Жорсткість пружини клапана, Н/м.

Перетворюючи рівняння 2.10 отримаємо:

$$t_{\text{под.клат.}} = \sqrt{\frac{2 \times h_{\text{клат.}} \times M_{\text{клат.}}}{P_1 \times S_1^{\text{клат.}} + P_2 \times S_2^{\text{клат.}} + F_{\text{прод.зат.}}^2 + F_{\text{маг}} + C_{\text{пр.клат.}} \times h_{\text{клат.}}}};$$

НУБІП УКРАЇНИ

Рівняння, що описує рух (закриття клапана); відпускання якоря:

$$t_{\text{отпус.клан.}} = \sqrt{\frac{2 \times h_{\text{клан.}} \times M_{\text{клан.}}}{P_1 \times S_1^{\text{склп.}} - P_2 \times S_2^{\text{склп.}} - F_{\text{прод.зат.}}^2 - C_{\text{пр.клан.}} \times h_{\text{клан.}}}};$$

НУБІП УКРАЇНИ

Сила тяжіння магнітної котушки залежить від зазору між котушкою та якорем (повітряний зазор), знайти можна за допомогою рівняння Максвелла, яка у випадку малого зазору записується в наступному вигляді:

$$F_{\text{маг}} = \mu_0 \times B_{\delta} \times S \quad (13)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де B_{δ} - магнітна індукція в зазорі, Тл (магнітна індукція в зазорі, Тл (залежить від величини зазору); S - площа перерізу полюсів, мм²); μ_0 - постійна.

НУБІП УКРАЇНИ

Магнітна індукція B визначається за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{F_2}{0,04 \cdot S \cdot g}} \cdot \text{Тл}, \quad (2.14)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Зміна струму в котушці індуктивності описується наступним рівнянням:

$$I(t) = \frac{E}{r} \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{\tau})), \quad (2.15)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де E - Е-напруга живлення, В; r - р-омічний опір обмотки котушки, Ом; τ - постійна часу, с.

Отже, вираз для часу спрацьовування („електромагніту матиме вигляд

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

$$I_{cp} = I_{\text{ном}} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{I_{cp}}{I_{\text{ном}}}} \right)$$

де $I_{\text{ном}}$ - сила струму спрацьовування електромагніту, А;
 I_{cp} - сила струму на режим роботи, що встановився, А."

Підставивши у формулу 2.3 отримані рівняння отримаємо формулу

$$I_1 = I_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{I_{cp}}{I_{\text{ном}}}} \right) + \frac{2 \cdot h_{\text{ном}} \cdot M_{\text{ном}}}{\sqrt{P_1 \times S_1^2 + P_2 \times S_2^2 + F_{\text{пружин}} + C_{\text{пружин}} \cdot h_{\text{ном}}}} + \frac{2 \cdot h_{\text{ном}} \cdot M_{\text{ном}}}{\sqrt{P_1 \times S_1^2 + P_2 \times S_2^2 + F_{\text{пружин}} + C_{\text{пружин}} \cdot h_{\text{ном}}}}$$

$$I_2 = I_{\text{ном}} + \frac{2 \cdot h_{\text{ном}} \cdot M_{\text{ном}}}{\sqrt{P_1 \times S_1^2 - P_2 \times S_2^2 - F_{\text{пружин}} + C_{\text{пружин}} \cdot h_{\text{ном}}}} + \frac{2 \cdot h_{\text{ном}} \cdot M_{\text{ном}}}{\sqrt{P_1 \times S_1^2 - P_2 \times S_2^2 - F_{\text{пружин}} - C_{\text{пружин}} \cdot h_{\text{ном}}}}$$

де $I_{\text{ном}}$ - сила струму спрацьовування електромагніту, А;
 I_{cp} - сила струму на режимі роботи, що встановився, А;
 $t_{\text{постійна}}$ - постійна часу кстущки, сек.;
 1. - Перехід клапана, м;

M , - сумарна маса голки розпилювача (зі штангою і 1/3 пружини розпилювача),

K - голки розпилювача, м;
 S_1 - площа поперечного перерізу каналу клапана, м;
 S_2 - площа якоря, м?;

$F_{\text{пружин}}$ - сила попереднього затягування пружини електромагніту, Н;

$F_{\text{пружин}}^{\text{розпилювача}}$ - сила попередньої затяжки пружини розпилювача, Н;
 $F_{\text{макс}}$ - максимальна сила, що розвивається електромагнітом, Н;
 $C_{\text{пружин}}^{\text{клапана}}$ - жорсткість пружини електромагнітного клапана, Н/м;
 $C_{\text{пружин}}^{\text{розпилювача}}$ - жорсткість пружини розпилювача, Н/м.

Перевірка адекватності математичної моделі проводилася за критерієм Фішера.

Дисперсійне співвідношення знаходиться за формулою:

$$F_p = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{всл}}^2} \quad (2.18)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де R - розрахункове значення критерію Фішера;
5 - дисперсія адекватності, що характеризує відхилення математичної моделі від реального процесу;

НУБІП УКРАЇНИ

8 - Дисперсія відтворюваності, що характеризує помилку проведення експерименту.

Дисперсія адекватності визначається за такою формулою:

$$8. \text{Єв}$$

де 7 - значення функції відгуку, отримані з математичної моделі;

НУБІП УКРАЇНИ

U - значення функції відгуку, отримані в ході експерименту;

M - число дослідів у матриці планування;

p - число значних коефіцієнтів математичної моделі;

Дисперсія відтворюваності визначається за такою формулою:

$$2P - P)7 / (t - 1), (2.20)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де 7 - поточне значення функції відгуку у паралельному досвіді на вибраному рівні фактора;

U - середнє значення функції відгуку обраному рівні фактора;

t - число паралельних дослідів.

Розрахункове значення критерію Фішера порівнюють із табличним значенням при вибраному рівні значущості та числі ступенів свободи.

НУБІП УКРАЇНИ

$$\text{амі дат } 1. (2.21)$$

У разі співвідношення $P < P$, рівняння адекватне і може бути використане для моделювання досліджуваного процесу.

У нашому випадку як U - поточного, U - середнього і

НУБІП УКРАЇНИ

U - експериментального значень функції відгуку є значення поточного, середнього та експериментального часу впорскування (1) т.к.

кількість дослідів при кожному тиску дорівнює п'яти;

$i = 1$ т.к. значним коефіцієнтом у моделі є тільки ру

225 т.к. загальна кількість дослідів дорівнює 25.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

2.4 Розрахункові дослідження щодо визначення допусків відхилень пролажності керуючого імпульсу при різних режимах роботи ЕГФ типу Common Rail фірми Bosch.

3 використанням математичної моделі для відремонтованої по запропонованій технології ремонту ЕГФ фірми Bosch (модель 0445110273) знайдемо допусків відхилень тривалості керуючого імпульсу при різних режимах роботи.

Необхідні дані для визначення допусків відхилень продовжуючи керуючого імпульсу ЕГФ фірми Bosch моделі 0445110273 по запропонованій математичній моделі показано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри ЕГФ фірми Bosch моделі 0445110273

№ п.п.	Найменування параметра	Значення параметрів
	Параметри електромагнітного вузла:	
1	Попередня заляжка пружини якоря з дозатором, Н	150
2	Жорсткість зусилля пружини якоря, Н/мм	150
3 3.1 3.2 3.3	Напруга імпульсу: напруга форсуючого імпульсу, напруга утримуючого імпульсу, напруга розмагнічує імпульсу,	24-150 +12 -12 240
4 5 5.1	Максимальне зусилля електроприводу, Н Повітряний зазор між якорем та сердечником у притягнутому стані, мм у відпущеному, мм максимальний хід якоря, мм	0,3 0,8 0,5 0,05
5.2 5.3	Хід якоря електромагніту, мм	5,53
6	Сумарна маса якоря (якір та 1/3 пружини)	Електротехнічна сталь

6	клапана), г Матеріал якоря та сердечника	1,9625
7	Площа поперечного перерізу голки розпилювача, мм ²	
8	Параметри голки розпилювача:	150
	Попередня затяжка пружини голки розпилювача, Н	150
1	Жорсткість зусилля пружини голки розпилювача,	0,03
2	Н/мм	2,096
3	Хід голки розпилювача, мм	3,36

Підставляючи дані з таблиці 2.4, у формулу 2.17 отримаємо допускові відхилення за тривалістю керуючого імпульсу при різних режимах роботи ЕГФ фірми Возсв моделі 0445110190. На режимі VL (повною загрузкою) по цикловій подачі становитиме 34 мм Бшикл, $\Delta \tau = +180 \text{ мкс}$; на режимі VM (часткове навантаження) $\Delta \tau_{\text{вшья}} = +2,2 \text{ мм}^2/\text{цикл}$, $\Delta \tau_{\text{вві}} = +100 \text{ мкс}$; на режимі GL (холостий хід) $\Delta \tau_{\text{вши}} = +1,6 \text{ мм}^2/\text{цикл}$, $\Delta \tau_{\text{мш}} = +75 \text{ мкс}$; на режимі UC (Попереднє впорскування) $\Delta \tau_{\text{абія}} = 0,7 \text{ мм}^2/\text{цикл}$, $\Delta \tau_{\text{світ}} = +32 \text{ мкс}$.

На малюнку 2.9 представлені результати чисельних дослідження з визначення розподілу допускових відхилень тривалості керуючого імпульсу при різних режимах роботи ЕГФ фірми Bosch моделі 0445110190. Штриховими лініями показана зона регулювання тривалості керуючого сигналу $I_{\text{на Вью}}$ на різних режимах роботи форсунки.

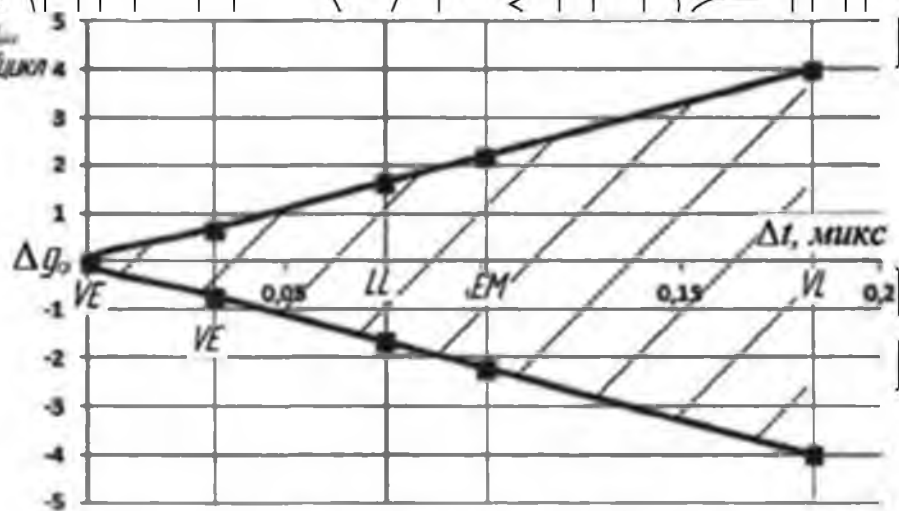


Рисунок 2.6 – Зона регулювання тривалості керуючого сигналу Δg на Зоя для ЕГФ Ваззі моделі 0445.10190

Розроблена математична модель процесу роботи ЕГФ типу CR, зупиняюча залежність тривалості керуючого імпульсу від конструктивно-регулювальних параметрів форсунки, дозволила отримати допускні параметри за тривалістю керуючого сигналу Δg в залежності від режимів роботи для післяремонтної ЕГФ фірми Bosch.

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

У процесі регулювання ТА виникає потреба у вимірі, наприклад, ходу якоря ЕГФ типу CR, ходу коректора ГНВТ та ін, що вимірюються з точністю до сотих часток міліметра. На даний момент для вимірювання малих переміщень при регулюванні ТА дизелів використовують механічні годинникові індикатори. Цей спосіб вимірювання має ряд недоліків, таких як висока похибка виміру, незручність монтажу та інших. У зв'язку з цим ставати актуальним є розробка дистанційного вимірювача малих переміщень. Рішенням цього може бути дистанційний індикатор для вимірювання малих переміщень, що базується на принципі лазерного вимірювача.

Дистанційний індикатор для вимірювання малих переміщень у важкодоступних місцях при регулюванні паливної апаратури дизелів, що містить процесор, рідкокристалічний індикатор та вимірювальну частину, включаючий датчик з лінзами і джерелом світла, що відрізняється тим, що з метою

НУБІП УКРАЇНИ

вимірювання переміщень у важкодоступних місцях вимірювальна частина індикатора виконана у вигляді компактної головки з гнучкою ніжкою.

Дистанційний індикатор складається із процесора (рис. 2.7),

рідкокристалічного індикатора (РКІ) 6 і вимірювальної частини 2, що включає себе датчик 3 з лінзами 5 та джерелом світла 4, виконаної у вигляді компактної головки з гнучкою ніжкою, що дозволяє проводити вимірювання у важкодоступних місцях під час ремонту ТА.

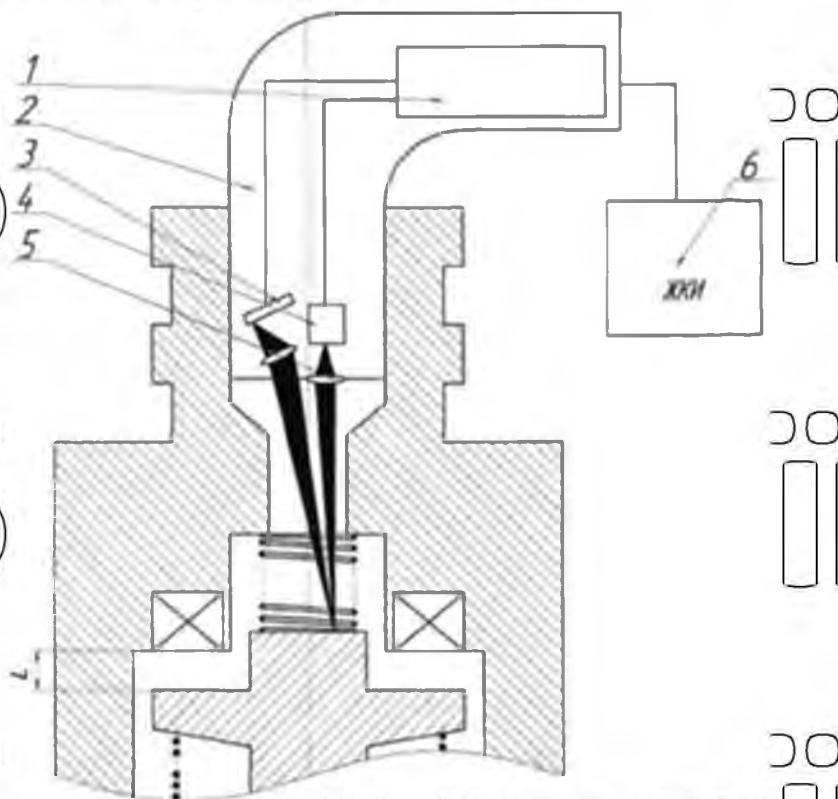


Рисунок 2.7 Схема роботи дистанційного індикатора: 1 – електронний блок управління, 2 – корпус, 3 – датчик світла, 4 – напівпровідниковий лазер, 5 – об'єктиви, 6 – рідкокристалічний індикатор, 1 – вимірюваний хід якоря.

Принцип роботи такого індикатора заснований на вимірі кута між променем, що випускається лазерним діодом 4 і променем, відбитим від об'єкта. Дистанційний індикатор має ряд переваг: безконтактне знімання інформації про величину переміщень, висока точність вимірювання (до сотих часток міліметра), великий термін служби, мале споживання енергії, можливість роботи в жорстких умовах експлуатації за наявності забруднень, вібрацій, електромагнітних перешкод, запиленості та вологості.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Даний пристрій універсальний, його можна використовувати не тільки при регулюванні ТА дизелів, але і для вимірювання малих переміщень в інших областях діялянок.

НУБІП України

Таким чином, дистанційний індикатор для вимірювання малих переміщень при регулюванні ТА дизелів ефективніший, ніж його попередник механічний часовий індикатор.

2.6 Висновки з 2 розділу.

НУБІП України

Розроблено інформаційну модель забезпечення працездатності ЕГФ типу CR, що пояснює основи індивідуального електронного коригування параметрів паливоподачі та забезпечує за рахунок цього суттєве розширення періоду між ТО, а також ремонт.

НУБІП України

Перспективи підвищення надійності ТПА пов'язані із застосуванням технології індивідуального коригування параметрів ЕГФ при ТО. В цілому, показники надійності та стабільності параметрів БХУТ можуть бути покращені за рахунок комплексного підходу, т.е. спільно за допомогою механічної та електронної регулювання шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи ЕГФ типу CR.

НУБІП України

Розроблено математичну модель процесу роботи ЕГФ, встановлювальна залежність тривалості керуючого імпульсу від конструктивно-регульовальних параметрів ЕГФ. Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера показала позитивну збіжність за рівня значимості 95%.

НУБІП України

З використанням математичної моделі для відремонтованої по запропонованій технології ремонту ЕГФ фірми Bosch (модель 0445110273) визначені допускові відхилення тривалості керуючого імпульсу при різних режимах роботи.

НУБІП України

Розроблено методику регулювання відремонтованої ЕГФ типу CR замінами базових характеристик управління паливоподачею, що забезпечує розширення допусків до контрольних та складальних параметрів форсунки. У частості для ЕГФ фірми Bosch теоретично визначені та експериментально підтверджено

НУБІП України

допуски на режимі VI по цикловій подачі становить $\Delta v_i = +4 \text{ мм}^{\circ} \text{цикл}$, $L_t = +180 \text{ мкс}$; на режимі EM Айо, $i_{ш} = +2,2 \text{ ммУ/щик}$, $\Delta p = +100 \text{ мкс}$, на режимі ГЛ. $\Delta v_{ки} = 1,65 \text{ мм Уцикл}$, $\Delta p = 75 \text{ мкс}$; на режимі УС Гру $\Delta v_{ш} = 40,7 \text{ мм'щик}$, $\Delta p_{ш} =$

НУБІП України

+32 мкс

Розроблено

дистанційний індикатор для вимірювання малих переміщень ТА, який дозволяє збільшити точність і якість регулювально-настроювальних робіт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

3.1 Загальна методика експерименту

Метою проведення досліджень стала перевірка результатів теоретичних досліджень, практичне вивчення закономірностей процесів, що відбуваються в ЕГФ типу CR, встановлення факторів, найбільш суттєво впливають на його роботу і для знаходження допускових відхилень при зміні БХУТ.

3.2 Обладнання та апаратура досліджень.

Для уточнення отриманих експериментальних досліджень безмоторні випробування проводилися за ГОСТ 8670-82 та 150 9002 згідно з тест-планами з використанням спеціалізованого стенду для регулювання та випробувань дизельної ТА EP 815 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802 фірми Bosch з комплектом дооснащення SET для випробування ЕГФ типу CR.

Стенд має можливість регулювати температуру технологічної рідини на вході до ПНВТ за рахунок водяного околджения. Після відповідного доукомплектування стенд дозволяє проводити регульовально-настроювальні роботи всього спектру різноманіття ПНВТ, вироблених фірмою Bosch, а також деяких насосів інших виробників. Характеристики стенду приведені у таблиці 3.1



Рисунок 3.1 Загальний вигляд стенда EP3 815 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802 та до оснащенням для CR:

1 - вимірювальна система КМА 802;

НУБІП України

2-

3

-комплект

форсунки;

дооснащення;

4-

ПНВТ;

5- блок управління з дисплеєм;

НУБІП України

Таблиця 3.1

Характеристика контрольно-випробувального стенда EPS 815 з
вимірювальною системою КМА 802

№п/п	Характеристика	Величина
1	Електроживлення EPS 815	~230В/50..60Гц/3А
2	Електромагнітна сумісність (ЕМУ)	виріб класу А ЄС 55 022
3	Потужність ел. двигуна, кВт/при номінальній частоті обертання валу приводу, хв ⁻¹	10,2/580
4	Діапазон частоти обертання приводу, хв ⁻¹	0...5000
5	Момент інерції маховика приводу Kr*Mz	1,5
6	Точність вимірювання частоти обертання, хв ⁻¹	±0,4
7	Місткість паливного бака, л	50
8	Індикація	аналого-цифрова індикація у вигляді стовпчикових діаграм; освітлення допусків розкиду, цвіт-те маркування перевищення
9	Самодіагностика	повідомлення про несправності
10	Межі вимірювань манометрів стенду, Мпа - низького тиску; - високого тиску; - вакуумного або вимірювання тиску палива всередині ПНВТ; - Для вимірювання тиску подачі.	0...0,60+0,005 0...6,00+0,5 -0,10...0,2510,0125 0...1,6010,025

НУБІП України

11	Максимальна кількість секцій ТНВД, що обслуговуються.	12
13	Продуктивність живильного насоса (високий тиск), л/хв (МПа)	0...140(0...6,00)
12	Продуктивність живильного насоса (низький тиск), л/хв (МПа)	0...22(0...0,60)
14	Тип вимірювальної системи КМА 802	відкрита безінерційна система
15	Точність налаштування кута початку подачі, град	0,1°
16	Межі вимірювання циклової подачі, мм ³ /цикл (л/год)	0,2...3000,0 (0,03...30,00)
17	Точність вимірювання циклової 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 регулювання температури, °C	30...60°C
20	Діапазон вимірювання температури, °C	-40...150°C
21	Максимально допустима температура навколишнього середовища, °C	45
22	Точність вимірювання температури (°C): КТ 4 (серійно); РТ 1000 (опція)	4010,4/8011,2 4010,4 / 8010,5

Електронна система замість вимірювальних мензурок працює з моделлю обслуговування КМА 802, а також з розрахунковим та екранним моделями. Всі 3 модуля об'єднані в єдиний блок 6 (мал. 3.4), що встановлюється на випробувальному стенді EPS 815.

Регулюючий поршень приєднується паралельно до входу та виходу шестерні підкачувального насоса. Якщо продуктивність насоса однакова з величиною циклової подачі технологічної рідини через стендові форсунки

НУБІП України

НУБІП України

поршень знаходиться в середньому положенні. Всі рідини течуть більше, поршень здвигається вліво, а якщо менше - вправо.

У випробувальному стенді є два вимірювальні осередки. Комп'ютер з'єднує

по черзі всі секції ПНВТ, що перевіряються, у двох групах з цими вимірювальними осередками.

Стенд EPS 708 дозволяє діагностувати форсунки та ПНВТ систем CR виробництва Bosch, Siemens, Denso (мал. 3.2). Для компонентів Bosch можлива

гарантійна експертиза. Стенд оснащений вбудованою системою охолодження,

завдяки якій значно скорочується витрата води в автосервісі. В якості опції

доступна також звичайне водяне охолодження. Також стенд має електронну

вимірювальну систему кількості топлі, що впрорскується та систему електронного

регулювання тиску на вході в ПНВТ. Робоча область випробувального стенда

закрита міцним екраном, що забезпечує безпеку оператора.



Рисунок 3.2 Загальний вид стенду EPS 708 з безмензурочною електронною вимірювальною системою KMA 802

Таблиця 3.2

Характеристики контрольно-випробувального стенда EPS 708 з вимірювальною системою KMA 802

№п/н	Характеристика	Величина
1	Електроживлення EPS 708	~ 230 В/50..60 Гц/3 А
2	Електромагнітна сумісність (ЄМУ)	виріб класу А ЄС 55 022
3	Потужність ел. двигуна, кВт	8
4	Перевірені параметри для CR/CRIN	- Перевірка на герметичність - Зворотний слив

НУБІП УКРАЇНИ

		<ul style="list-style-type: none"> - Попереднє упорскування - Холостий хід - Повне навантаження - Еко-режим - Код ІМА
5	Максимальний тиск в акумуляторній рейці, МПа	250
6	Місткість паливного бака, л	50
7	Система охолодження	Інтегрована
8	Індикація	аналого-цифрова індикація у вигляді стовпчикових діаграм; освітлення допусків розкиду, світ-те маркування перевищення
9	Самодіагностика	повідомлення про несправності
10	Межі вимірювань манометрів стенду, МПа - Низький тиск; - високого тиску; - вакуумного або вимірювання тиску палива всередині ПНВТ; - для вимірювання тиску 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 ЕГФ	6
13	Продуктивність живильного насоса (високий тиск), л/хв (МПа)	0...140(0...6,00)
12	Продуктивність живильного насоса (низький тиск), л/хв (МПа)	0...22(0...0,60)
14	Тип вимірювальної системи КМА 802	відкрита безінерційна система
15	Точність налаштування кута початку подачі, град	0,1°
16	Межі вимірювання циклової подачі, мм3/цикл (л/год)	0,2...3000,0 (0,03...30,00)
17	Точність вимірювання циклової 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 регулювання температури, °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/

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Застосування на стендах фірми Bosch EPS 815 та EPS 708 безмензурочної електронної вимірювальної системи КМА 802 дозволяє виключити погрішності осадження палива та зливу, градування мірних ємкостей при вимірі циклової подачі, візуального зчитування рівня палива, а також виключити вплив на процес виміру суб'єктивного людського фактора. Схема електронного вимірювання величини подачі палива системою КМА 802 показано на малюнку 3.3.

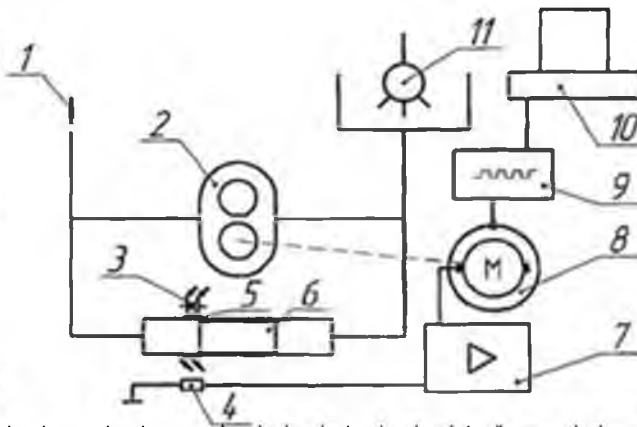


Рисунок 3.3 Електронна система вимірювання величини подачі палива КМА 802: 1 - магістраль зворотного зливу технологічної рідини в бак; 2 - шестерний підкачуючий насос; 3 - світлодіод; 4 - фотоелемент; 5 - вікно світловода; 6 - регулюючий поршень; 7 - блок управління; 8 - електродвигун; 9 - лічильник імпульсів; 10 - персональний комп'ютер; 11 - стендова форсунка.

Використання електронної вимірювальної системи дозволяє виключити вплив температури палива на процес виміру циклової подачі. Дана електронна вимірювальна система має також і ряд інших переваг, таких як: - Швидкість вимірювання і висока точність циклової подачі (одиниці виміру циклової подачі см/1000 циклів при цьому не змінюються); - наочне подання результатів вимірювань у цифровому та графічному вигляді; - Рездруктування протоколу випробувань.

Також експериментальні дослідження були проведені на стендах призначених для експрес-діагностики форсунок типу CR, такі як EPS 200, Hartridge IFT - 7 і Бащдизель ВТС - 201 (мал. 3.3).

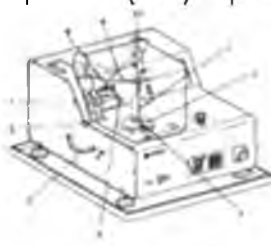


Рисунок 3.4 Перевірочні стенди для діагностики форсунок типу CR:

Загальний вигляд (а) та компоненти пристрою для проведення перевірки форсунок CR Bosch EPS 200 (б): 1 - форсунка системи CB, 2 - камера для струменя, 3 - камера впорскування, 4 - натяжний болт для кріплення форсунки, 5 - промивний відвід, 6 - натяжний болт для регулювання по висоті кріплення, 7 - кріплення, 8 - панель для підключення компонентів, 9 - сполучна магістраль високого тиску для подачі перевіркової олії, 10 - адаптер для підключення форсунки системи CR; в - Hartridge IFT 70; г- Башдизель ВТС - 203.

Стенд EPS200 (рис. 3.4) містить такі компоненти як: насос та блок мікропроцесор і рідкокристалічний дисплей з сенсорним екраном. На даному стенді проводяться випробування на герметичність при повній навантаженні, на холодостому режимі можна виміряти кількість впорскуваного палива та кількість зворотного зливу. Вимірювані параметри:

- | | |
|-------------|---------------|
| 1. Копостий | кід: |
| 2. Повне | навантаження! |
| 3. зворотне | скидання. |

Hartridge IFT - 70 (рисунок 3.4) розроблений для початкової діагностики ЕГФ як у невеликих майстернях, так і спеціалізованих дизельних центрах. IFT-70 дозволяє просто і швидко протестувати ЕГФ типу CR. Представили собою економічно ефективне рішення для попередньої діагностики ТПС типу CR, цей модульний стенд може бути дообладнаний для тестування звичайних механічних форсунок та розпилювачів насос-форсунок (EUI). Базова комплектація IFT- 70 включає блок управління IFT - с, і дозволяє тестувати всі типи форсунок CR. при тиску до 70 МПа (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

№ п.п.	Параметри	Показники		
		Hartridge IFT-70 EPS 200	Hartridge IFT-70 EPS 200	Hartridge IFT-70 EPS 200
		Башдизель BTC 201 CR	Башдизель BTC 201 CR	Башдизель BTC 201 CR
1	Габаритные размеры, мм	780x620x890 580	580x560x780	460x540x720
2	Напряжение питания, В	220 - 230	220-380	380
3	Диапазон регулирования давления, МПа	0-70	0-180	0-160
4	Рабочий интервал сигнала открытия форсунки,	100 – 3000	100-3000	150-3000
5	МКС	1	1	1
6	Одновременная проверка количества форсунок, шт.	Мензурочне	Безмензурочне	Мензурочне

Розроблений у Башкирському ГАУ науково-виробничою фірмою Башдизель стенд BTC - 203 (мал. 3.4, г) для випробування компонентів паливних систем CR дозволяє відтворити будь-який тиск на вході у форсунку до 160 МПа, перевірити гідросильність елементів системи паливної подачі, виміряти продуктивність форсунки шляхом подачі програмованих користувачем сигналів керування форсунками для перевірки їх працездатності візуально, (Форма та інтенсивність розпилу, об'ємна продуктивність).

Стенд BTC - 201 має блочно - модульну конструкцію (рис. 3.7, г) та складається з блоку високого тиску 1 з приймальним пристроєм 2 вимірювальної системою 3, зібраного на рамі стенду та блоку управління 4, здійснює контроль та керування робочими параметрами стенду (відображення режиму роботи, значення тиску в системі, а також завдання керуючих сигналів при випробуванні електронних компонентів).

На передній панелі стенда розташовані кнопки включення паливного насоса низького тиску (підкачування) та силового приводу. На передній панелі контролери знаходяться: рідкокристалічний індикатор, кнопки управління, світлодіодний індикатор. На задній панелі стенда знаходяться з'єднувальні кабелі, в тому числі і "МЕРЕЖА" для підключення мережевого живлення -380 В. У таблиці 3.3 показано основні технічні характеристики перевірочних стендів.

НУБІП України

Для спостереження об'ємних об'єктів із збереженням стереоефекту (контроль якості складання) і для ручних робіт над дрібними деталями був використаний мікроскоп МБС-9 (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 Загальний вигляд мікроскопа МБС-9

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

Таблиця 3.4

Технічні характеристики мікроскопа МБС-9

№ п.п.	Параметри	Показники
1	Габаритні розміри, мм	200x160x400
2	Живлення від мережі змінного струму,	220
3	маса, кг	5
4	Робоча відстань об'єтивів, мм	190
5	Діапазон змінних збільшення, крат	от 1,2 до 100
6	Поле зору окулярів, мм	8-19

Методика визначення твердості та мікротвердості.

Як відомо, одним із важливих показників якості відновленої поверхні є твердість. Вимірювання твердості запірного клапана ЕГФ типу СР мною вироблялося кілька етапів. Насамперед визначалася загальна твердість відновленої поверхні після притирання всіх зразків.

НУБІП України



Рисунок 3.6 Загальний вигляд: а) твердоміра Віккерса моделі ПП-7р-1; б) мікротвердоміра ПМТ-3

Найбільш важливим етапом оцінки твердості отриманих покриттів, був вимір розподілу мікротвердості за глибиною зразка. Вимірювання вироблялося вдавленням алмазного накінецьника за ГОСТ 9450 - 76. Для реалізації досвіду застосовувався мікротвердомір ПМТ - 3, загальний вигляд якого показано на малюнку 3.6. При цьому навантаження на алмазну піраміду при вимірюваннях становила 0,981Н (100). Для зручності усі отримані дані за величинами твердості та мікротвердості по можливості перекладалися на значення твердості за шкалою НРС.

Методика визначення мікроструктури запірного клапана ЕГФ типу CR фірми Bosch.

Для візуальної оцінки жості відновленої поверхні необхідно було провести мікроскопічний аналіз одержаної поверхні. Вивчення мікроструктури виробляли за методикою, описаною в літературі, по фотографіям, отриманим на мікротвердомірі ПМТ - 3, застосовуючи при цьому фотонасадку МФН - 12 і фотоапарат "Olympus E-420". Для швидкості та зручності отримання мікрошліфів нами було виготовлено спеціальну оправку. Отримані таким чином шліфи заливались епоксидною смолою в спеціальні кільця, шліфувалися, а потім і трілися в 4-6% розчині азотної кислоти в етиловому спирті.

НУБІП України

3.3 Експериментальні установки та датчики.

Параметри паливоподачі при дослідженні оцінювалися використанням комп'ютера, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) та програмних засобів реєстрації.

Дослідження, пов'язані з визначенням характеристики вгорскування проводилися з використанням експериментальної установки, схема якої представлена рисунку 3.7.

Установка включає розроблене на кафедрі «Трактори та автомобіли» НУБІП пристрій для дослідження подачі палива паливоподаючою апаратурою в дизелях, яка дозволяє підвищити точність визнання характеристики подачі палива (патент РФ №2433299).

Експериментальна установка працює так (рис. 3.7) випробувана ЕГФ 5 встановлюється штуцер 4 і затискається болтами. ПНВТ 2 приводний рух електродвигуном 1 стенда постійно нагнітає технологічну рідину в гідроаккумулятор 6, в якому за допомогою редукційного клапана 8 підтримується заданий тиск. Управління клапаном здійснюється широтно-імпульсним модулятором (ШИМ), який входить склад блоку управління (ЕБУ). Контроль за тиском у гідроаккумуляторі 6 здійснюється за допомогою приєднаного до нього універсального вимірника тиску

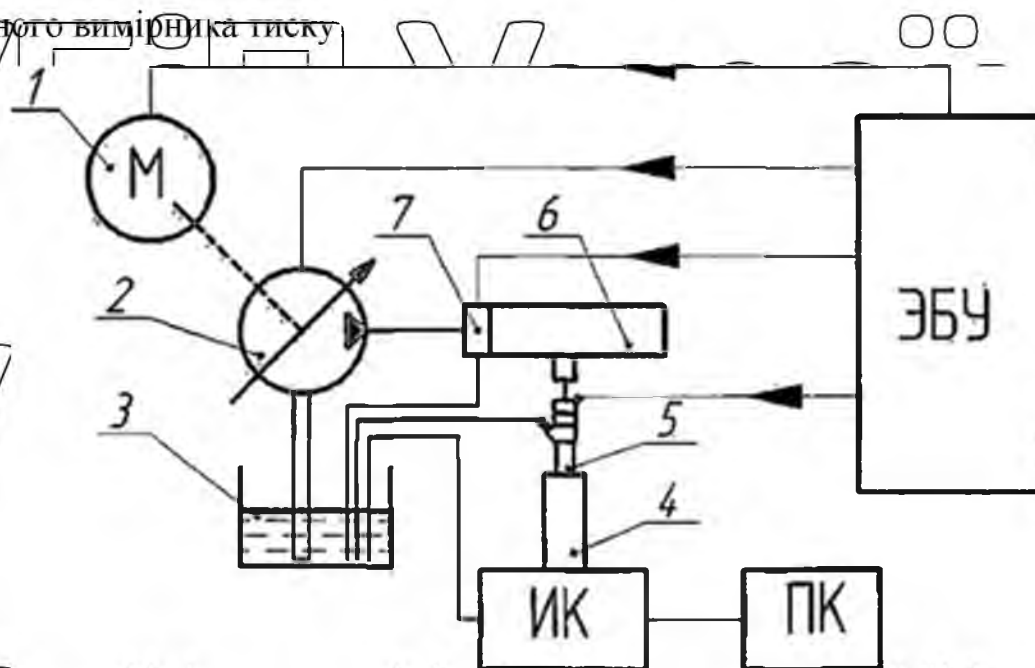


Рисунок 3.7 Схема експериментальної установки: 1 - електродвигун; 2 - ПНВТ; 3 - бак з робочою рідиною; 4 - штуцер; 5 - ЕГФ; 6 - гідроаккумулятор; 8 -

НУБІП України

НУБІП України

– редукційний клапан; ЕБУ – електронний блок управління; ВК – вимірювальний комплекс; ПК – персональний комп'ютер.

Управління ЕГФ відбувається за допомогою багатофункціонального імітатора сигналів розробки кафедри «Трактори та автомобілі» НУБІП, який може задавати тривалість, форму сигналу і частоту впрорскування в залежності від фірми виробника ЕГФ. При подачі з імітатора сигналу імпульса з певною частотою і тривалістю на ЕГФ починається його робочий процес.

Інформаційний вимірювальний комплекс складається з ПК, аналогово-цифрового перетворювача ZET 210 та ряду перетворювачів.

Модуль АЦП ZET 210 призначений для вимірювань параметрів сигналів широкому частотному діапазоні (з частотою дискретизації до 500 кГц), поступаючих з різних первинних перетворювачів. Підключення до ПК та живлення модуля здійснюється за шиною USB 2.0. Управління та збір інформації виробляються безпосередньо за командами з ПК. Основні технічні характеристики АЦП ZET 210 представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Основні технічні характеристики АЦП ZET 210

Параметр	Значення
Кількість входів	16 синфазних/8 диференціальних
Сумарна частота перетворення по всіх включених каналах, кГц	до 500
Кількість розрядів АЦП	16
Максимальна входна напруга,	± 7
Вхідний опір, кому	2
Динамічний діапазон, дБ	84
Максимальна нерівномірність АЧХ у частотному діапазоні 10 Гц...200 кГц, дБ	1
Захист входів при включеному живленні,	± 30
Захист входів при вимкненому живленні,	± 30
Міжканальне проникнення, дБ	-72
Вхідна ємність, пФ	20

НУБІП України

Функціональна блок-схема модуля представлена малюнку 3.8 і працює в такий спосіб. Шістнадцятиканальний мультиплексор комутує послідовно всі вибрані канали одного операційного підсилювача, через рівні проміжки часу.

НУБІП України

Рисунок 3.8 Функціональна блок-схема модуля ZET 210

Після моменту перемикання каналів, від сигнального процесора надходить команда початку перетворення для АЦП, по закінченні перетворення АЦП піднімає прапор готовності даних перетворення і відбувається переривання в сигнальному процесорі. Сигнальний процесор зберігає дані у внутрішній пам'яті для подальшої передачі контролеру USB.

Вся інформація із модуля ZET 210 стікається в ПК. Спеціальна програма обробки сигналів ResultViewer дозволяє записувати та проводити статичну обробку отриманих даних.

Для проведення експериментальних досліджень щодо вибору раціональних режимів відновлення запірних конуса клапана, використовувалась спеціальна оснастка, розроблена на кафедрі «Трактори та автомобілі» НУБІП (рис. 3.8).

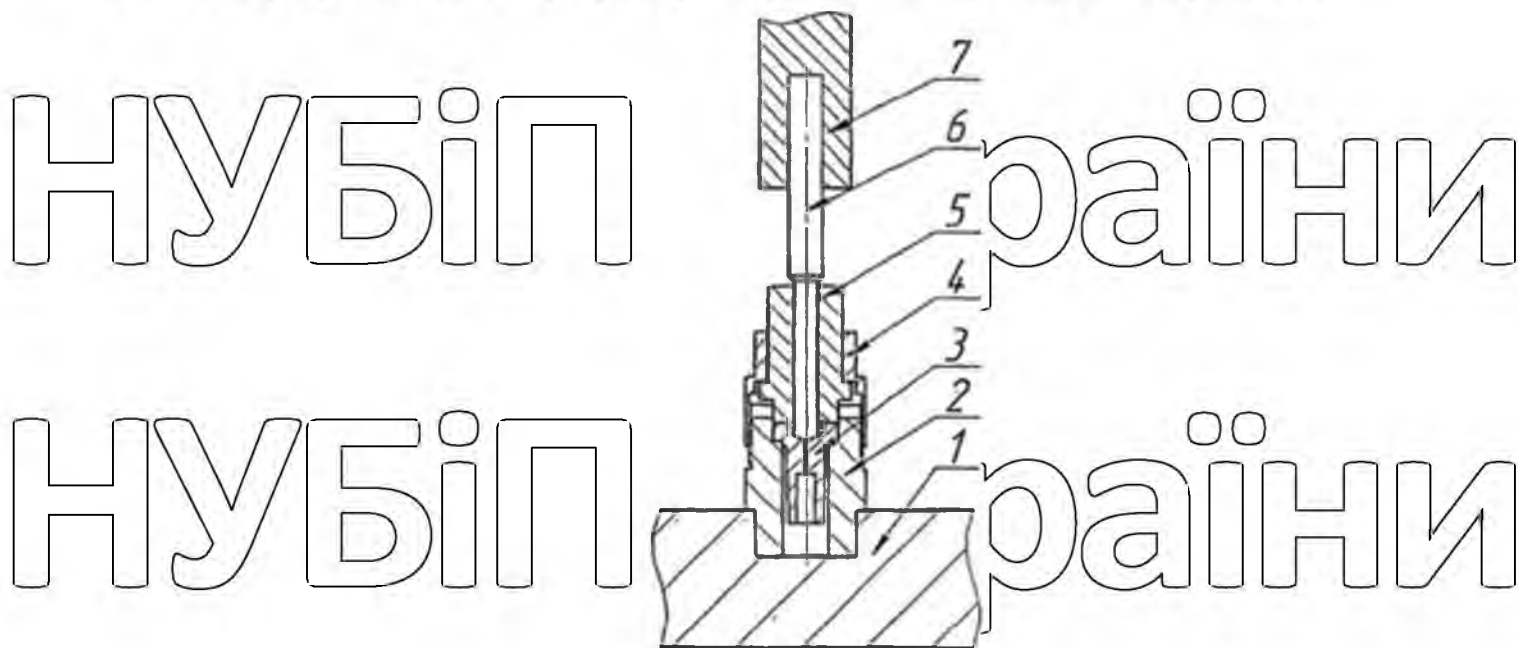


Рисунок 3.8 Оснащення для відновлення запірних клапанів ЕГФ типу CR

фірми Bosch:

- 1 - завзята плита; 2 корпус; 3- сідло клапана ЕГФ, 4 - гайка, 5 - напрямна прссгавка; 6 - притир; 7 – затискний патрон.

НУБІП України

НУБІП України

Для притирання запірного конуса рекомендовано використовувалося притиральна паста розміром не більше 4 мкм, наприклад, пасту МЗ для притирання плунжерних пар ЗАО «Алтайський завод прецизійних виробів». Цикл відновлення включає періодичний (15-20 разів) притиск (із зусиллям 2-3Н) та відрив притиру при частоті його обертання в межах 2500-2600 хв⁻¹. Потім клапанний вузол промивався в ультразвуковій ванні, продувається стисненим повітрям і за допомогою мікроскопа здійснюється візуальний контроль якості притирання. При виявленні ліній на запірній поверхні цикл притирання повторювався.

НУБІП України

Регістрація миттєвих значень тиску палива в ЛВД проводилася тензометричними перетворювачами МД-10 V TU 4212-163-00227459-98 (рис. 3.9). Схема його підключення показана малюнку 3.10, в.

НУБІП України

Рисунок 3.9 Загальний вигляд тензометричного датчика серії МД та схема Порожнина, що сприймає тиск палива виготовлена зі сплаву зі вмістом титану 87%. Характеристики тензоперетворювача МД-10 V представлені у таблиці 3.6.

НУБІП України

Тензоперетворювач працює наступним чином. Дані тензоперетворювача відповідають ТУ 25-7301.061-89.

Під дією тиску вимірюваного середовища сапфірово-титанова мембрана прогинається, тензорезистори змінюють свій опір, що призводить до дисбалансу моста Унтсона, який пропорційний вимірюваному тиску.

Таблиця 3.6

Технічні характеристики тензоперетворювача МД-10 V2

Параметри	Значення
Нелінійність Цд, %	±0,2
Варіація Цд, %	±0,05
Діапазон вихідного сигналу Цд за +20 С, мВ	100...200
Початкове значення вихідного сигналу за +20 С, мВ	±10
Зміна початкового значення вихідного сигналу від температури, % на 1 °С	±0,05

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Зміна діапазону вихідного сигналу від температури % на 1°С	±0,05
Діапазон робочих температур, ІС	-50...+125
Діапазон вимірюваних тисків, МПа	0...10
Номінальне значення тиску, Мпа	10
Граничне значення тиску, Мпа	20
Опір моста при температурі +20° С, ком	2,5±0,5
Напруга живлення, В	4...12

Тарувальні значення тензоперетворювачів, що використовуються, наведено

нижче:

- початкове значення вихідного сигналу, що відповідає нульовому значенню вимірюваного параметра при температурі $20 \pm 5^\circ \text{C}$ - 10,25 мВ;

- кінцеве значення вихідного сигналу, що відповідає номінальному

-значення вимірюваного параметра при температурі $20 \pm 5^\circ \text{C}$ - 137 мВ.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Удосконалення технології ремонту ЕГФ типу Common Rail.

Експериментальні дослідження відремонтованої електрогидравлічної форсунки типу Soltop Вай фірми Bosch по вдосконаленій технології

Розроблена технологія ремонту ЕГФ типу CR на кафедрі «Трактори та автомобілі» НУБІП були проведені порівняльні дослідження з оцінки ефективності відновлення клапанних пар для ЕГФ фірми Bosh моделі 0445110012 на стендах Bosch EPS 200 и Hartridge CRI-PC.

Основні діагностичні параметри визначали відповідно до тест-планами фірм-виробників (перевірка на холостому ході, при повному навантаженні, режим пуску та перевірка гідрощільності) до, і після ремонту (таблиці 4.1), також для порівняння наведено дані з тестування трьох нових форсунок.

Згідно з даними проведених випробувань витрата палива на управління у всіх трьох дослідних ЕГФ до притирання запірних клапанів при повному навантаженні виходив за допустимі межі за тестом плану Bosch. Після відновлення клапанів у всіх форсунок параметри, що діагностуються при тестуванні на стенді EPS 200 увійшли до меж допусків, однак, кількість витрати на управління було більше в середньому на 40%, ніж у нових форсунок. На рисунку 4.1 як приклад є протокол одного випробування ЕГФ фірми Bosch моделі 0445110012 на стенді Bosch EPS 200 (додаток В).

Випробування проводилися триразово для кожної їх трьох форсунок прийнятих для аналізу (три до ремонту, три після ремонту та три нових форсунок). Результати комплексних випробувань представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Дані випробування форсунок фірми Bosch моделі 0445110012 на стенді Bosch EPS 200

Крок випробування	Тест на пропуски	Повне Холосте навантаження ходу	Режим пуску	
Тривалість імпульсу на електромагніт (ЦС)	0	800	675	160
Тиск у рампі (МПа)	140	135	25	80

Циклова подача мм3/упорскування	По плану	Фактичне	До ремонта	1	50.9±4.0	4.7±1.6	1.5±1.2	
				2	45.62	3.86	0.83	
				3	47.84	4.23	0.48	
	Після ремонта	Фактичне	До ремонта	1	52.03	4.04	0.79	
				2	48.81	5.25	1.44	
				3	50.47	4.83	1.61	
	Нова	Фактичне	До ремонта	1	47.62	4.65	1.65	
				2	49.88	3.72	2.32	
				3	49.25	4.21	2.86	
	Витрата управління мм3/упорскування	По плану	Фактичне	До ремонта	1	35±35	49±32	Не вимірюється
					2	37.47	96.36	
					3	82.32	208.2	
Після ремонта		Фактичне	До ремонта	1	20.18	86.58		
				2	20.35	49.62		
				3	22.91	51.28		
Нова		Фактичне	До ремонта	1	21.63	52.36		
				2	11.00	34.98		
				3	17.94	37.32		
				3	37.13	30.55		

Для ретельнішої перевірки дані ЕГФ були протестовані на стенді CRI-PC фірми Hartridge. Оскільки цей стенд не акредитований фірмою Bosch для ремонту

ЕГФ, під час випробування використовувалися оригінальні тест-плани фірми

Hartridge, які мають жорсткіші допуски щодо кількості витрат на управління

(таблиця 4.2). Це підтверджується тим, що при випробуванні нової форсунки під

номером 3 також було визначено перевищення допустимих норм кількості витрат

на управління. Згідно з цими тест-планами перевірка проводилася на наступних

режимах: перевірка зібраної установки на витоки, підготовка форсунки, перевірка

гідрошільності, повне навантаження, середнє навантаження, холостий хід, режим

пуску. Як приклад наведено протокол випробувань лише одного із семи

вказаних вище режимів - повного навантаження. З таблиці 4.2 видно, що це три

відремонтовані форсунки вийшли межі норм за кількістю витрати на управління в

середньому на 35%. Хоча показник витрат на управління у ЕГФ після ремонту за

тест-планом фірми Hartridge вийшов за допустимі значення, при встановленні на

двигун вони справно працювали із забезпеченням ресурсу до 100 тис. км.

Таблиця 4.2

НУБІП України

Дані щодо випробування форсунок фірми Bosch моделі 0445110012 на стенді Hartridge CRI-PC при повному навантаженні.

Повна нагрузка	Ми н	Мак с	Фактичне								
			До ремонту			Після ремонту			Нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Інтенсивність упорскування, упорскування/хв.	0	0	1000								
Тривалість сигналу, (ІСЕК)	0	0	800								
Температура палива, °С	38	42.0	40.2	40.	40.1	40.	39.	38.	40	40.	40.
Тиск у рам-пі, бар	134	136	134.	135	135	135	134	134	135	134	134
Затримка впорскування, цсек	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Витрата на управління мм3/упорскуван ня	15	31	87.1	92.	126.	41.	38.	44.	27	28.	32.
Температура "обратки", °С	0	0	74.2	78.	82.3	46.	44.	45.	40.	43.	46.
Тиск "обертки", Мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклова подача, мм3/упорскуван ня	46	56.9	49.2	47.	45.6	46.	45.	48.	50	50.	50.
Відхилення циклової подачі, мм3/упорскуван ня	0	0	0.4	0.6	1.2	0.2	2.0	2.5	0.5	0.5	0.5

Таблиця 4.3

Дані випробування форсунок фірми Bosch моделі 0445110012 на стенді Hartridge CRI-PC при середньому навантаженні

Повне навантаження	Ми н	Мак с	Фактичне								
			До ремонту			Після ремонту			Нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Інтенсивність упорскування, упорскування/хв	0	0	1000								

Тривалість сигналу, цсек	0	0	500								
Температура палива, °С	38	42.0	40.2	40.3	40.1	40.3	39.1	38.4	40.1	40.3	40.1
Тиск у рампі, бар	790	810	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Затримка впорскування, цсек	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Кількість "обертки" мм³/упорскування	15	31	87.1	92.3	126.1	41.0	38.9	44.0	27.3	28.4	32.1
Температура "обертки", °С	0	0	74.2	78.1	82.3	46.3	44.0	45.5	40.7	43.6	46.5
Тиск "обертки", мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклова подача, м³З/упорскування	46	56.9	49.2	47.3	45.6	46.5	45.1	48.6	50.9	50.8	50.7
Відхилення циклової подачі, мм³/упорскування	0	0	0.4	0.6	1.2	0.2	2.0	2.5	0.5	0.5	0.5

Таблиця 4.4

Дані щодо виробування форсунок фірми Bosch моделі 0445110012 на стенді Hartridge CRI-PC при холодостому ході

Повне навантаження	Ми н	Мак с	Фактичне								
			До ремонту			Після ремонту			Нова		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Інтенсивність впорскування, упорскування/хв.	0	0	1000								
Тривалість сигналу, цсек	0	0	675								
Температура палива, °С	38	42.0	40.2	40.3	40.1	40.3	39.1	38.4	40.1	40.3	40.1
Тиск у рампі, бар	240	260	241	245	256	250	253	250	254	254	249
Затримка впорскування, цсек	0	0	339	350	348	325	325	332	302	296	295
Кількість "обертки"	15	31	87.1	92.3	126.1	41.0	38.9	44.0	27.3	28.4	32.1

мм ³ /упорскування											
Температура "обертки", °С	0	0	74.2	78.1	82.3	46.3	44.0	45.5	40.7	43.6	46.5
Тиск "обрат-ки", мбар	0	0	3	4	3	4	3	3	3	3	2
Циклова подача, мм ³ /упорскування	46	56.9	49.2	47.3	45.6	46.5	45.1	48.6	50.9	50.8	50.7
Відхилення циклової подачі, мм ³ /упорскування	0	0	0.4	0.6	1.2	0.2	2.0	2.5	0.5	0.5	0.5

4.2 Дослідження експлуатаційних показників ЕГФ для використання в запропонованій методиці електронної корекції базових характеристик паливоподачею.

Найбільш слабким вузлом у ТПС типу CR є ЕГФ, у якій крім інших вузлів порушуються регулювання та БХУТ, які можуть регулюватися з допомогою електронного управління паливоподачею.

Для використання в запропонованій методиці індивідуального коригування ровки БХУТ ЕГФ при ТО, описаної в другому розділі, були проведені дослідження експлуатаційних показників ЕГФ.

4.3 Дослідження щодо визначення експлуатаційних показників ЕГФ типу CR фірми Denso.

В автотракторних та комбайнових дизелях застосовуються так само паливні системи типу СВ. та інших фірм-виробників, зокрема фірми Репзо. У зв'язку з цим були проведені дослідження з визначення експлуатаційних показників ЕГФ цієї фірми, саме моделі 6C1Q-9K546-AC. Особливістю конструкції ЕГФ фірми Репзо моделі 6C1Q-9K546-AC те, що механічне регулювання проводиться тільки за допомогою 3 регулювальних шайб (рис. 4.1).

Основні параметри працездатної форсунки визначали у відповідності тест-планами фірми виробника ЕГФ Denso. Досліджувані ЕГФ були протестовані на стенді СВЕ-РС фірми Націаве. Перевірка проводилась на наступні режими: холостий хід, режим пуску, повне навантаження (таблиця 4.4).

НУБІП УКРАЇНИ

З таблиці 4.4 видно, що зі збільшенням зусилля пружини на розпилювачі з допомогою регулювальних шайб (рис. 4.1), витрата палива управління і циклова подача зменшується, але це зменшення відбувається неоднаково різних режимах.

Найбільш відчутно проявляється вплив на циклову подачу на режимі холостого ходу: збільшення $g_{i\phi}$ з 7,7 до 15,0 мм³/цикл (на 87%), менш значуще на режимі повного навантаження: g_{ϕ} з 33,7 до 43,3 мм³/цикл (на 28%). Витрата управління має зворотну залежність 24% і 36%. Таким чином, дослідження показали, що базові характеристики паливоподачі мають нелінійний вигляд. У цьому найбільш ефективно регулювання характеристик палива можна проводити з допомогою електронної коригування.

З вищенаведених досліджень видно, що можливості електронного регулювання дуже великі: електронною корекцією можна вирішити завдання механічного регулювання параметрів ЕГФ. Зокрема, під час проведення ТО ЕГФ можна не розбирати форсунку для встановлення ремонтного розміру регулювальної шайби, а компенсувати зміну характеристики ЕГФ за рахунок зміни тривалості керуючого імпульсу.

Рисунок 4.1 Схема розташування регулювань ЕГФ фірми Denso. Згідно з тестом - планом фірми виробника ЕГФ Denso витрата на управління і циклова подача повинні перебувати в межах 20 і 44 мм³/цикл відповідно. З рисунків видно, що цим вимогам задовольняє шайба товщиною від 0,95 - 1 мм.

Таблиця 4.5

Вплив зусилля пружини розпилювача ЕГФ фірми Denso моделі 6C1Q-9K546-AC на циклову подачу та витрата на управління на різних режимах роботи

Товщи на шайби	Кількість стажу	Режими роботи					
		Холостий хід, P=25МПа		Пуск, P=50МПа		Повне навантаження P=70МПа	
		Витрата управління, ЦМГ/ДП	Циклова подача, Їш/ЦПЕ П	Витрата управління, ішг/шші	Циклова подача ,	Витрата управління, Іш/Ші-І	Циклова подача , шг/шші і
И	№1	13	5	16	25	22	34
	№2	12	8	15	23	22	33

НУБІП України

	J&3	13	S	18	23	24	34
	Сред. ана ч.	12,7	8	1733	23,7	23	33,7
1,25	№1	14	8	20	21	27	35
	№2	14	7	18	20	26	36
	№3	13	3	20	21	26	36
	Сред. знач.	13,7	7,7	193	20,7	263	357
1Д	J61	14	8	16	26	25	38
	№2	14	7	17	26	24	37
	J&3	13	S	17	26	24	36
	Сред. днач.	13,7	7,7	16,7	26	243	37
1,15	№1	12	11	18	28	26	39
	№2	13	10	17	28	27	38
	J&3	12	10	20	27	26	39
	Сред. знач.	12,3	103	183	27	263	387
1,1	№1	13	12	IS	29	27	38
	J&2	13	11	18	29	27	40
	J&3	14	12	19	30	28	40
	Сред. знач.	133	11,7	183	293	273	393
1,05	№1	14	13	19	30	28	41
	№2	14	13	20	30	28	41
	№3	14	12	19	31	28	40
	Сред. знач.	14,0	12,7	193	303	28,0	407
1	№1	14	13	20	31	30	42
	J62	15	14	20	31	31	42
	№3	14	14	21	31	30	43
	Сред. знач.	14	13,7	203	31,0	303	423
0,95	№1	15	15	22	33	32	44
	J&2	16	15	22	32	31	43
	№3	16	15	21	32	31	43
	Сред. знач.	15,7	15,0	21,7	323	313	433

НУБІП України

РОЗДІЛ 5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У зв'язку з тим, що клапанна пара є одним з найскладніших у виробництві.

товленні і дорогим за вартістю елементом ЕГФ типу CR, нами було запропоновано ввести в стандартну технологію фірми Bosch (три) додаткові операції з відновлення працездатності запірного клапана в умовах спеціального підприємства.

Одним з основних методів вивчення витрат часу є хронометраж. Для оцінки економічної ефективності були проведені експериментальні дослідження хронометражу вдосконаленої технології ремонту ЕГФ типу CR фірми Bosch. Середнє значення часу необхідне для монтажу однієї форсунки склало 35 хв, для ремонту сидла клапана 5 хв.

Таблиця 5.1

Хронометраж ремонту ЕГФ моделі 445110190 за вдосконаленої технології

фірми Bosch

№ п. п.	Найменування операції	Час, хв				Середнє значення	Обладнання
		Форсунка 1	Форсунка 2	Форсунка 3	Форсунка 4		
1	Перевірка на стенді	02:02	00:59	01:10	0050	01:15	Hartridge JFT-70
2	Розбирання	0220	0321	03:45	0335	03:15	Набір спеціальних інструментів
3	Дефектування	01:08	0052	00:41	00:48	0052	Мікроскоп МБС-9
4	Миття та очищення	02:49	0230	02:12	0220	0228	Ультрозвукова ванна, щітка
5	Притирання клапана	0624	0429	05^9	0520	0531	Пристрій для притирання запірного клапана ЕГФ Bosch, вертикально-свердловальний верстат, паста притирочна

6	Складання	25:47	1831	18:47	1850	2029	M-3 Набір спец. інструментів
	в т.ч. регулюванн я повітряного зазору	09:35	04:10	05:48	0452	06:06	Притирочна плита
	регулюванн я ходу якоря	04:08	01:40	0159	0156	0226	
7	Перевірка на стенді	02:20	0150	0135	01:46	0153	Hartridge PFT-70
8	Разом	42:50	3232	3359	3329	35:43	

Результати дослідження були порівняні з хронометражем стандартної технології ремонту ЕГФ типу CR фірми Bosch, в якій середнє значення часу склало 20 хвилин (таблиця 5.1).

Проведений порівняльний аналіз хронометражу показав, що запропонована нами технологія на 15 хвилин ремонту займає більше часу, ніж стандартна. Підрахувавши річний обсяг відремонтованих ЕГФ типу CR фірми Bosch на базі НВФ ТОВ «Башдизель» за стандартною технологією склав 1500 форсунок, нова ж технологія у 1,7 раза менша (882). Враховуючи той фактор, що вартість ремонту запропонованої нами технології нижча, було підраховано річний економічний ефект за формулою:

$$E_{\text{нм}} = (ЗП_{\text{баз}} - ЗП_{\text{нов.}}) N_{\text{нов.}} \quad (5.1)$$

де $E_{\text{нм}}$ – економічний ефект удосконаленої технології, грн.;

$ЗП_{\text{баз}}$ – закладається прибуток від ремонту однієї ЕГФ за базовою технологією, грн.;

$ЗП_{\text{нов.}}$ – закладається прибуток від ремонту однієї ЕГФ за вдосконаленою технологією, грн.

$N_{\text{нов.}}$ - річний обсяг виробництва продукції за допомогою вдосконаленої технології, од.

Таблиця 5.2

НУБІП України

Собівартість ремонту 1 форсунки за допомогою стандартної та удосконаленої технології

№ п.п	Витрати на ремонт	Витрати на ремонт 1 форсунки за допомогою базового варіанта ТЕХНОЛОГІЇ (ЗБАЗ), грн.	Витрати на ремонт 1 форсунки за допомогою вдосконаленої технології (Знову), грн.
1	Замінні деталі, в т.ч.	6110	2110
2	Фторопластова шайба	100	100
3	Кулька сидла клапана	10	10
4	Гайка розпилувача	500	500
5	Розпилувач	1500	1500
6	Сідло клапана зі штоком	4000	00
7	Виробничі витрати	90	140
8	Накладні витрати	50	50
9	Разом	6250	2300

Підставивши значення таблиці 5.2 у формулу (5.1) отримаємо:

$$E_{\text{нм}} = (2250 - 1750) * 882 = 550000 \text{ грн}$$

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

Таблиця 5.3

Вартість ремонту для споживача з урахуванням терміну служби відремонтованої форсунки:

№ п.п	Показники	Базовий варіант технології ремонту	Удосконалений варіант технології ремонту
1	Собівартість ремонту 1 форсунки, руб.	6250	2300
2	Закладається прибуток з 1 форсунки, руб.	1750	2250

3	Вартість ремонту 1 форсунки для споживача, руб.	8000	4550
4	Коефіцієнт K, що враховує термін служби	1	1

Економічна ефективність для споживача обчислювалася за такою формулою:

$$E = (C_{\text{баз}}/K_1 - C_{\text{усов}}/K_2) * n \quad (5.2)$$

де E - економічна ефективність для споживача при ремонті одного комплексу форсунок за новою вдосконаленою технологією в порівнянні з базовою технологією, грн.;

$C_{\text{баз}}$ і $C_{\text{усов}}$ - вартість ремонту 1 форсунки для споживача за базовою та вдосконаленою технологією відповідно, грн.;

K_1 і K_2 - коефіцієнт враховує термін служби відремонтованої форсунки за базовою та вдосконаленою технологією відповідно;

n - кількість форсунок в одному комплекті, штук.

Економічна ефективність результатів досліджень пов'язано з збільшенням терміну відновленого після ремонтного ресурсу до 100%, що враховується коефіцієнтом K_2 .

Підставивши значення з таблиці 5/3 у формулу (5.2) і прийнявши середню кількість форсунок в одному комплекті дорівнює 4, отримаємо:

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

Виходячи з цього ми отримуємо, що при ремонті ЕГФ стандартного 4-х циліндрового дизельного двигуна за вдосконаленою технологією споживач буде економити 13800 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Перспективним напрямом удосконалення технічного обслуговування та ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем автотракторних та комбайнових дизелів є використання в процесах ТО та Р можливості електронного коригування базових характеристик управління паливоподачею.

2. Розроблено інформаційну модель забезпечення працездатності ЕГФ типу CR, яка пояснює основи індивідуального електронного коригування параметрів паливоподачі та забезпечує за рахунок цього збільшення періодичності ремонтно-технічних впливів.

3. Розроблено математичну модель процесу роботи електрогідравлічної форсунки, яка встановлює залежність тривалості керуючого імпульсу від конструктивно-регульовальних параметрів ЕГФ. Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера показала позитивну збіжність на рівні значущості 95%.

З використанням математичної моделі для відремонтованої за запропонованою технологією ремонту ЕГФ фірми Bosch визначено допускові відхилення тривалості керуючого імпульсу за різних режимів роботи.

4. Удосконалено технологію ремонту електрогідравлічних форсунок акумуляторних паливних систем, що забезпечує 100% відновлений ресурс при зниженні собівартості ремонту в 1,5 рази.

5. Розроблено методику регулювання відремонтованої ЕГФ зміною БХУТ, що забезпечує розширення допусків до контрольних та складальних параметрів форсунки. Зокрема для ЕГФ фірми Bosch теоретично визначено та експериментально підтверджено допуски по цикловій подачі на режимі VL по цикловій подачі становить $A_{gm11U1} = \pm 4 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, $A_{tDnp} = \pm 180 \text{ мкс}$; на режимі EM Дящ.кл = $\pm 2,2 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, $A_{tnpr} = \pm 100 \text{ мкс}$; на режимі LL $A_{gmK11} = \pm 1,65 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, $A_{tBnp} = \pm 75 \text{ мкс}$; на режимі VE $A_{gm11U1} = \pm 0,7 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, $A_{tBnp} = \pm 32 \text{ мкс}$.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобильный справочник Bosch, перевод с англ. Первое русское издание. -М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. - 896с.

2. Аллилуев В.А., Анапкин А.Д., Михлин В.М. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. - М.: Агропромиздат, 1991. - 367с.

3. Астахов И.В., Голубков Л.И., Трусов В.И. и др. Топливные системы и экономичность дизелей - М.: Машиностроение, 1990. - 288с.

4. Баширов Р.М., Галиуллин Р.Р. Регулирование топливоподачи в тракторных дизелях /-Уфа: БГАУ, 2008. -184 с.

5. Баширов Р.М., Кислов В.Г., Павлов В.А., Попов В.Л. Надежность топливной аппаратуры тракторных и комбайновых дизелей/ М.: Машиностроение, 1987. -184с.

6. Белявцев А.В., Процеров А.С. Топливная аппаратура автотракторных дизелей/ М.: Росагропромиздат, 1988 - 223с.

7. Блинов А.Д., Голубев, Драган Ю.Е. и др. Под ред. Папонова В.С. и Минеева А.М. - М.: НИЦ «Инженер», 2000. - 332с.

8. Валиев А.Р. Повышение эффективности ремонта электрогидравлических форсунок аккумуляторных топливных систем автотракторных дизелей. -Дисс. канд. техн. наук. - Уфа, 2012. - 163с.

9. Вахитов Р.А. Диагностический стенд для испытания аккумуляторных топливоподающих систем. Инновационный промышленный салон. Материалы 3 Всероссийской научно-практической конференции «Ремонт. Восстановление. Реновация», г. Уфа 2012, стр.178-181

10. Вахитов Р.А. Оценка экономической эффективности технологии ремонта электрогидравлической форсунки типа Common Rail фирмы Bosch /Валиев А.Р., Давлетов А. Ф. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. -2011. -№ 3. -С. 45-48.

11. Вахитов Р.А. Послеремонтное определение параметров коррекции форсунки электронной системы Common Rail автотракторных дизелей //Всероссийская

НУБІП України

научно-практическая конференция «Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК»/г. Уфа, 2013г. - стр.77-80.

12. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки экспериментальных данных/М.: Колос, 1973.- 199 с.

13. Вихерт М.М., Мазинг М.В. Топливная аппаратура автомобильных двигателей: конструкции и параметры/М.: Машиностроение, 1976.- 176 с.

14. Власов П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры/ М.: Агропромиздат, 1987. - 127с.

15. Габбасов А.Г. Улучшение показателей тракторного дизеля совершенствованием топливоподачи и смесеобразования. - Дисс. канд. техн. наук. - Уфа, 2005. - 132 с.

16. Габитов И.И. Оценка неравномерности подачи топливных систем тракторных дизелей. - Дисс. канд. техн. наук. - Уфа, 1993.- 175 с.

17. Габитов И.И. Улучшение эксплуатационных показателей топливной аппаратуры сельскохозяйственных дизелей путем научного обоснования и реализации в ремонтном производстве технологических процессов, методов и средств диагностирования. - Дисс. док. техн. наук. - СПб.: СПбГАУ, 2001.-322 с.

18. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей: М.: Легион-Автодата, 2008. -248 с.

19. Габитов И.И., Неговора А.В. Топливная аппаратура автотракторных двигателей/ Учебное пособие для студентов ВУЗов по спец-тям 311300 и 311900. Уфа: Изд-во БГАУ, 2004.- 172 с.

20. Габитов И.И., Неговора А.В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. -Уфа: БГАУ, 2004.-216с.

21. Габитов И.И. Анализ неисправностей электрогидравлических форсунок типа

Common-Rail/Вахитов Р.А., Вашиев А.Р. // Тракторы и сельскохозяйственные машины - 2011.-Вып.№14-стр. 41-43.

НУБІП України

НУБІП України

22. Габитов И.И. Оценка ремонтпригодности клапанных узлов электрогидравлических форсунок автотракторных и комбайновых дизелей /

Вахитов Р.А., Валиев А.Р.// Международной научно-практической конференции

«Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей», г. Санкт - Петербург, 2013. - вып. №16 - стр.61-65.

НУБІП України

23. Габитов И.И. The analysis of common rail injectors failures of autotractor diesel engines/ Вахитов Р.А., Валиев А.Р.// Молодежь и наука: материалы Между-

нар. науч. конф. студентов и молодых ученых (на иностранных языках) 21-23

марта 2012 г. - Уфа: БГАУ, 2012. - С. 62-66.

НУБІП України

24. Гафуров М.Д. Улучшение характеристик впрыскивания топливоподающей системы тракторного дизеля путем разработки и применения

электрогидро-управляемой форсунки. - Дисс. канд. техн. наук. - Уфа, 2001. - 138

с.

НУБІП України

25. Голубков Л.Н., Севастенко А.А., Эмиль М.В. Топливные насосы высокого давления распределительного типа. - М.: Легион-Автодата, 2000. - 176с.

26. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников. - М.: Издательство стандартов, 1976.

27. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний/М.: Изд-во стандартов, 1988. -70 с.

НУБІП України

28. ГОСТ 8670-82 Насосы топливные высокого давления автотракторных дизелей/ М.: Изд-во стандартов, 1982. - 5 с.

29. Грехов Л.В. Аккумуляторные топливные системы двигателей внутреннего сгорания типа Common Rail. -М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана,

2000. -64 с.

НУБІП України

30. Грехов Л.В., Ривашенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов/ 2-е изд. - М: Легион-Автодата,

2005. - 344 с, ил.

31. Грехов Л.В., Габитов И.И., Неговора А.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: Учебное пособие.-М:

Легион-Автодата, 2013.-340с.

НУБІП України

НУБІП України

32. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/С. И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 456 с.

НУБІП України

33. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/Д. Н. Вырубков, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин и др.; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 372 с.

НУБІП України

34. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. учеб. заведений / [А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др.]. -М.:Издательский центр «Академия», 2008. -432 с.

НУБІП України

35. Диагностирование электрогидроуправляемых форсунок топливopодpо-щей системы Common Rail / А. Г. Габбасов, А. А. Козеев, А. Р. Валиев, А. Р. Ямилев // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК: материалы всерос. науч.-практ. конф. - 2009. - С. 31-32.

НУБІП України

36. Дизельная топливная аппаратура / П. М. Кривенко, И. М. Федоров. - М.: Колос, 1970. - 536 с.: ил.

НУБІП України

37. Дизельные топливные системы с электронным управлением: учеб.-практ. пособие / Н. А. Иващенко, В. А. Вагнер, Л. В. Грехов. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. - 112 с.: ил.

НУБІП України

38. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail: учеб. пособие / пер. с англ. - М.: Легион-Автодата, 2005. - 47 с.

НУБІП України

39. Купчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. -Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. -256с.

НУБІП України

40. Ефимов С.И., Иващенко Н.А., Ивин В.И. и др. Под ред. Орлина А.С., Круглова М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и

НУБІП України

комбинированных двигателей. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. Машиностроение, 1985. - 456 с.

41. Ждановский Н.С., Николаенко А.В., Шкрабак В.С., Соминич А.В. и др.

Режимы работы двигателей энергонасыщенных тракторов. Л.: Машиностроение, 1981. - 240 с.

42. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В.

Дизельные топливные системы с электронным управлением. Учебно-практическое пособие. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И.Ползунова, 2000. - 111 с, ил

43. Ильин В.А.

Повышение эффективности технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей. - Дисс. канд. техн. наук. - Уфа, 2006. - 141 с.

44. Ильин В.А.

Определение допусковых значений структурных параметров для диагностирования электрогидроуправляемых форсунок

COMMON RAIL / В. А. Ильин, А. А. Козеев // Научное обеспечение инновационного развития АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф. в рамках XX Юбилейной специализированной выставки "Агрокомплекс-2010" (2-4 марта 2010 г.). - Уфа : Башкирский ГАУ, 2010. - Ч. 3. - С. 74-77

45. Инструкция по эксплуатации. КМА 802/822. Описание устройства.

Robert Bosch GmbH. Automotive Aftermarket. Test Equipment. 1 689 979 674 UBF 851/3 De,En,Fr,Sp,It (22.05.2002). Printed in Germany.

46. Кислов В.Г., Баширов Р.М., Попов В.Я.

Топливные насосы распределительного типа/М.: Машиностроение, 1975. - 176 с.

47. Кислов В.Г., Кошман Э.И., Попов В.Я., Исаев А.И., Бахтияров Н.И. и др.

Конструирование и производство топливной аппаратуры тракторных дизелей/ М.: Машиностроение, 1972. - 302 с.

48. Кобзев А.К., Марков В.Р., Койчев В.С., Газизов И.И.

Система питания авто-тракторных дизельных двигателей, используемых в АПК (устройство, работа и регулировки): учебное пособие. Ставропольский государственный аграрный университет. -М.: Колос; Ставрополь / АГРУС, 2008. - 220 с.: ил.

НУБІП України

49. Конструирование, исследование и эксплуатация топливоподающих систем автотракторных дизелей [Текст] / М-во сел. хоз-ва СССР, Ульяновский с.-

х.ин-т ; [редкол.: Баширов Р. М. (отв. ред.), Лышевский А. С, Трусов В. И.,

Хачиян А. С, Антипов В. В., Исаев А. И, Юлдашев А. К.]. - Ульяновск

[УСХИ], 1976.-176 с.

НУБІП України

50. Козеев А.А. Разработка средств диагностирования инжекторов аккумуляторных топливоподающих систем дизельных двигателей. Дисс. канд.

техн. наук. - Уфа, 2010. - 136 с.

НУБІП України

51. Костин А.К., Пугачев Б.П., Кочнев Ю.Ю. Работа дизелей в условиях эксплуатации / Л.: Машиностроение, 1981. - 284 с.

52. Коффон Дж., Лонг В. Расширение микропроцессорных систем / М.: Машиностроение, 1987.-318 с.

53. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие.

Т. VI. Гидродинамика. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986.

-736 с.

НУБІП України

54. Лышевский А.С. Системы питания дизелей - М.: Машиностроение, 1981. -216 с.

55. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших

газов дизелей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 376с. ○○

НУБІП України

56. Марков В.А., Девянин С.Н., Семенов В.Г., Шахов А.В., Багров В.В. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных

двигателях. -М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. - 536с.

57. Металлы. Методы механических и технических испытаний. -М.: Изд.

Комитета стандартов, 1970.-304 с. ○○

НУБІП України

58. Мошечников НА., Френкель А.И. Обобщенные зависимости влияния регулировок дизеля на его токсичность и экономические показатели /

Автомобильная промышленность. 1974,- №11.-с.17-20.

59. Неговора А.В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей.-

Учебно-практическое пособие. - Уфа: Башдизель.- 2004.- 150 с. ○○

НУБІП України

НУБІП України

60. Неговора А.В. Технологические приемы обеспечения эксплуатационной надежности автотракторных дизелей/ Монография. С-Пб.: Изд-во СПбГАУ, 2003.- 212 с.

61. Неговора А.В. Электрогидроуправляемая форсунка для аккумуляторной системы топливоподачи// Повышение экологической безопасности автотракторной техники. Сб. статей под ред. А.Л. Новоселова/ Российская академия транспорта, Барнаул: АлтГУ, 2002 - с.94-97.

62. Неговора А.В., Габитов И.И. Численное исследование и оптимизация параметров топливного насоса высокого давления для аккумуляторной топливоподающей системы типа Common Rail. С.-ПбГАУ, Минсельхозпрод РФ.-СПб., 2004.- с.34, рис.20, библи. 13. Рукопись деп. в НИИТЭИ Агропром, ано-тирована в 1.1 вып. электр. изд-я БД «Агрос» № 0329600034 в НТЦ «Ин-формрегистр» за 2004

63. Неговора А.В., Габитов И.И., Грехов Л.В. Аккумуляторная топливная система с электрогидроуправляемой форсункой// Тракторы и СХМ. 2007 - №7. - с.14-16.

64. Николаенко А.В. Улучшение топливно-энергетических и экологических показателей автотракторных двигателей. Л.: ЛСХИ, 1990.-46с.

65. О чистоте при обращении с системами дизельных двигателей. Сервисная телеграмма. Robert Bosch GmbH, Отдел автооборудования: Автомобиль: легко-вые/грузовые автомобили. 12.2002 ST 0779 Ru.

66. Патент №2433299 Российская Федерация Устройство для исследования подачи топлива топливоподающей аппаратурой в дизелях / Габитов И.И., Неговора А.В., Габбасов А. Г., Валиев А. Р., Давлетов А. Ф.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ. - № 2010111293; приоритет изобретения 24.03.2010; зарегистрировано 10.11.2011.

67. Патент 2159864 F 02M 65/00 Форсунка с электрогидравлическим управлением для аккумуляторных систем топливоподачи / Баширов Р.М., Габитов И.И., Динисламов М.Г., Гаянов М.Р., Гафуров М.Д., Неговора А.В.

НУБІП України

НУБІП України

68. Подача и распыливание топлива в дизелях / под общ. ред. И. В. Астахова. - М. : Машиностроение, 1972. - 359 с.

69. Повышение надежности работы прецизионных пар топливной аппаратуры дизелей / Н. И. Бахтияров, В. Е. Логинов, И. И. Дыхачев. М. : Машиностроение, 1972 г. - 200 с.: ил.

70. Попов В.С., Николаев С.А. Электротехника. - М.: Энергия, 1966. - с.90-95.

71. Презентация фирмы Bosch Automotive Aftermarket Концепция ремонта инжекторов Confidential I AA/MKD | 5/15/2009 | ©Robert Bosch GmbH 2009.

72. Регулирование топливоподачи в тракторных дизелях: учеб. пособие для вузов / Р. М. Баширов, Р. Р. Галиуллин ; Башкирский ГАУ. - Уфа : БГАУ, 2008. - 184 с.

73. Режимы работы двигателей энергонасыщенных тракторов / [Н. С. Ждановский и др.]. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. - . - 240 с. : ил.

74. Ремонт дизелей сельхозназначения / П. М. Кривенко, И. М. Федосов, В. Н. Аверьянов. - М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с. : ил.

75. Ремонт и регулирование топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых двигателей / Б. П. Загородских, В. В. Харько. - М.: Россельхозиздат, 1986. - 139 с.

76. Ремонт и регулирование топливной аппаратуры двигателей тракторов и комбайнов / В. В. Антипов, Б. А. Гоголев, Б. П. Загородских. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Россельхозиздат, 1978. - 127 с.

77. Ремонт и техническое обслуживание системы питания автотракторных двигателей: учебное пособие для сельских проф.-техн. училищ и подготовки рабочих на производстве / П. М. Кривенко, И. М. Федосов. - М.: Колос, 1980. - 288 с.: ил.

78. Ремонт дизелей сельхозназначения / П. М. Кривенко, И. М. Федосов, В. Н. Аверьянов. - М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с.: ил.

НУБІП України

НУБІП України

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

80. Системы впрыскивания топлива фирмы Бош для экологически совместимых дизельных двигателей, Роберт Бош ГмбХ, Штутгарт. Производственный отдел К5. - 1994. - 46 с.

81. Современные подходы к созданию дизелей для легковых автомобилей и малотоннажных грузовиков / А.Д. Блинов, П.А. Голубев, Ю.Е. Драган и др. Под ред. В.С. Напонова и А.М. Минсеева. - М.: НИЦ «Инженер», 2000. - 332с

82. Технология контроля и восстановления экологических показателей дизелей в условиях эксплуатации. М.: ГОСНИТИ, 1994. - 88с.

83. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник / Б. Н. Файн-лейб. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1974. - 264 с.

84. Топливная аппаратура автомобильных и тракторных дизелей: практическое руководство / В. Марков, В. Тимченко, И. Рыгин. - Батайск : ПОНЧИК, 2001. - 76 с.

85. Топливная аппаратура легковых автомобилей. Дизель. Устройство и обслуживание. - Мн.: «Автостиль», 2003. - 112 с.

86. Топливная аппаратура тракторных и комбайновых двигателей. Н. И. Бахтияров, А. В. Белянцев, А. Н. Карамашев. - М.: Колос, 1980. - 159 с.: ил.

87. Топливные системы дизелей с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД. Перевод с английского. Учебное пособие - М.: ЗАО «Легион-Автодата», 2009. - 48с.

88. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. Л.: Машиностроение, 1990. - с.352.

89. Электронное управление дизельными двигателями. Перевод с английского. Учебное пособие- М.: ЗАО «Легион-Автодата», 2006. - 96 с.

90. Ягодин Р. В. Расширение функциональных возможностей стендов для испытания топливной аппаратуры дизелей / Р. В. Ягодин, А. Р. Валиев, А. А.

НУБІП України

НУБІП України

Козеев // Труды ГОСНИТИ / Всерос. науч.-исслед. техн. ин-т ремонта и

экс-

плуатации маш.-тракт. парка. -М., 2008. -Т. 102. - С. 56-58.

НУБІП України

91. Bosch Automotive Handbook /Robert Bosch GmbH./Robert Bosch, 2004. - 320 p.

92. Bosch Diagnostics Soft. ESL [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C,

D, E, F, K, M, P, W. - Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225 Karlsruhe, 2005/1.

НУБІП України

93. Denso. Electrical Technical Service Information, 2002.

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

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

НУБІП України

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

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

НУБІП України

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

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

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

НУБІП України

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

102. Fuel injection pump model Covex-F. Pub. № EE14E-11190. Service Manual: Adjustment and Inspection. Printing: July 2003. Published by: Bosch K.K.:

Sales Automotive Aftermarket Division. Printed in Japan.

НУБІП України

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

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

104. 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.

105. 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.

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

107. 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.

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

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

110. Needham J.R., Doyle D.M., Nicol A J. The Low NOx in the Truck Engine // SAE Technical Paper Series. -1991. - №910731. -P. 1-10

111. 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.

112. 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.

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

НУБІП України

114. 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.

НУБІП України

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

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

НУБІП України

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

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

НУБІП України

119. www.azpi.ru - Официальный сайт Алтайского завода прецизионных изделий

120. www.moraz.ru - Официальный сайт Малоарославецкого опытно-производственного акционерного завода

121. www.bosch.ru - Официальный сайт фирмы Bosch.

122. www.denso.ru - Официальный сайт фирмы Denso.

123. www.delphi.com - Официальный сайт фирмы Delphi.

124. www.delphidirectevolution.com - Официальный каталог запасных частей фирмы Delphi.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України