

Кищун В. А., Мулярчук Д. Ю.
Луцький національний технічний університет

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК BOSCH З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ

Серед деталей, що регламентують надійність функціонування паливної електромагнітної форсунки особливе місце займають її прецизійні пари, зокрема розпилювач і клапан керування, технічний стан яких суттєво впливає на економічні та екологічні показники роботи двигуна. У випадку виходу із ладу, фірма BOSCH рекомендує заводську технологію їх ремонту або заміну, що підвищує вартість ремонту.

Детальми форсунки, що руйнуються першочергово є голка і корпус розпилювача та сідло клапана керування. Виходячи з аналізу виду пошкоджень, сервісні центри ухвалюють рішення стосовно способу повернення параметрів форсунки до нормативних. Зокрема, якщо погіршення роботи форсунки викликане зношенням контактних поверхонь голки і корпусу розпилювача чи сідла клапана керування, то проводилася реставрація цих деталей.

В Україні заводська технологія відновлення розпилювачів і клапанів керування форсунок BOSCH не завжди витримується оскільки потребує спеціального обладнання, тому станції з ремонту паливної апаратури, кожна своїми методами, проводять реставрацію фірмових форсунок. Використовується технологія взаємного притирання голки до сідла корпусу розпилювача, результати застосування якої бажають бути кращими.

У статті пропонується технологічний процес відновлення роботоздатності розпилювачів і клапанів керування паливної форсунки BOSCH із електромагнітним приводом, який на практиці підтвердив свою ефективність. Так, відновлення спряжених поверхонь розпилювача проходить у два етапи: на першому етапі виконується прешліфування конуса голки розпилювача, на другому – притирання поверхні конуса корпусу спеціальним притиром. З цією метою був розроблений комплекс, основою якого став розроблений і виготовлений пристрій для прешліфування.

Сідло клапана керування відновлюється також методом притирання на універсальному притирочному станку МР-250.

Запропонована технологія відновлення розпилювача і клапана керування паливних форсунок фірми BOSCH із електромагнітним приводом дозволяє продовжити їх експлуатацію без зниження технічних і економічних показників роботи та зекономити кошти на ремонті.

Ключові слова: форсунка BOSCH, розпилювач, клапан керування, прецизійні пари, спряжені поверхні, технологія відновлення.

ВСТУП

Не дивлячись на світові тенденції зниження частки використання дизельних двигунів, вони продовжують встановлюватися на сучасних транспортних засобах. Це пояснюється їх високою ефективністю і економічністю, позаяк останнім часом проявився такий істотний недолік, як шкідливі викиди.

Найскладнішою системою дизельного двигуна неабияк вважається його система живлення. Забезпечення низької витрати пального, зменшення викидів шкідливих речовин з вихлопними газами, безшумність роботи двигуна ставлять високі вимоги до системи впорскування пального. Більшість цих вимог задовільняє паливна система акумуляторного типу Common Rail, укомплектована дизельними форсунками з електромагнітним чи п'єзоелектричним приводами.

Серед деталей, що регламентують надійність роботи паливної форсунки BOSCH із електромагнітним приводом особливе місце займають її прецизійні пари, зокрема розпилювач і клапан керування, технічний стан яких суттєво впливає на економічні та екологічні показники роботи двигуна загалом (див. рис. 1 і рис. 2) [1, 2]. Тому, коли ці вузли не забезпечували форсунці заявлені характеристики, фірма пропонувала її замінити, що, у свою чергу, підвищувало вартість ремонту.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Найбільшому зношенню у форсунці притаманна механічна частина, електрична виходить із ладу вкрай рідко. Найчастіша причина ремонту – розмиття сідла клапана керування (див. рис. 2,в) [3]. Це відбувається через значну різницю тисків пального у цій зоні, де неминуче проходить кавітаційне зношення, що посилюється попаданням води і абразивних частинок у дизельне пальне.

Дещо менше руйнується пара «голка-розпилювач», однак результат – збільшення розмірів каналів у розпилювачі і затирання голки, через що вона починає переміщуватися недостатньо плавно і навіть підклинювати. А носик розпилювача, який знаходиться безпосередньо у камері згоряння, може постраждати через аномальні робочі процеси у циліндрі, наприклад, через локальне підвищення

температури. Основні причини і види пошкоджень деталей розпилювача і клапана керування паливної форсунки детально розглядалися у роботі [4].

Виходячи з аналізу виду пошкоджень, спеціалізовані СТО ухвалювали рішення стосовно

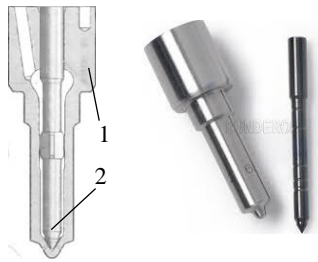


Рисунок 1 – Розпилювач форсунки:
а – конструкція (1 – корпус; 2 – голка);
б – корпус і голка розпилювача



Рисунок 2 – Клапан керування форсунки:
а – конструкція (1 – кулька; 2 – сідло; 3 – шток);
б – сідло клапана; в – зношення сідла клапана

способу повернення параметрів форсунки до нормативних. Так, у випадку закоксування чи забруднення розпилювача або клапана керування можна було обмежитися чисткою спряжених деталей, у тому числі, методом гідродинамічної кавітації на стендах або в ультразвукових ваннах із допомогою розчину «Лабомід 101» [3, 5]. При значному руйнуванні голки, корпуса розпилювача та сідла і кульки клапана керування використовувався ремонтний комплект, що містив розпилювач, клапан керування у зборі, однак збільшував вартість ремонту [2, 6].

Якщо погіршення роботи форсунки було викликане зношенням контактних поверхонь голки і корпуса розпилювача та сідла клапана керування – проводилося відновлення (реставрація) цих деталей, що у порівнянні з форсункою чи їх (деталей) заміною обходилося для замовника у 3...5 разів дешевше [3, 6].

Сьогодні в Україні не завжди витримується заводський технологічний процес відновлення розпилювачів і клапанів керування паливних форсунок BOSCH. Спеціалізовані станції з ремонту паливної апаратури, кожна своїми методами, проводять реставрацію фірмових форсунок. Зокрема, практикується технологія взаємного притирання голки до сідла корпуса розпилювача за рахунок нанесення між ними притирочного матеріалу. Ефективність такого методу сумнівна, оскільки у результаті притирання отримуються рівні кути запірних конусів голки і сідла. Контакт відбувається не по лінії (див. рис. 3, а), а по поверхні (див. рис. 3, б), що з часом погіршує гідравлічну щільність розпилювача.

ЦІЛІ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження став технологічний процес відновлення спряжених деталей розпилювача і клапана керування паливної форсунки фірми BOSCH із електромагнітним приводом, який забезпечував би форсунці технічні параметри не нижче заводських.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз зносу елементів розпилювача показав, що найбільше зношується поверхня запірного конуса голки розпилювача [4]. Тому, для відновлення гідравлічної щільності розпилювача достатньо на першому етапі відтворити шляхом перешліфування геометрію зношеної робочої поверхні голки. Перешліфування поверхні зводиться до поновлення кута запірного конуса відповідно до вимог технічної документації, тобто 60° .

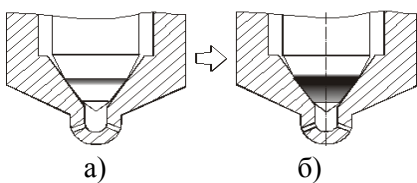


Рисунок 3 – Схеми контакту голки і корпуса розпилювача

З цією метою був розроблений комплекс, який складається з пристрою для перешліфування запірного конуса голки 1, електронного мікроскопа 2, монітора 3 для відтворення збільшеного зображення і пульта керування 4 (див. рис. 4). Якщо мікроскоп і монітор – це готові покупні вироби, то пристрій був спеціально спроектований і виготовлений, як нестандартне обладнання. Основою пристрою служить плита розміром 360×400 мм і товщиною 20 мм, до якої кріпляться різні вузли (див. рис. 5). На плиті також встановлений координатний стіл, який може переміщатися у двох, взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою гвинтових пар.

На координатному столі розташований ще один поворотний столик. Він може обертатися навколо вертикальної осі. До поворотної плити столика кріпляться система фіксації голки, механізм приводу голки для надання їй обертового руху і енкодер для визначення кута повороту. Фіксація голки досягається вкладанням її у спеціальні призми та притисканням приводним пасом, а обертання здійснюється від електродвигуна з редуктором, що розміщений на поворотній плиті (див. рис. 5).

Повертання плити виконується поворотним механізмом, що забезпечує регулювання кута у діапазоні $0...120^{\circ}$. Також на плиті розміщена фортуна з шліфувальним кругом, який приводиться у рух від електродвигуна з системою зміни частоти обертання через пасову передачу. Механізм переміщення обладнаний гвинтовою парою з кроком різьби, що забезпечує подачу 1,0 мм за оберт.

Для досягнення найкращих результатів при шліфуванні мають бути витримані такі параметри:

- частота обертання абразивного круга – 4500 хв^{-1} ;
- частота обертання голки розпилювача – 400 хв^{-1} .

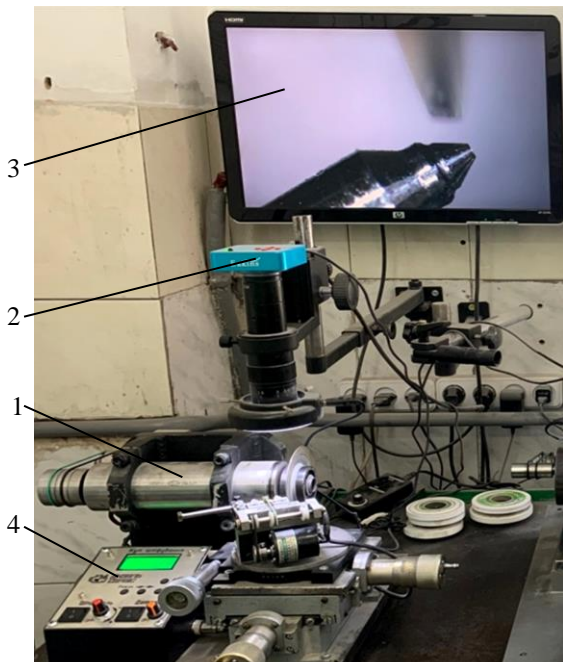


Рисунок 4 – Комплекс для відновлення запірного конуса голки розпилювача:
1– пристрій для перешліфування; 2 – електронний мікроскоп; 3 – монітор; 4 – пульт керування



Рисунок 5 – Пристрій для перешліфування запірного конуса голки та механізм її кріплення і обертання

Матеріалом шліфувального круга служить білий електрокорунд на керамічній основі середньої твердості. Вимірювання установленого кута шліфування відбувається за допомогою енкодера з числовою індикацією з точністю до $2''$, сигнал від якого подається на дисплей пульта керування пристроєм (див. рис. 4).

Працює пристрій таким чином: голка, що підлягає відновленню встановлюється у призми і притискається до них за допомогою паса, який є одночасно і приводною ланкою від редукторного електродвигуна. Далі виставляється необхідна величина кута, на який необхідно шліфувати голку.

Голка і абразивний круг приводиться у рух за допомогою ввімкнення електродвигунів. Після цього механізмом переміщення голка підводиться до абразивного круга та шліфується до досягнення однорідної поверхні конуса.

Якість обробленої поверхні контролюється візуально електронним мікроскопом із демонстрацією на моніторі (див. рис. 4).

Правка круга здійснюється за допомогою пластини з алмазною вставкою, що встановлюється на місце призми на механізмі переміщення.

У випадку, якщо відновлення голки розпилювача не забезпечило його необхідну гідравлічну щільність, потрібно провести наступний етап – відновити запірний конус у корпусі розпилювача. Процес відновлення полягає у перешліфуванні поверхні конуса спеціальним точним притиром на

притирочному станку MP-250 (див. рис. 6, а) [7].

Для цього корпус розпилювача у спеціальній оправці розміщується на підйомному столику станка, як показано на рисунку 6, а. У самозатискний патрон встановлюється спеціальний притир виготовлений з матеріалу «Ст.3» та правлений на кут менший на $0^{\circ}30''$ від кута голки розпилювача (див. рис. 6, б), У зону шліфування подається алмазна паста зернистістю 5...7 мікрон і процес проходить при частоті обертання шпинделя станка 4500 хв^{-1} .

Контроль за якістю шліфування здійснюється ендоскопом «Отоскоп wifi» із HD-камерою діаметром 3,9 мм, що вводиться у корпус розпилювача (див. рис. 7) [8]. За допомогою камери з світлодіодним підсвічуванням зображення шліфованої поверхні передається на монітор і майстром оцінюється якість виконаної роботи.

Після проведення перешліфування запірного конуса корпусу розпилювача проводиться тонке взаємне притирання з голкою за допомогою алмазної пасту зернистістю 1,0 мкм.



а)

Рисунок 6 – Притирання корпусу розпилювача на станку MP-250 (а) спеціальним притиром (б)



б)



Рисунок 7 – Оцінка якості шліфування за допомогою ендоскопа «Отоскоп wifi»

Для відновлення гідравлічної щільності клапана керування необхідно відновити геометрію запірного конуса його сідла. Кулька клапана відновленню не підлягає, а замінюється новою [2]. Робочу поверхню сідла відновлюють також за допомогою притирочного станку MP-250 (див. рис. 6, а).

Сідло клапана встановлюється в утримувач із отвором і розміщується на робочому столі верстата. В отвір запірного штоку наноситься суміш абразивної пасту зернистістю 5 мкм і моторної оливи. У самозатискному патроні шпинделя станка закріплюється притир із кутом 120° і маховичком осьової подачі підводиться до сідла клапана на відстань 1...2 мм не доходячи до його поверхні.

Далі процес проходить так: осьове переміщення робочого стола фіксується двома фіксаторами, після чого вмикається обертання шпинделя станка. За допомогою ручки осьової подачі шпинделя притир притискається до робочої кромки сідла клапана. Внаслідок спеціального режиму осциляції (обертання притиру з вібрацією вздовж осі) та притирочної пасту з поверхні сідла клапана знімається шар металу.

Притирання проводиться до повного усунення решток зносу з робочої поверхні сідла. Товщина шару металу, що знімається під час притирання становить 10...40 мкм. Контроль якості обробки виконується за допомогою мікроскопа МБС-9.

Після відновлення геометрії запірних конусів спряжених деталей розпилювача і сідла клапана керування, форсунка збирається з обов'язковим дотриманням розмірного ланцюга та проводиться випробування її на стенді.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розроблена технологія відновлення роботоздатності розпилювачів і клапанів керування паливної електромагнітної форсунки BOSCH була запроваджена у виробництво на спеціалізованій СТО Волинської області і отримала схвальні відгуки клієнтів. Ефективність послуги дала можливість підприємству встановити піврічний гарантійний термін на виконані роботи.

ВИСНОВКИ

Розроблений технологічний процес відновлення розпилювача і клапана керування паливних форсунок фірми BOSCH із електромагнітним приводом дозволяє повернути форсункам, практично, заводські параметри, продовжити їх експлуатацію та заощадити кошти під час ремонту системи живлення двигуна.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Топливные системы дизелей с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД. Перевод с английского. Учебное пособие – М.: ЗАО «Легион-Автодата», 2005. – 48 с.
2. Діагностика і ремонт форсунок common rail. URL: http://bcs.avtolider-ua.com/diesel_cri.html (дата звернення: 02.10.2020).
3. Ремонт форсунок Common Rail. URL: https://kovsh.com/service/diesel_equipment_service/remont_forsunok_common_rail (дата звернення: 08.10.2020).
4. Кищун В. А., Нестеренко Л. В. Причины втрати роботоздатності дизельних форсунок із п'єзоелектричним приводом. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»)*. Луцьк : Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету, 2018. Вип. 62. С. 138–143.
5. Ремонт или замена инжектора. URL: <https://avto.tatar/services/remont-inzhektora/companies> (дата звернення: 08.10.2020).
6. Ремонт форсунок BOSCH. <https://forsunka.kiev.ua/services/remont-forsunok-sistemy-common-rail/remont-forsunok-bosch/> (дата звернення: 18.10.2020).
7. MP-250 SASH. Станок притирочный для клапанов форсунок CR. URL: <https://dieselbel.com.ua/stanok-pritirochnyy-dlya-klapanov-forsunok-cr-mp-250-sash.html> (дата звернення: 17.10.2020).
8. Отоскоп wifi – вушний эндоскоп з HD-камерою діаметром 3,9 мм зі світлодіодом. URL: <https://prom.ua/Kamera-endoskop.html> (дата звернення: 17.10.2020).

REFERENCES

1. *Fuel systems of diesel engines with pump nozzles and individual high pressure fuel pumps. Translation from English. Tutorial* (2005). [Топливные системы дизелей с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД. Перевод с английского. Учебное пособие] Moscow, ЗАО «Легион-Автодата» Publ. 48 p.
2. Diahnostyka i remont forsunok common rail. URL: http://bcs.avtolider-ua.com/diesel_cri.html (data zvernennya: 02.10.2020).
3. Remont forsunok Common Rail. URL: https://kovsh.com/service/diesel_equipment_service/remont_forsunok_common_rail (data zvernennya: 08.10.2020).
4. Kyshchun V., Nesterenko L. (2018). *Operability loss causes for diesel fuels spray nozzle with piezoelectric driver*. [Prychyny vtraty robotozdatnosti dyzel'nykh forsunok iz p'yezoelektrychnym pryvodom]. «Scientific notes». Intercollegiate collection (according to the branches of knowledge «Machine-building and metalworking», «Engineering mechanics», «Metallurgy and materials science»). No. 62, Lutsk, NTU Publ. pp. 138–143.
5. Remont yly zamena ynzhektora. URL: <https://avto.tatar/services/remont-inzhektora/companies> (data zvernennya: 08.10.2020).
6. Remont forsunok BOSCH. <https://forsunka.kiev.ua/services/remont-forsunok-sistemy-common-rail/remont-forsunok-bosch/> (data zvernennya: 18.10.2020).
7. MP-250 SASH. Stanok prytyrochnyy dlya klapanov forsunok CR. URL: <https://dieselbel.com.ua/stanok-pritirochnyy-dlya-klapanov-forsunok-cr-mp-250-sash.html> (data zvernennya: 17.10.2020).
8. Otoskop wifi – vushnyy endoskop z HD kameroyu diametrom 3,9 mm zi svitlodiodom. URL:

<https://prom.ua/Kamera-endoskop.html> (data zvernennya: 17.10.2020).

V. Kyshchun, D. Muliarchuk. Reconditioning of parts of precision pairs BOSCH fuel injector with electromagnetic drive.

Among the details that regulate the reliability of the functioning of the electromagnetic fuel injector, a special place is occupied by its precision pairs, in particular, the sprayer and the control valve, the technical condition of which significantly affects the economic and environmental performance of the engine. In case of failure, BOSCH recommends a factory technology for their repair or replacement, which increases the cost of repair.

The parts of the injector that are destroyed in the first place are the needle, the sprayer body and the control valve seat. Based on the analysis of the type of damage, service centers make decisions on how to return the parameters of the injector to the standard. In particular, if the deterioration in the operation of the injector is caused by the wear of the contact surfaces of the needle and the sprayer body or the control valve seat, then the restoration of these parts is carried out.

In Ukraine, the factory technology of restoring sprayers and control valves of BOSCH injectors is not always sustained because it requires special equipment, therefore, fuel equipment repair stations, each with its own methods, carry out the restoration of branded injectors. The technology of mutual lapping of the needle to the seat of the sprayer body is used, the results of which are poor.

The article proposes a technological process of restoration of working capacity of sprayers and control valves of BOSCH injectors with an electromagnetic drive, which in practice has confirmed its effectiveness. Thus, the restoration of the mating surfaces of the sprayer takes place in two stages: at the first stage, the cone of the sprayer needle is grinded, at the second stage, the surface of the cone of the body is lapped with a special lapping. For this purpose, a complex was developed, which was based on the special designed and manufactured grinding device. The control valve seat is also restored by the lapping method on the MP-250 universal lapping machine.

The offered technology of restoration of a spray and the control valve of BOSCH fuel injectors allows them to continue their operation without reduction of technical and economic indicators and save money on repairs.

Key words: BOSCH injector, sprayer, control valve, precision pairs, mating surfaces, restoration technology.

КИЩУН Володимир Андрійович, кандидат економічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: kyshchun52@ukr.net. <http://orcid.org/0000-0003-4019-8034>.

МУЛЯРЧУК Дмитро Юрійович, магістрант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет.

Volodymyr KYSHCHUN, PhD. in Economic, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: kyshchun52@ukr.net. <http://orcid.org/0000-0003-4019-8034>.

Dmytro MULIARCHUK, master of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University.

DOI: 10.36910/automash.v2i15.389