

УДК 62-225.51

*Ю. Ю. Кваша, студент,
С.А.Васильев, к.т.н., доц.,*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ВІДНОВЛЕННЯ ФОРСУНОК ІНЖЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Запропоновано під час промивання форсунок використовувати регулювання проміжку між голкою та сідлом форсунки для збільшення швидкості руху промивної рідини та зміна напрямку його руху в порівнянні з робочим напрямком руху палива.

Ключові слова: форсунка, регулювання проміжку, напрямок руху.

УДК 62-225.51

*Кваша Ю. Ю., студент
С. А. Васильев, к.т.н., доц.,*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРСУНОК ИНЖЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБИЛЕЙ

Предложено во время промывки форсунок использовать регулирование зазора между иглой и седлом форсунки для увеличения скорости движения промывочной жидкости и изменение её направления движения по сравнению с рабочим направлением движения топлива.

Ключевые слова: форсунка, регулирование зазора, направление движения.

UDC 62-225.51

*Y. Y. Kvasha, Student,
E. A. Vasylev, Ph. D., Associate Professor,
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuka*

THE RECOVERY OF NOZZLES OF INJECTION ENGINES CARS

Proposed during the washing nozzles to use the regulation of the gap between the needle and seat of the nozzle to increase the speed of drilling fluid and changing its direction of motion compared to a working direction of the fuel.

Keywords: jet, regulation gap, the direction of movement.

Постановка проблеми. Форсунка(інжектор) являється конструктивним елементом системи впрыску, призначена для дозування подачі палива та виникнення паливно-повітряної суміші. Досить поширеним видом форсунки являється електромагнітна. Електромагнітні форсунки інжекторного двигуна внутрішнього згорання – це найпростіший і в той же час складний пристрій на автомобілі. Робота цих форсунок здійснюється наступним чином: у відповідності із запрограмованим алгоритмом електронний блок управління подає напругу, внаслідок чого електромагніт втягує сердечник, голка відкриває прохідний перетин – бензин під тиском надходить у впускний колектор і розпилюється.

Електромагнітна форсунка складається з магнітного осердя, котре насаджується на клапанну голку. Вона займає дуже точне положення у корпусі розпилювача, бо від цього залежить якість розпилювання. У стані спокою голка притиснена до сідла ущільнювачів корпусу розпилювача, паливний отвір при цьому закрито. Коли проходить електричний струм, піднімається сердечник з клапанною голкою, паливо починає проходити через калібрований отвір. В залежності від величини навантаження двигуна і частоти його обертання, час включення становить 1,5–18 мс, частота спрацьовування форсунки при цьому дорівнює 4-130 Гц. А залежно від того, протягом якого часу через форсунку пройде певна кількість палива, визначається працездатність форсунки. Форсунка – це дуже важливий компонент впорскування, тому вона вимагає до себе великої уваги.

Аналіз останніх досліджень, де започатковано розв'язання проблеми. В процесі роботи інжекторного двигуна навіть на якісному паливі система впорскування (у тому числі й форсунка) поступово забруднюється. Заборонені хімічні елементи і їх сполуки, які містяться у бензині: гудрон, сірка, бензол, вода, присадки для збільшення октанового числа, під тиском інжекції (2,5-6 атм.) й завдяки робочій температурі мотора (80-100 ° С) перетворюються на лакові та смолянисті відкладення, що важко змиваються. А використання неякісного бензину прискорює процес засмічення інжекторів. В решті-решт це призводить до погіршеної роботи двигуна – виникають провали в режимі розгону, збільшується токсичність відпрацьованих газів, скорочується термін служби датчика кисню й каталізатора, знижується його потужність і прийомна здатність, робота на холостому ході стає нестійкою. У засміченій форсунці змінюються напрям і форма факела розпилу, зменшується продуктивність, можливе навіть повне припинення подачі палива. При використанні бензину європейської якості, як показує практика, інжектори практично не забруднюються.

Все ж таки, виробники машин рекомендують міняти їх через кожні 110–130 тис. км пробігу, незалежно від технічного стану. В разі використання палива, виробленого на території СНД, необхідність чищення інжекторів може виникнути вже через 10–25 тис. км. Причиною цього є те, що широко вживаний 95А бензин не виготовляють в Україні, а одержують додаванням присадок до 92А: кисневмісної – МТБЕ (метилтрет-бутиловий ефір), найбільш ефективною з існуючих бензольних присадок – ММА (N-метиланілін технічний) або, що найбільш екологічно безпечно й економічно вигідно, їх сумішей. Ці присадки негативно впливають на двигун. Особливо на систему впорскування, несучи весь бруд з бака і паливопроводів до форсунок, які у свою чергу забруднюються. Засмічення форсунок стає помітним з настанням холодів, коли випаровуваність бензину погіршується: з'являються проблеми з пуском непрогрітого двигуна, нестабільністю роботи.

Використовують декілька методів чистки інжекторів. Промивання демонтованої форсунки за допомогою зміни частоти подання напруги до її електромагнітного осердя.

На блоці живлення встановлюється постійна напруга 12В. Полярність при підключенні форсунки значення не має. Працює схема таким чином: при натисненні на кнопку замикається коло, і напруга подається на форсунку – голка в клапані піднімається. Це дає змогу регулювати частоту піднімання та опускання голки, в результаті чого потік рідини, яка під тиском надходить через форсунку, змиває смолянисті відкладення. Частота регулюється відповідно до ступеня забруднення та його характеру.

Промивання відкладень відбувається таким чином: розчинник при проходженні по паливному каналу форсунки спочатку пом'якшує, а потім розчиняє і змиває відкладення.

Другий спосіб – промивання форсунок без їх демонтажу, полягає в роботі двигуна на спеціальному паливі (сольвент). Для цього відключається штатний паливний насос автомобіля і магістраль зливу палива в бак, а паливний провід системи впорскування з'єднується з установкою, що має резервуар із сольвентом, який під тиском подається на форсунки. Процес ділиться на декілька етапів. Спочатку двигун працює протягом 15 хвилин у режимі холостого ходу, потім його зупиняють на 15 хвилин для розм'якшення особливо стійких відкладень. Далі двигун знову запускають і він працює протягом 15 хвилин у режимі періодичного збільшення оборотів до їхнього максимального числа. Завершальним етапом промивання є відновлення сполук штатних паливних проводів і робота двигуна на бензині протягом 30 хвилин. Подібне промивання рекомендується проводити через кожні 15–20 тис. км пробігу.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. Проаналізувати метод комп'ютерної автоматизації процесу відновлення форсунки, шляхом контролювання часу опускання та піднімання голки.

Формування цілей статті. Метою є розроблення способу автоматизованого відновлення форсунок за допомогою електронного блоку зміни напруги, а також чистка в ультразвуковій ванночці, яка комбінується з впорскуванням рідини для очищення карбюраторів.

Матеріали і результати досліджень. Запропоновано не раптову, а пологу зміну подачі напруги на котушку форсунки.

При повільнішому опусканні голки збільшиться час такого витікання промивальної рідини, коли швидкість його буде максимальною. Таке явище пояснюється тим, що при проходженні місцевого опору рідина має здатність збільшувати свою швидкість, що в свою чергу сприяє підвищенню ефективності промивання форсунок.

Але досягти такого результату можливо лише спеціальними блоками живлення. Такий алгоритм дій потрібно виконувати циклічно з короткими перервами доти, доки промивна рідина не буде розпилюватися без крапель.

Було запропоновано два нових напрями промивання форсунок, які зумовлені самим процесом промивки.

1. Потрібно регулювати і підтримувати проміжок між голкою та сідлом форсунки для збільшення швидкості промивної рідини, що адекватне швидкості розчинення відкладень. Підтримання проміжку пропонується здійснювати не миттєвим підняттям й опусканням голки форсунки, що здійснюється управлінням подачі напруги кнопкою, а повільно зростаючою і повільно спадаючою подачею напруги, що відповідно змушує повільно, а не миттєво піднімати й опускати голку клапана форсунки.

Частота та інтенсивність зміни напруження впливає на ефективність промивання форсунки і зумовлюються інерційними властивостями механічної системи самої форсунки, а саме: частота повинна бути максимально можливою за умови забезпечення повного підняття голки клапана, а інтенсивність зміни напруги має забезпечувати адекватність повного механічного переміщення голки форсунки.

У той час, коли запускається двигун, проводиться незалежний розрахунок тривалості впорскування без урахування часу на запалювання з датчика масової витрати палива.

Чи ефективно триває вприскування, можна розрахувати за допомогою додаткових величин, які скорегують вказані значення. Наприклад, це може бути зменшення напруги в бортовій мережі машини, що призведе до тривалого відкриття форсунки (підйому голки в клапані). Час відкриття

форсунки завжди враховується при розрахунку потрібної тривалості сигналу керування форсункою.

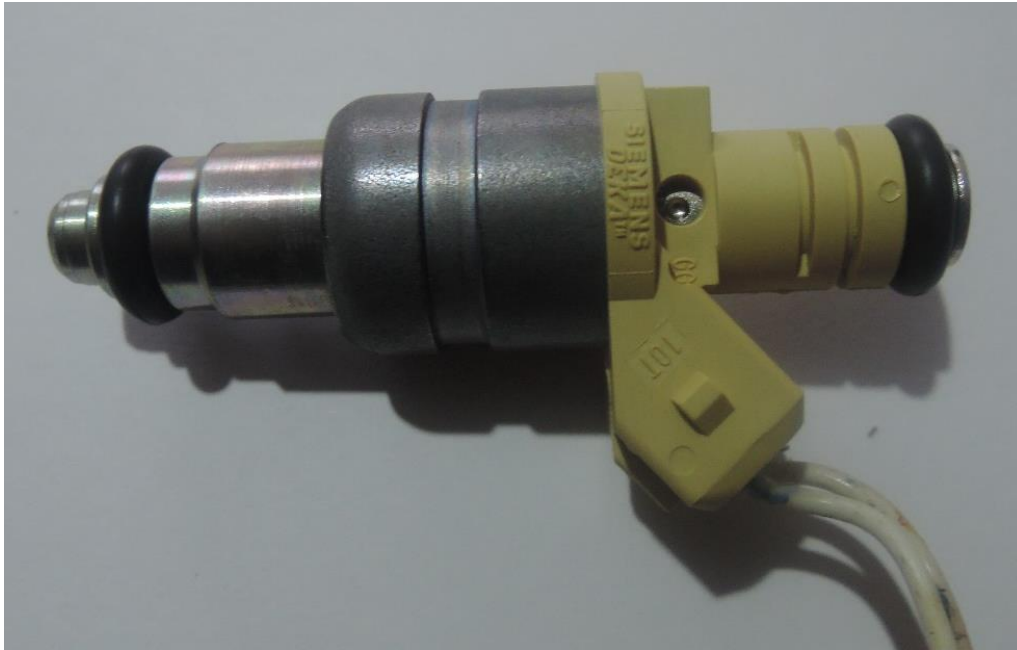


Рис. 1. Зовнішній вигляд форсунки інжекторного двигуна

Підведена до обмотки з мережі напруга створює в ній струм, який збуджує змінний синусоїдальний магнітний потік Φ . Але насправді утворюється два потоки: робочий потік та потік розсіяння, що діють перпендикулярно один одному. Змінний магнітний потік, котрий називають основним або робочим, пронизує витки котушки, індукуючи в ній ЕРС.

Ця електрорушійна сила називається ЕРС протиіндукції за законом Фарадея. Струм у котушці зростає плавно. При досягненні максимального магнітного поля зміни магнітного поля призупиняються, а отже, струм досягає свого максимального значення.

Таким чином, частотний спосіб промивання форсунок полягає у регулюванні частот підйому та опускання голки, тобто подачі напруги на котушку індуктивності. Ця частота залежить від ступеня забруднення форсунки. Чим більший шар важких вуглеводнів перешкоджає нормальній роботі форсунки, тим з більшою частотою підняття голки потрібно нагнітати промивну рідину у форсунку. Саме тому перед початком очисних робіт необхідно провести тест-контроль рівню забруднення форсунки. Якщо рідина майже не розпилюється на виході з форсунки, то слід проводити промивання на доволі високій частоті (до 15 мс), але при кращому розпиленні досить і звичайної частоти роботи форсунки (2-5 мс).

Поставлені умови дуже легко перевірити дослідним методом на форсунках, які мають вихід запірної голки за дзеркало клапана. Вказана форсунка зображена на рисунку 3.



Рис. 2. Вигляд на форсунку з боку запірної голки

В якості електронного блоку зміни напруги запропоновано використовувати блок MP710, розроблений ТОВ «Радоімпекс», який подано на рисунку 4. Блок дозволяє організувати комутатор силових навантажень, що підключаються до ПК через USB-порт.

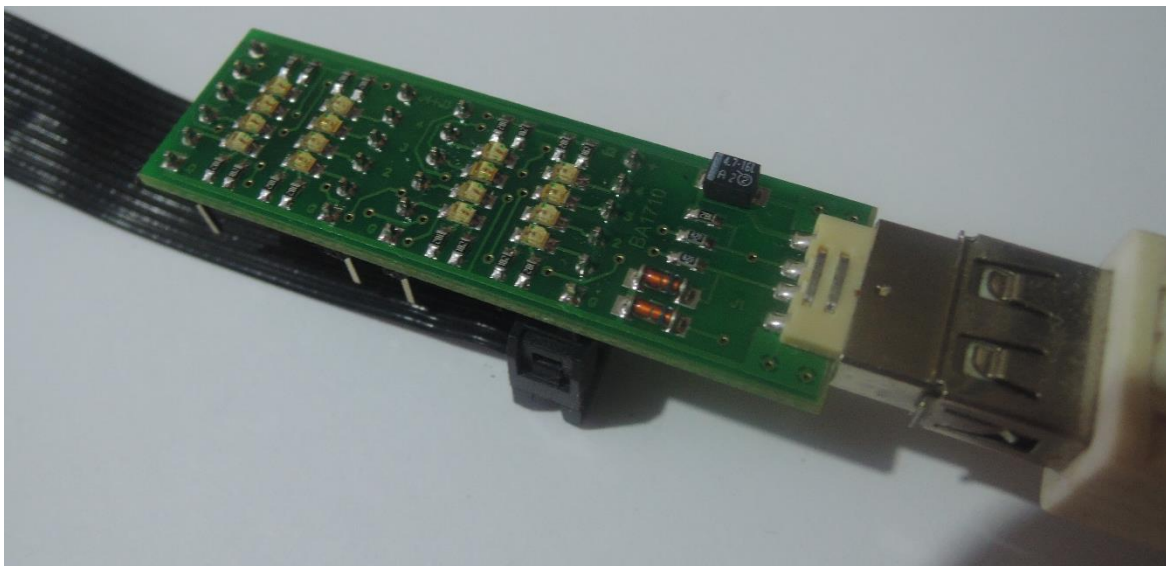


Рис. 3. USB модуль MP710 для управління 16-ма навантаженнями через інтернет (Windows)

Через USB-роз'єм пристрій підключається до ПК. Для розв'язання поставленого завдання ми маємо використовувати будь-який з 16 каналів, наприклад 11. Виходом 11 каналу є перша контактна планка, на якій

використовується 1-ий контакт. Роботою пристрою управляє програма MP710.exe.

Керування роботою форсунки здійснюється за допомогою командної строки: MP710.exe CMD=100 PRG=15 PORT11=0:INC PAUSE=60 PORT11=0:NC PAUSE=200 PORT11=128:NC PAUSE=240 PORT11=0:NC PAUSE=60 PORT11=128:NC PAUSE=120 PORT11=0:NC PAUSE=60

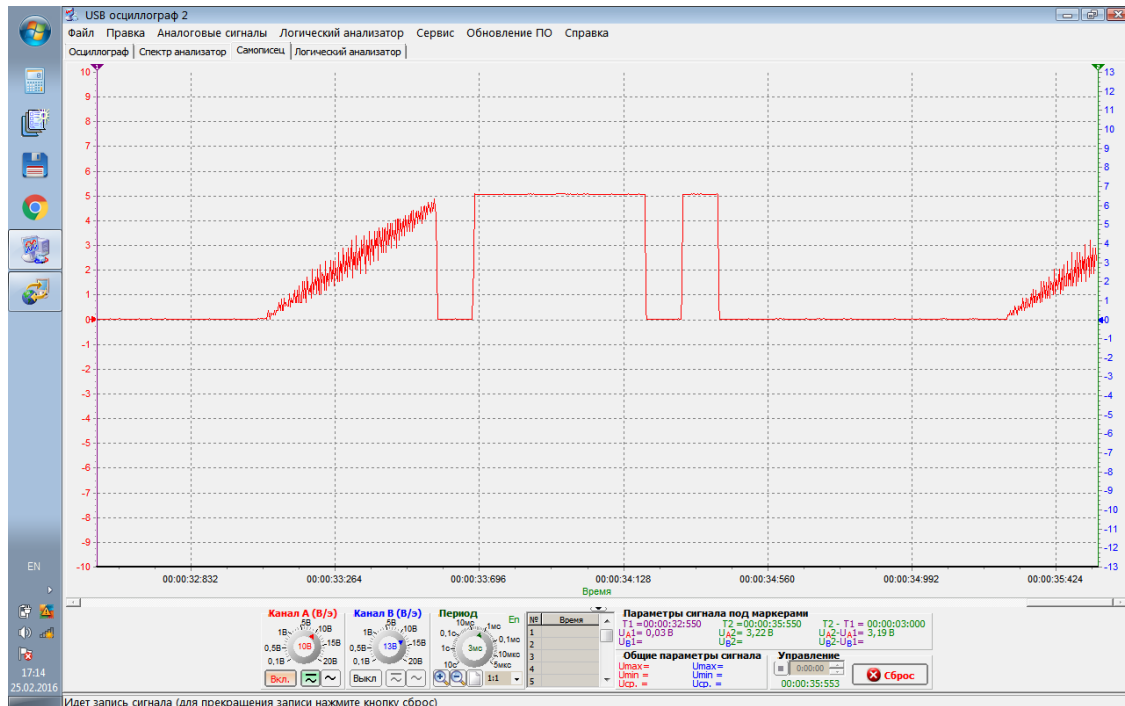


Рис. 4. Діаграма циклу зміни керуючої напруги з 11-ого роз'ємі пристрою MP710

Сигнал з виходу 11 плати MP710 для візуалізації направлений на USB віртуальний осцилограф «Iris 2010». Копія вікна екрану монітору під час роботи віртуального осцилографу наведено на рис.5. Аналіз діаграми циклу зміни керуючої напруги з 11-ого роз'ємі пристрою MP710 свідчить про вірність складання керуючої програми.

Управління форсункою здійснюють за допомогою блоку комутації MP711.

Необхідний режим переміщення голки форсунки здійснюється при напрузі живлення форсункою 12В, цикл зміни напруги складається з плавного збільшення до максимального, очікування при максимальному відкритті, а потім опускання до повного закриття.

Для створення надлишкового тиску при промиванні електромагнітних форсунок використовуємо насос з ручним приводом, на якому встановлено манометр для контролю величини напору. Застосування саме такого насоса є найбільш економічно доцільним. Нагнітати промивну рідину необхідно через паливний металевий фільтр, який здатний витримувати надлишковий тиск 0,2-0,4 МПа.

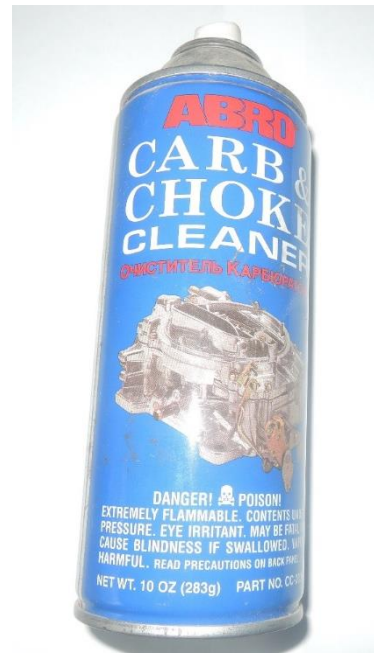


Рис. 5. Ємність рідини для очищення карбюраторів CARB CHOK

Іншим методом чищення дуже забруднених форсунок являється промивка ультразвуком. Суть процедури полягає в промиванні форсунок інжекторного двигуна в спеціальній ванні з суспензією під дією ультразвукової установки. Таким чином відокремлюються навіть складні забруднення, що не піддаються хімічному очищенню. Ще однією перевагою ультразвукової чистки є можливість контролю не тільки герметичності і прохідності, а й форми розпилення форсунок. Ефективність процедури ультразвукового очищення дозволяє заощадити на покупці нових запчастин, значно знизити витрату палива і підвищити потужність автомобіля. Ультразвукова чистка застосовується для очищення сильно засмічених форсунок – після застосування низькоякісного або низькооктанового бензину. Процес очистки відбувається наступним чином.

Після демонтажу, форсунки поміщаються в камеру зі спеціальною рідиною, на дні якої встановлені ультразвукові випромінювачі. Обробка ультразвуком чергується з тестуванням форсунок, за результатами тестування коригується режим обробки - потужність ультразвукових імпульсів, температура рідини і т.д. Цикл обробка-тестування повторюється до тих пір, поки всі параметри форсунок не повернуться до нормальних.

Оскільки промивання форсунок за допомогою ультразвуку веде до їх часткового або навіть повного руйнування, тому доцільно використовувати балон з очисною рідиною для слабозабруднених інжекторів, а ультразвукову ванну – для тяжких випадків забруднення смолистими речовинами.



Рис. 6. Ультразвукова ванна

Ми також пропонуємо не постійно промивати форсунки у ванні, треба здійснювати цикли перерв. Такий режим є найбільш доцільним з точки зору збереження та функціонування форсунок, з одночасним підвищенням ефективності. Режимом роботи керуємо, використовуючи ту саму плату USB MP710 керування с комп'ютера. Після багатьох дослідів, найбільш ефективним виявився: 10 секунд роботи, 20 секунд відпочинку на

протязі 5 хвилин. Варто комбінувати цей режим з використанням очисної рідини балончика CARB CHOKE cleaner. Варто зауважити що даний метод очищення форсунок інжектора є найбільш ефективним.

Отже, промивка за допомогою ультразвуку дає можливість очистити форсунки в дуже забрудненому стані. Ультразвукові імпульси у ванночці проникають до найбільш вузьких місць форсунки, чого не робить жоден метод описаний вище.

Висновки з цього дослідження

Таким чином, промивання форсунок під напругою дозволяє швидко очистити її від смолянистих відкладів важких вуглеводнів, а також сторонніх часток, розміри яких перевищують розміри сопел. З іншого боку промивання в ультразвуковій ванночці дозволяє зробити це якісніше, але за більш тривалий проміжок часу.

Отримані результати промивань форсунок інжекторних двигунів показали, що промивання форсунок з використанням регулювання проміжку між голкою та сідлом дозволяє ефективно видалити смоляністі відкладення, а зміна напрямку потоку промивної рідини сприяє очищенню від сторонніх частинок, розміри яких перевищують діаметр сопла. Після промивання геометрія розпилювання суттєво покращується та об'єм впрскування в циліндри кожної форсунки стає однаковим

Література

1. *Диагностика автоматизированного производства / С.Н. Григорьев, В.Д. Гурин, М.П. Козочкин и др.; под. ред. С.Н. Григорьева. М.: Машиностроение, 2011. — 600 с*
2. *Быков В.В., Быков В.П. Исследовательское проектирование в машиностроении. М.: Машиностроение, 2011. 256 с.*
3. *Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 2012. 672 с..*
4. *Деталі машин : підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.*
5. <http://systemsauto.ru/feeding/injector.html>
6. <http://www.autosecret.net/avtosecret/618-ultrazvukovaja-chistka-inzhektora>