

АНАЛІЗ ПРИЧИН Й ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

Бардаш Микита Сергійович, ст. гр. Ам-54-18

nbardash1696@gmail.com

Технічний стан механізмів і вузлів системи живлення двигуна істотно, впливає на його потужність й економічність, а отже, і на динамічні якості автомобіля.

Характерними несправностями систем живлення є: порушення герметичності й текти палива з паливних баків, і паливо проводів, забруднення паливних і повітряних фільтрів.

Найпоширенішими несправностями системи живлення є зношування форсунок, втрата герметичності зношування вихідних отворів форсунки, їхнє закоксування й засмічення. Ці несправності приводять до зміни моменту початку подачі палива, нерівномірності роботи паливного насоса по куті й кількості подаваного палива, погіршенню якості розпилювання палива форсункою.

У результаті перерахованих несправностей підвищується витрата палива й збільшується токсичність газів, що відробили, утруднення пуску двигуна, збільшення витрати палива під навантаженням, падіння потужності двигуна і його перегрів, зміна состава суміші.

Двигун, оснащений сучасною системою упорскування палива, має безліч переваг перед карбюраторним – менша витрата палива, надійна холодний пуск, прогрів, помітно більше стабільна робота двигуна. Але разом із цим такі системи керування двигуном набагато критичніше до якості палива. Досить усього лише одного заправлення неякісним паливом з підвищеним змістом присадок, а іноді й води, двигун дуже швидко губить всі переваги системи упорскування палива внаслідок забруднення форсунок.

Форсунка – основний виконавчий елемент інжекторної системи живлення. Багато в чому саме від її стану залежать робочі характеристики двигуна. Першими ознаками, що вказують на можливі проблеми з форсунками, вважаються ривки й провали при збільшенні навантаження двигуна, нестійка його робота на малих обертах, підвищена токсичність вихлопних газів утруднений запуск двигуна, нестійка робота (особливо на холостому ходу), підвищений витрата палива, погіршення керованості, поява детонації внаслідок збідніння суміші й підвищення температури в камері згоряння, пропуски запалення, удари у вихлопній трубі.

Однак ті ж симптоми можна спостерігати й при інших несправностях систем живлення й запалювання, тому перед тим, як проводити заходи з форсунками, фахівці радять провести діагностику двигуна. Багато передові моторів тестери дозволяють реалізувати таку функцію, як режим відключення циліндра. Іншими словами, крім із роботи кожний із циліндрів і фіксуючи

зміну змісту СН у вихлопних газах, вдається приблизно представити загальну картину стану форсунок. Форсунки розташовані в зоні дії більших температур. Випар бензину під їхнім впливом приводить до того, що на деталях з'являються тверді відкладення, які перешкоджають нормальному процесу розпилення палива: перекриваються (повністю або частково) розпилювальні отвори, порушується герметичність голчастого клапана. Проблема не тільки в тім, що в циліндри не надходить достатню кількість пального: порушується сам процес сумішоутворення. У факелі форсунки можуть перебувати великі частки палива, які не згоряють повністю, оскільки погано перемішані з повітрям. Електронний блок керування в такому випадку, одержавши інформацію від кисневого датчика, зробить корекцію состава суміші, у результаті цього швидше за все зросте витрата палива.

Варто відзначити, що відмова форсунки не завжди викликана засміченням. Можливі й інші причини: приміром, несправність її електричної частини. Щоб переконатися в непричетності "електрики", досить заміряти опір обмотки електромагніта. Для форсунок моно упорскування воно не повинне перевищувати 4-5 Ом, у випадку розподіленого упорскування – 12-16 Ом. Електрика форсунки перевіряється за допомогою звичайного тестера за допомогою якого фахівці визначають їхній реальний стан. У принципі деякі виводи можна зробити за результатами діагностики двигуна, однак більше точну інформацію дозволяє одержати тестування форсунок на стенді. На ньому імітують різні тягові режими двигуна й за допомогою мензурок заміряють пропускну здатність кожної з них.

У машинобудуванні прийнято розрізняти деталі на відповідальні й невідповідальні. Відповідальні деталі випробовують підвищені фізичні навантаження, активний вплив середовища або температури, що скорочують їхній термін служби. Суть будь-якого ремонту полягає в заміні або відновленні, відповідальних деталей, або - у заміні агрегату, їх утримуючого.

До пристроїв бензинового тракту утримуючі відповідальні деталі ставляться: фільтри, бензонасос і форсунки. Форсунки й двигун, як утримуючі самі точні відповідальні деталі, захищені трьома фільтрами, уважаючи від бака.

Під дією сил тертя, виникає зношування поверхонь. Він характеризується втратою матеріалу деталей й, як наслідок, зміною розмірів, тобто втратою точності, а з нею функціональності. Швидкість зношування різко зростає в присутності бруду. Наприклад, бензиновий насос, у силу своєї конструкції, перетирає бруд, що надходить із бензобака, і посиляє її на фільтр тонкого очищення. При досить брудному баці його відповідальні деталі швидко зношуються, а фільтр забруднюється.

Корозія відома всім. Найбільше активно вона протікає із зовнішньої сторони тракту. Може привести до наскрізних отворів. У баці завжди присутній конденсат пар води (5 - 100 мол), що поширюється по системі, викликаючи корозію усередині.

У малих кількостях у бензині присутні смоли. Вони осідають на поверхнях, до них прилипає бруд, плівка росте, малі пропускні отвори звужуються. Це небезпечно для фільтрів і форсунок. Так фільтр тонкого очищення має самі маленькі фільтруючі отвори, його регламентна заміна передбачається кожні 30000 км.

Сітчастий фільтр перед насосом повинен пропускати бензин вільно (~ 1,5 л/хв). Він не захищає насос від дрібного бруду. Оскільки не може мати розміри прохідних отворів менш ~ 0,1 мм, інакше втратить пропускну здатність. Коли він засмічується, тиск у зоні розрядження (вхід насоса) стає нижче норми, починається паротворення, бензин на виході з насоса насичений мікро пухирцями пари, схожий на молоко.

Варто розуміти, що всі елементи бензинового тракту, як гідродинамічної системи, представляють опір потоку, на кожному з них падає деякий тиск. Тому, наприклад, регулятор тиску розташовують якнайближче до форсунок, щоб забезпечити постійний тиск саме перед ними; а бензонасос має запас по тиску, що витрачається в міру забруднення фільтра тонкого очищення. Чим менше сумарний пропускний отвір – тим більше падіння тиску.

Найкраще розпилення визначається заданим для конкретної форсунки факелом розпилення. Вся система бензинового тракту працює на факел. Він визначається формою сопла, якістю поверхонь зтікання й тиском перед соплом, що, практично, повинне бути дорівнює тиску перед форсунками - «робочому».

Якщо фільтр форсунки стане брудним, то на ньому виникне відчутний перепад тиску. Тиск перед соплом зменшиться. Факел розпилення втратить форму конуса. Кількість бензину в краплях зросте, а в газовій фазі зменшиться (лямбда зросте). До такого ж ефекту приведе бруд усередині форсунки або некоаксильність голки й корпуси, наприклад, внаслідок зношування.

Крім підвищеної витрати палива, для механічних і напівмеханічних систем упорскування це буде означати ще й втрату потужності (лямбда в зоні погіршення.). Система керування двигуном, завдяки зворот ньому зв'язку, збільшить час упорскування (додасть бензину) і відновить співвідношення: $1 = 1$. Але перевитрати бензину, без заміни форсунок, усунути неможливо.

При експлуатації або ремонті може відбутися розгерметизація системи. Навіть невелике прокопування знижує тиск. Зовні це місце легко визначити візуально, усередині бака - тільки догадатися.

Для відновлення працездатності форсунки є кілька шляхів. Найдешевший й доступний – використання спеціальних присадок у паливо. Але, як правило, цей спосіб очищення форсунок разом зі своїми перевагами має дуже серйозні недоліки. Більшість забруднень потрапляючи у бензобак, осідають на його дні й ніяк себе не проявляють. Але як тільки в бензобак попадає засіб для очищення інжекторів, воно в першу чергу вступає в реакцію

з опадами на дні. У результаті цього, більша частина забруднень, що скопилися, змішується з бензином і попадає в систему упорскування палива. Паливний фільтр дуже швидко переповняється, і частина забруднень може потрапити в інжектори. Шкоди від такого очищення часто буває більше, ніж користі. Фахівці радять застосовувати такі засоби скоріше для профілактики через кожні 2-3 тис. км.

На сьогоднішній день існує кілька методів очищення форсунок. Очищення може вироблятися без зняття або зі зняттям форсунок із двигуна.

Очищення форсунок без зняття із двигуна

Паливний бак і бензонасос відключаються від двигуна, а в систему упорскування палива від спеціального стенда подається спеціальна рідина, що чистить, що одночасно є й паливом, на якому двигун працює певний час. У результаті очищаються не тільки самі форсунки, але й паливна рампа, регулятор тиску, впускні клапани, частково камери згоряння. Цей метод набагато ефективніше добавок до палива й може вирішити питання очищення форсунок, але при такому очищенні неможливо проконтролювати пропускну здатність форсунок. На автомобілях, що не мають лямбда-зонда, після промивання форсунок виникає необхідність коректування состава суміші вручну. Після такого очищення форсунки часто залишаються очищеними не до кінця.

Очищення форсунок зі зняттям із двигуна

Від попередніх, метод відрізняється тим, що інжектори попередньо із двигуна знімаються й перевіряються на стенді, після чого очищаються в ультразвуковій ванні й знову перевіряються на стенді. Такий метод дозволяє контролювати якість очищення форсунок, а головне – вирівняти їхню продуктивність. Якщо наступна перевірка показала незадовільні результати – очищення проводиться повторно. Практика показала, що цей метод найбільш оптимальний: контролюється пропускну здатність форсунок на різних режимах; візуально контролюється стан ущільнювальних гумок і фільтрів; виявляється корозія форсунок ще до очищення. Тільки таким способом можна видалити лакові відкладення на паливному клапані. До недоліків цього способу можна віднести більші тимчасові витрати (більше трьох годин) і, як наслідок, високу вартість процедури. Саме очищення проводиться за допомогою ультразвуку в спеціальній ультразвуковій ванночці протягом 15-30 хвилин.

Якщо автомобіль оснащений моно упорскуванням, можна скористатися очищенням без розбирання за допомогою промивної установки. Така система живлення мало чим відрізняється від карбюраторної. При розподіленому упорскуванні кожна з форсунок подає паливо у свій циліндр, тому при різній пропускну здатності внаслідок засмічення можуть виникнути перебої в роботі двигуна та інші неприємності: щоб оцінити ефективність роботи цих деталей, потрібно їх зняти й протестувати на стенді. У випадку з моно упорскуванням така ситуація неможлива в принципі, оскільки форсунка

всього одна. При її частковому засміченні в мотор буде надходити збіднена паливна суміш, про що лямбда-зонд негайно проінформує електронний блок керування, і состав суміші буде скоректований. Витрата бензину при цьому навряд чи збільшиться. В особливо важких випадках, коли промивання без демонтажу форсунок не дає очікуваних результатів, її необхідно замінити.

Ультразвуковий метод

Працевтрати на демонтаж у цьому випадку компенсуються високою ефективністю очищення й можливістю візуального й інструментального контролю їхнього стану. Для оцінки стану форсунок перевіряються форма факела розпилення й герметичність клапана, а також рівняється продуктивність форсунок одного комплекту.

Висока ефективність очищення досягається за рахунок використання явищ кавітації в миючій рідині, при якій у ній виникає маса пульсуючих пухирців, заповнених сумішшю пари й газу. Складний рух пухирців, їх схлопування, злиття один з одним і т.д. породжують у рідині імпульси стиску (мікроударні хвилі) і мікропотоки, під впливом яких відбувається руйнування твердих тіл, що перебувають у рідині (кавітаційна ерозія) і інтенсифікуються хімічні процеси розчинення. Ці процеси, маючи правильно підібрані параметри, використовуються для прискорення розчинення й відділення забруднюючих часток від поверхні. Найпоширенішим (але не єдиним) способом порушення кавітації в рідині є високочастотні звукові коливання.

Установки, що використовують такий спосіб очищення, одержали назву ультразвукових. Крім ультразвукової ванни, такі установки мають тестуючий стенд, що дозволяє імітувати різні режими роботи форсунок і контролювати їхні основні параметри. Стенд звичайно дозволяє регулювати в певних межах тиск палива, частоту спрацьовування клапана форсунок й тривалість імпульсу упорскування. У найбільше «просунутих» стендах існують режими автоматичної зміни цих параметрів для імітації режимів набору обертів двигуна і його «гальмування». Для перевірки форсунок використовується спеціальна тестова рідина, що не є легкозаймистою. По щільності й в'язкості рідина близька до бензину й має високу миючу здатність. При всій ефективності ультразвукових технологій очищення, вони не можуть використатися для промивання форсунок, що мають у конструкції керамічні елементи. Найчастіше це форсунок безпосереднього упорскування. Виробники таких форсунок не рекомендують, а найчастіше прямо забороняють використати ультразвук для їхнього очищення, тому що в керамічних елементах форсунок під впливом ультразвуку виникають мікротріщини, які в жорстких умовах експлуатації швидко прогресують, і в результаті форсунка виходить із ладу. Таким чином, до достоїнств ультразвукових установок варто віднести високу ефективність очищення й можливість об'єктивної оцінки стану кожної форсунок. Недоліками таких установок є, по-перше, необхідність демонтажу форсунок й, по-друге, обмеження можливості чищення форсунок безпосереднього упорскування,

що мають керамічні конструктивні елементи. Такі установки доцільно застосовувати для очищення форсунок із сильними забрудненнями (автомобілі із пробігом більше 100 тис. км); для автомобілів, де демонтаж форсунок не вимагає значних працевтрат; або у випадках, коли працевтрати на демонтаж компенсуються вартістю відновлених форсунок.

Існує ще одна група установок для тестування й очищення форсунок, що одержали назву «кавітаційних». Тут гідродинамічний вплив на забруднення здійснюється не за рахунок ультразвуку. Технологія очищення в цих установках заснована на об'єднанні миючих властивостей спеціальних сольвентів і кавітаційних ефектів, що виникають у рідині, що протікає по каналах форсунки. Кавітація в цьому випадку виникає за рахунок зворотно-поступального руху клапана форсунки при частоті керуючих імпульсів порядку 2000 Гц. Інтенсивність кавітації в таких установках невеличка, тому цей спосіб очищення можливий для форсунок, що мають конструктивні елементи з кераміки. Це безперечна перевага установок такого типу. Ще однією перевагою є можливість повторного використання (після фільтрації) миючого состава, на відміну від установок для промивання форсунок на працюючому двигуні, де сольвент згоряє разом (або замість) з бензином. До недоліків цього методу варто віднести практично відкрите розпилення токсичного й легкозаймистого сольвенту, що вимагає захисту обслуговуючого персоналу й протипожежних заходів. Необхідно також експериментально підбирати ефективну частоту спрацьовування клапана для різних типів форсунок. Кожна з технологій й, відповідно, моделей устаткування для їхньої реалізації має свої достоїнства, які в більшому або меншому ступені проявляються в конкретних умовах.

Чищення електромагнітних форсунок системи живлення за допомогою ультразвуку дозволяє відновити їхню працездатність на 90%, а саме: поліпшити дисперсність (зменшити розмір краплі палива при розпилюванні); підвищити продуктивність і привести до рівномірної витрати палива між всіма форсунками двигуна; відновити факел розпилу.

В результаті: поліпшується економічність, "прийом" на низьких обертах й, як наслідок, потужність.

Підіб'ємо підсумок, забруднення форсунок може викликати: порушення герметичності зниження продуктивності; погіршення якості розпилювання палива, значний розкид продуктивності між окремими форсунками комплекту. В результаті знайомі багатьом власникам симптоми: утруднений пуск; нестійкий холостий хід; провали при розгоні; підвищена витрата палива; втрата потужності; поява детонації унаслідок збіднення суміші і підвищення температури в камері згоряння; пропуски займання; "Хлопки у вихлопній трубі". Позбавляючись від них, виробники апаратури намагаються перешкодити появі відкладень. Для цього вдосконалюють конструкцію форсунок, застосовують нові матеріали, досягають дуже високої точності виготовлення. Нафтові компанії випускають високоякісні бензини з миючими присадками. І все ж форсунки доводиться чистити, особливо якщо пробіг автомобіля здійснюється на вітчизняних бензині, багатому важкими фракціями і перевищує 100 тис. км.

Научный консультант: Горбик Ю. В., доц. каф. ТЭСА.