

УДК 621.434

Дитяцьєв О.В. «Питання локалізації несправностей в системі подачі палива з безпосереднім уприскуванням»

Система безпосереднього уприскування - (Gasoline Direct Injection (GDI)) - система подачі палива для бензинових двигунів внутрішнього згорання, у якій форсунки розташовані в голівці блоку циліндрів і уприскування палива відбувається безпосередньо в циліндри. Широке поширення системи безпосереднього уприскування (БУ) отримала завдяки суттєвій економії палива, що досягає до 20% [1]. Популярність системи в сумі з тим, що її конструкція багато в чому відрізняється від пристрою попередників, визначили запит автомобільної громадськості на доступність послуг діагностики системи і локалізації несправностей її компонентів. До теперішнього часу відомо багато варіантів системи різних екологічних стандартів, виробників та років випуску. У статті поставлено завдання на прикладі конкретної моделі системи показати послідовність кроків локалізації і необхідний обсяг попередніх відомостей для розробки та складання матриці визначення несправних компонентів контуру високого тиску. Масове поширення систем живлення з БУ передбачає широкий доступ до послуг технічного обслуговування та ремонту, зокрема, до послуг діагностики. Для цього можуть бути залучені сканери OBD-2, універсальні і орієнтовані на конкретні марки автомобілів, а також універсальні засоби вимірювань фізичних величин (манометри, омметри, амперметри та ін.). Не останню роль тут грає спостереження за особливостями поведінки двигуна, такими як смикання, раптова втрата потужності, раптова зупинка та ін.

Особливості системи подачі палива з БУ: наявність самодіагностики, двох контурів - низького тиску та високого тиску. Крім того, в кожному контурі є свій контур регулювання тиску зі зворотним зв'язком, що забезпечує подачу палива за потребою. Цю функцію також підтримує регулюючий клапан в паливному насосі високого тиску (ПНВТ), що має відкрите нормальне положення. Особливості структури системи використовувалися при розробці алгоритмів та матриці діагностування. Крім того, враховувалися результати спостережень за поведінкою автомобіля, причинно-наслідкові зв'язки при наявності несправностей, розмикання зворотних зв'язків в контурах. При розробці раціональних діагностичних алгоритмів зазвичай використовуються різні критерії вибору послідовності операцій: імовірнісний критерій, критерій мінімізації трудомісткості операції перевірки. В даному випадку використовувався комплексний критерій - ставлення ймовірнісної характеристики і характеристики трудомісткості, використання якого, в силу двостороннього дії, може підвищити ефективність діагностування. Перевага віддавалася максимізації відносини параметра інтенсивності відмов до трудомісткості заміни компонента, маючи на увазі, що виробники автомобілів і їх електричних та електронних компонентів при підозрі несправності рекомендують заміну на час діагностування.

**Ключові слова:** локалізація, процедури, несправності, симптоми, уприскування, матриця локалізації.

Дитяцьєв А.В. «Вопросы локализации неисправностей в системе подачи топлива с непосредственным впрыском»

Система непосредственного впрыска - (Gasoline Direct Injection (GDI)) - система подачи топлива для бензиновых двигателей внутреннего сгорания, в которой форсунки расположены в головке блока цилиндров и впрыска топлива происходит непосредственно в цилиндры. Широкое распространение система непосредственного впрыска (НП) получила благодаря существенной экономии топлива, что достигает до 20% [1]. Популярность системы в сумме с тем, что ее конструкция во многом отличается от устройства предшественников, определили запрос автомобильной общественности на доступность услуги диагностики системы и локализации неисправностей ее компонентов. К настоящему времени известны многие варианты системы различных экологических стандартов, производителей и годов выпуска. В статье поставлена задача на примере конкретной модели системы показать последовательность шагов локализации и необходимый объем предварительных сведений для разработки и составления матрицы определения неисправных компонентов контура высокого давления.

Массовое распространение систем питания с НП предусматривает широкий доступ к услугам технического обслуживания и ремонта, в частности, к услугам диагностики. Для этого могут быть привлечены сканеры OBD-2, универсальные и ориентированы на конкретные марки автомобилей, а

также универсальные средства измерений физических величин (манометры, омметры, амперметры и др.). Не последнюю роль здесь играет наблюдение за особенностями поведения двигателя, такими как дерганье, внезапная потеря мощности, внезапная остановка и др.

Особенности системы подачи топлива с НП: наличие самодиагностики, двух контуров - низкого давления и высокого давления. Кроме того, в каждом контуре есть свой контур регулирования давления с обратной связью, обеспечивающей подачу топлива по необходимости. Эту функцию также поддерживает регулирующий клапан в топливном насосе высокого давления (ТНВД), имеющий открытое нормальное положение. Особенности структуры системы использовались при разработке алгоритмов и матрицы диагностирования. Кроме того, учитывались результаты наблюдений за поведением автомобиля, причинно-следственные связи при наличии неисправностей, замыкание обратных связей в контурах. При разработке рациональных диагностических алгоритмов обычно используются различные критерии выбора последовательности операций: вероятностный критерий, критерии минимизации трудоемкости операции проверки. Здесь использовался комплексный критерий - отношение вероятностной характеристики и характеристики трудоемкости, использование которого, в силу двустороннего действия, может повысить эффективность диагностики. Предпочтение отдавалось максимизации отношения параметра интенсивности отказов к трудоемкости замены компонента, имея в виду, что производители автомобилей и их электрических и электронных компонентов при подозрении неисправности рекомендуют замену на время диагностирования.

Ключевые слова: локализация, процедуры, неисправности, симптомы, впрыска, матрица локализации.

#### *Dityatyev A.V. "Questions of localization of faults in the fuel supply system with direct injection."*

*Direct injection system - (Gasoline Direct Injection (GDI) - a fuel supply system for gasoline internal combustion engines, in which the nozzles are located in the cylinder head and fuel is injected directly into the cylinders. Direct injection (DI) system has become widespread due to significant fuel savings, which reaches up to 20% [1]. The popularity of the system, together with the fact that its design differs in many respects from the device of its predecessors, determined the demand of the automotive public for the availability of systems diagnostics services and localizing its faults. Many variants of the system of various environmental standards, manufacturers and years of manufacture are known to date. The article sets the task, using a specific system model as an example, to show the sequence of localization steps and the required amount of preliminary information for the development and compilation of a matrix for determining faulty components of the high pressure circuit.*

*The mass spread of power supply systems with control units provides for wide access to maintenance and repair services, in particular, to diagnostics services. For this, OBD-2 scanners, universal and focused on specific car brands, as well as universal means of measuring physical quantities (manometers, ohmmeters, ammeters, etc.) can be involved. An important role here is played by observing the features of the engine's behavior, such as twitching, sudden loss of power, sudden stop, etc.*

*Features of the fuel supply system with control unit: self-diagnostics, two circuits - low pressure and high pressure. In addition, each circuit has its own closed-circuit pressure control circuit that delivers fuel on demand. This function is also supported by the control valve in the high pressure fuel pump (injection pump), which has a normal open position. The features of the system structure were used in the development of algorithms and a matrix for diagnostics. In addition, the results of observations of the behavior of the car, cause-and-effect relationships in the presence of malfunctions, and the opening of feedbacks in the circuits were taken into account. During the development of rational diagnostic algorithms, various criteria for choosing a sequence of operations are usually used: a probabilistic criterion, criteria for minimizing the complexity of the verification operation. The complex criterion was used in this case - the ratio of the probabilistic characteristics and the characteristics of labor intensity, the use of which, due to the bilateral action, can increase the efficiency of diagnostics. Preference was given to maximizing the ratio of the failure rate parameter to the labor intensity of component replacement, bearing in mind that manufacturers of cars and their electrical and electronic components, if a malfunction is suspected, recommend replacement for the time of diagnostics.*

**Key words:** localization, procedures, malfunctions, symptoms, injection, localization matrix.

## **Вступ**

Завдяки перевагам системи GDI, її варіанти присутні в виробничих програмах основних виробників автомобілів. Наприклад, VOLKSWAGEN AG майже всі двигуни оснащує системою безпосереднього впрыскування FSI-TFSI-TSI. Винятки становлять моделі, вироблені на закордонних територіях зі знизеними вимогами екологічної безпеки. Маються на увазі перш за все вимоги до викиду кількості діоксиду вуглецю, що є парниковим газом.

Масове поширення систем живлення з БУ передбачає широкий доступ до послуг технічного обслуговування і ремонту, зокрема, до послуг діагностики. При наявності в місцевості авторизованої СТО проблем не виникає, оскільки виробники автомобілів постачають такі СТО вичерпною інформацією і відповідними діагностичними засобами. По-іншому ситуація складається в малих населених пунктах при відсутності спеціальних діагностичних засобів і відомостей про діагностичні процедури. В цьому випадку до вирішення завдань діагностики можуть бути залучені сканери OBD-2, універсальні і орієнтовані на конкретні марки автомобілів, а також універсальні засоби вимірювань фізичних величин (манометри, омметри, амперметри та ін.). Не останню роль тут грає спостереження за особливостями поведінки двигуна, такими як смикання, раптова втрата потужності, раптова зупинка та ін. Розвиток заходів з діагностики та локалізації несправностей сприяють попередньою оцінкою необхідності і вартості ремонтних робіт, актуальною на віддалених територіях. До названих заходів слід віднести також матриці діагностування, що дозволяють істотно економити час на проведення логічних операцій.

### **Актуальність проблеми**

Не дивлячись на те, що японська Mitsubishi Motors Corp представила світу перший автомобіль з двигуном GDI ще в 1995 році, автосервіс в особі «вільних ремонтників» до сих пір не мають достатнього досвіду в їх діагностиці, ремонті і обслуговуванні [2]. Наявність самодіагностики істотно спрощує локалізацію несправностей, однак на практиці існують випадки, коли помилок не зафіксовано, а двигун не пускається або працює незадовільно (помилки першого роду - пропуск діагнозу). Мають місце й інші випадки, коли помилки зафіксовані, а двигун працює без зауважень (помилки другого роду - помилковий діагноз). Саме в цих випадках виявляється ефективною локалізація з використанням як самодіагностики, так і інструментальних методів контролю і відповідних діагностичних процедур.

### **Аналіз останніх досліджень**

Інформаційне забезпечення технічного обслуговування і особливо ремонту автомобілів відстає за часом від випуску нових моделей. Перш за все це пов'язано з відсутністю досвіду роботи з новими моделями. Крім того, існують невинновдані високі надії на самодіагностику і це в деякій мірі гальмує розробку інших алгоритмів діагностування. До того ж в Європі, наприклад, виробник автомобілів має право використовувати власну ремонтну документацію на підприємствах своєї мережі протягом 5 років. Тільки після цього терміну вона на комерційній основі передається іншим користувачам.

Проблеми експлуатації систем безпосереднього уприскування розкриті в [2]. Несправності систем уприскування і компонентів представлені в [3].

### **Формулювання мети дослідження**

Метою цієї статті є показати на прикладі конкретної системи безпосереднього уприскування FSI (Fuel Stratified Injection - пошарове уприскування палива) автомобіля Jetta з двигуном FSI (2,0 л; 110 кВт), EURO 4 концерну VOLKSWAGEN [4] послідовність кроків і необхідний обсяг попередніх відомостей, достатніх для розробки алгоритмів локалізації несправностей компонентів і складання матриці діагностування контуру високого тиску в тому числі для випадків, коли самодіагностика демонструє помилки першого і другого роду.

## Результати дослідження

Конструкція системи безпосереднього впорскування палива представлена на рисунку 1.

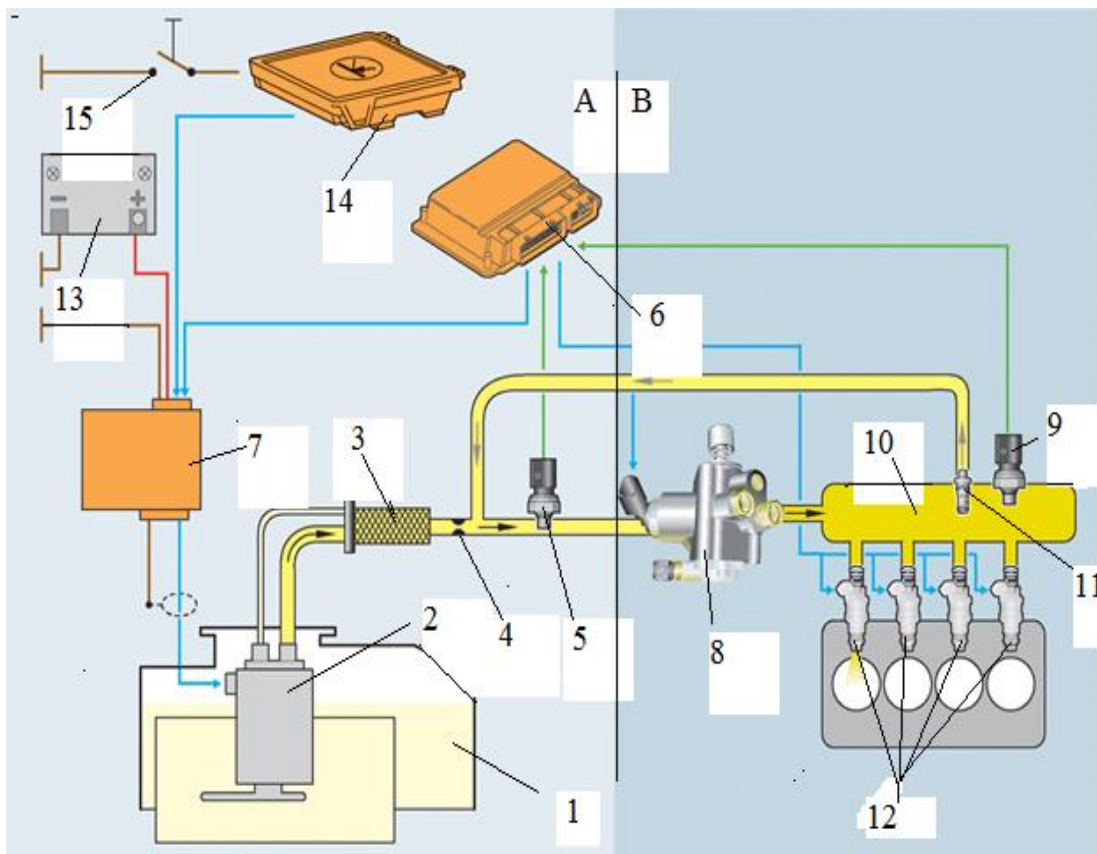


Рис. 1. Схема подачі палива FSI:

1 - паливний бак; 2 - вузол подачі палива; 3 - фільтр; 4 - дросель; 5 - датчик низького тиску палива G410; 6 - блок управління системою Motronic (J220); 7 - блок управління електронасосом (J538); 8 - ПНВТ з регулятором тиску (N276); 9 - датчик високого тиску; 10 - рампа; 11 - запобіжний клапан; 12 - форсунки високого тиску; 13 - акумуляторна батарея; 14 - блок управління бортовою мережею (J519), що забезпечує включення електронасоса з попередженням; 15 - кінцевий вимикач електронасоса в двері, А - контур низького тиску, В - контур високого тиску.

Система безпосереднього уприскування включає два контури - низького і високого тиску. До складу контуру низького тиску входять: паливний бак, вузол подачі палива з електронасосом G6, паливний фільтр з клапаном-обмежувачем тиску (відкривається при тиску 0,68 МПа), датчик низького тиску палива G410, блок керування двигуном, блок управління електронасосом J538.

Тиск палива в контурі низького тиску змінюється в межах від 0,30 до 1,10 МПа. Ці кордони можуть відрізнятися у двигунів різних моделей.

Контур високого тиску включає паливний насос високого тиску, регулятор подачі палива, датчик високого тиску, запобіжний клапан, паливну рампу і форсунки уприскування. Узгоджену роботу системи забезпечує електронна система управління двигуном, що об'єднує вхідні датчики, блок управління і виконавчі механізми. Крім датчика високого тиску палива, система БУ використовує сигнали датчика частоти обертання колінчастого вала, датчика положення розподільного вала, датчика

положення педалі акселератора, витратоміра повітря, датчика температури охолоджуючої рідини, датчика температури повітря на впуску.

Особливості системи подачі палива: наявність самодіагностики, двох контурів - низького тиску і високого тиску. Крім того, в кожному контурі є свій контур регулювання тиску зі зворотним зв'язком, що забезпечує подачу палива за потребою. Цю функцію також підтримує регулюючий клапан N276, що має відкрите нормальне положення. Структурна схема подачі палива представлена на рисунку 2.

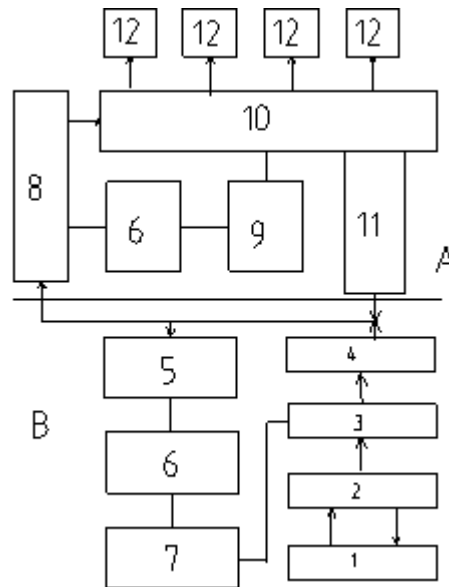


Рис. 2. Структурна схема подачі палива FSI:  
Позначення ті ж, що і на рисунку 1

При наявності несправностей в системі БУ змінюється характер поведінки автомобіля на дорозі. Симптоми несправностей подачі палива: недостатня потужність, смикання, раптова втрата потужності, зупинка двигуна і труднощі подальшого запуску. Спостереження показують, що несправності обох контурів системи можуть викликати всі зазначені симптоми, тобто з їх допомогою неможливо локалізувати несправний контур. Наявність самодіагностики істотно спрощує локалізацію несправностей, для чого може бути використаний широко відомий адаптер WAG COM 409 або його аналог.

При розробці раціональних діагностичних алгоритмів використовуються різні критерії вибору послідовності операцій. Зазвичай вважають за краще імовірнісний критерій, коли в першу чергу проводять операції зі складовими системи, що мають максимальні ймовірності відмови. Загальновідомі критерії мінімізації трудомісткості операції перевірки, коли в першу чергу проводяться доступні операції з мінімумом витрат часу. Очевидно, що можливий комплексний критерій - ставлення ймовірнісної характеристики і характеристики трудомісткості, використання якого, в силу двостороннього дії, може підвищити ефективність діагностування. Тут перевага віддавалася максимізації відносини параметра інтенсивності відмов до трудомісткості заміни компонента, маючи на увазі, що виробники автомобілів і їх електричних і електронних компонентів при підозрі несправності рекомендують заміну на час діагностування. Нами проводилися спостереження з 2007 р в умовах авторизованої СТО за 85 автомобілями, оснащеними системами подачі FSI, що належать різним корпораціям м. Харкова. Фіксувалися значення параметра інтенсивності відмов  $\omega$  в 1/1000 км пробігу для різних компонентів системи і трудомісткість їх заміни в чол\*год. і розраховувалися їх відношення. Результати спостереження представлені в таблиці 1.

В умовах відсутності обмежень логічного характеру при виборі операцій використовувався саме  $\omega/t$ - критерій. Операція вважалася пріоритетною, якщо відношення  $\omega/t$  мало максимальне значення. Як видно з таблиці, при відмовах системи живлення в першу чергу доцільно зайнятися діагностикою контуру низького тиску. Далі розглядаються алгоритми локалізації саме в цьому контурі.

Таблиця 1

Результати спостережень			
Компоненті системи живлення	Інтенсивність відмов $\omega$ , 1/1000 км	Трудомісткість, $t$ , чол*год	Відношення $\omega/t$
<i>Контур низького тиску</i>			
1. Вузол подачі, включаючи насос попередньої подачі, фільтр, клапан обмеження тиску	$0,8 * 10^{-3}$	0,5	$1,6*10^{-3}$
2. Блок управління насосом попередньої подачі	$0,4 * 10^{-3}$	0,1	$4*10^{-3}$
3. Датчик низького тиску	$0,2 * 10^{-3}$	2,5	$0,08*10^{-3}$
<i>Контур високого тиску</i>			
1. Датчик високого тиску	$0,25 * 10^{-3}$	0,8	$0,31*10^{-3}$
2. Клапан обмеження тиску	$0,9 * 10^{-3}$	0,8	$1,13*10^{-3}$
3. ПНВТ з регулюючим клапаном подачі	$0,33 * 10^{-3}$	0,8	$0,41*10^{-3}$
4. Фосунки	$0,8 * 10^{-3}$	4,0	$0,2*10^{-3}$

Класичним прийомом діагностування складних систем є розмикання зворотного зв'язку і подальша ініціалізація системи. В даному випадку доцільно розімкнути контур високого тиску, в результаті чого вся навантаження по топливоподаче доведеться на контур низького тиску. Екстремальна навантаження дозволить визначити несправний компонент. Розімкнути зворотний зв'язок можна шляхом відключення регулятора високого тиску, знявши з нього роз'єм. При такій конфігурації контур низького тиску об'єднується з контуром високого тиску і з'являється можливість порівняти показники датчиків обох контурів. При працюючому на холостому ході двигуні з частотою обертання до 3000 об/хв обидва датчика повинні показувати тиск 0,4 ... 0,8 МПа. Навантаження двигуна пробної поїздкою дає можливість визначити характер впливу навантаження на тиск в контурах. При постійному тиску несправність необхідно шукати в контурі високого тиску.

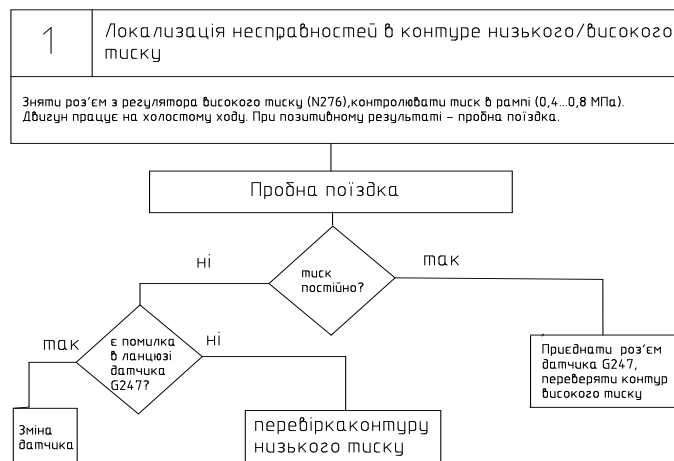


Рис. 3. Алгоритм локалізації несправності на рівні контура

Якщо тиск зростає або падає і немає помилок датчика високого тиску палива, необхідна перевірка контуру низького тиску. У контурі високого тиску є ще і запобіжний клапан, однак він зазвичай відкривається при тиску 11 ... 12 МПа і його вплив на тиск в контурах при тиску 0,4 ... 0,8 МПа мало ймовірно. За аналізовані симптоми можуть бути відповідальні всі компоненти контуру низького тиску, за винятком паливного бака і блоку управління двигуном.

Локалізацію в контурі низького тиску доцільно почати з датчика низького тиску G410. Для цього він вигвинчується з магістралі з подальшим включенням запалювання. Датчик повинен показувати атмосферний тиск (близько 100 кПа). Алгоритм локалізації несправного датчика представлений на рис.4.

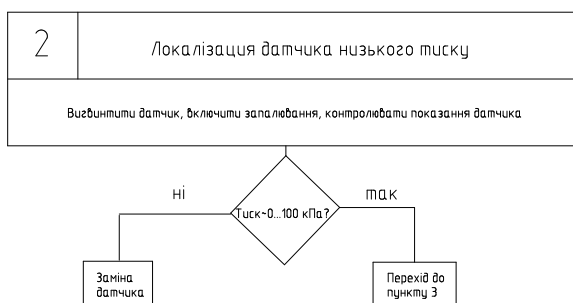


Рис. 4. Алгоритм локалізації несправності датчика низького тиску

Якщо після проведених операцій симптоми повторюються, проводиться перевірка електричного паливного насоса G6 і блоку управління паливним насосом J538. Перевірка проводиться розмиканням зворотного зв'язку контуру низького тиску шляхом зняття роз'єму з насоса, подачі на нього живлення безпосередньо від бортової мережі і вимірювання споживаного струму. Справний насос і блок управління повинні показувати струм близько 8А при відсутності шумів. Алгоритм локалізації несправностей наведено на рис. 5.

Подальшу перевірку насоса, паливного фільтра, клапана-обмежувача тиску доцільно проводити методом послідовної заміни.

Локалізацію несправностей в контурі високого тиску необхідно починати, переконавшись в справності компонентів контуру низького тиску.

ПНВТ з клапаном регулювання тиску палива служить для подачі палива під тиском від 3,0 до 11,0 МПа відповідно до його витратою в двигуні.

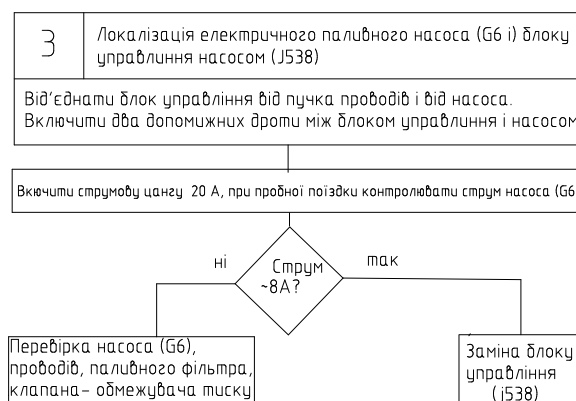


Рис. 5. Процедура перевірки паливного насоса

Технічний стан електричної частини клапана регулювання тиску контролюється системою самодіагностики безпосередньо. Стан гідравлічної частини клапана і ПНВТ контролюється самодіагностикою опосередковано через величину тиску в рампі.

Трубопроводи високого і низького тиску, виготовлені з металу, приєднуються до рампи і до ПНВТ за допомогою штуцерів з різьбленням. Технічний стан паливопроводу високого тиску і рампи безпосередньо системою самодіагностики не визначається.

Датчик тиску палива (G247) вкручується в рампу і призначений для вимірювання тиску в ній. Зміна тиску в розподільному трубопроводі виробляється за допомогою клапана регулятора. При відсутності сигналу з датчика тиску блок керування двигуном подає на клапан регулятора тиску постійний керуючий сигнал, при цьому системою самодіагностики реєструється помилка.

Клапан регулятора тиску палива (N276) призначений для регулювання тиску в рампі незалежно від витрати палива через форсунки і від його подачі насосом високого тиску. При несправності клапана знеструмлений клапан закритий. В результаті в системі постійно підтримується високий тиск палива. Для захисту компонентів паливної системи від надмірного тиску передбачена пружина, що утримує клапан в закритому стані тільки до тиску 12,0 МПа. При високому тиску клапан відкривається. Технічний стан клапана реєструється системою самодіагностики.

Форсунки високого тиску (N30 - N33) встановлені в голівці циліндрів. При несправності форсунки система управління двигуном здатна виявити несправну форсунку за перепустками займання в циліндрі, після чого подача сигналу на неї припиняється і в системі самодіагностики реєструється помилка.

При експлуатації зустрічаються такі несправності компонентів системи.

1. Відмова паливного насоса через механічний знос в сполученні «кулачок - штовхач» з реєстрацією системою самодіагностики факту зниження тиску.
2. Відмова датчика високого тиску з реєстрацією відмови системою самодіагностики. Зустрічаються випадки, коли система самодіагностики не висвічується відмову, але поведінка автомобіля на дорозі не відповідає штатному.
3. Відмова клапана обмеження тиску. Як правило, клапан відкривається при менших тисках, ніж наказано в специфікації, що реєструється системою самодіагностики.
4. Негерметичність з'єднань паливопроводів і рампи. Ця несправність викликає заповнення повітрям системи і є причиною утрудненого запуску двигуна і недостатню потужність. Контролюється візуально.

Перед локалізацією несправностей в контурі високого тиску необхідно провести наступні заходи.

1. Упевнитися, що за симптоми неправильної поведінки автомобіля на дорозі відповідальна система БУ.
2. Переконаватися, що в контурі низького тиску відсутня несправність.
3. Читання помилок з системи самодіагностики і значення вимірюваних величин проводити за допомогою адаптера діагностичного VAG-COM або аналога. Додатково можуть бути використані окремі вимірники фізичних величин.

Традиційним методом діагностики складних систем є використання матриць несправностей, в якій кожна з несправностей пов'язана з сукупністю симптомів. В цьому випадку відома за попередньою експлуатації автомобіля або отримана при діагностиці сукупність симптомів сприяє локалізації несправності.

Матриця локалізації несправностей контуру високого тиску системи БУ представлена в таблиці 2. Як впливає з матриці, такі несправності, як відмова ПНВТ, наявність продуктів зносу в системі, несправність клапана обмеження тиску палива, несправність датчика високого тиску палива не можуть бути локалізовані за допомогою матриці, оскільки мають однаковий набір симптомів. У цьому випадку вдаються до додаткових тестів.

1. Перш за все, аналізують наявні повідомлення про помилки, якщо вони є.



2. Локалізацію несправностей клапана обмеження тиску палива і нагнітального клапана ПНВТ слід виробляти таким чином:

а) прогріти двигун до робочої температури на холостому ході (до спрацьовування вентилятора системи охолодження);

Таблиця 2

**Матриця локалізації несправностей контуру високого тиску системи НП**

Несправності						
Відмова форсунки	Відмова ПНВТ, наявність продуктів зносу в системі	Клапан регулювання тиску палива не закривається	Негерметичність паливopроводів	Несправний клапан обмеження тиску палива	Несправний датчик високого тиску палива	Симптоми
+	+	+	+	+	+	Смикання при їзді з великим навантаженням
	+	+		+	+	Раптове зниження потужності
	+			+	+	Зупинка двигуна
+	+		+	+	+	Утруднений або неможливий пуск двигуна
+	+	+	+	+	+	Недостатня потужність двигуна

б) від'єднати трубопровід від ПНВТ; при включеному запалюванні спостерігати за зміною тиску в рампі. При справних клапанах тиск повинен повільно зростати до значень більше 10 МПа. При тиску 12 МПа відкриється клапан обмеження тиску палива;

в) продовжувати спостерігати за падінням тиску. При герметичних клапанах протягом 30 хвилин залишковий тиск має бути не менше 3 МПа. При більшій швидкості падіння тиску контролюють витікання рідини з штуцера ПНВТ. Наявність рідини свідчить про негерметичність нагнітального клапана, в іншому випадку негерметичний клапан обмеження тиску палива.

3. Розбирають ПНВТ з метою визначення величини і характеру зносів робочої пари «кулачок-штовхач».

4. Для локалізації несправності датчика високого тиску палива VOLKSWAGEN пропонує зняти роз'єм з клапана регулювання тиску палива, запустити двигун на холостому ході і проконтролювати величину тиску палива - воно повинно бути в межах 400 ... 800 кПа (см. рисунок 3). Далі слід діяти відповідно до алгоритму.

## Висновки

Для складання алгоритмів локалізації несправностей доцільно використовувати структурну схему системи. Поряд з критеріями ймовірності і мінімальних трудовитрат при локалізації несправностей може бути використаний гібридний критерій, що є відношенням параметра інтенсивності відмов елемента до трудомісткості його заміни. При діагностиці системи БУ доцільно використовувати прийом розмикання зворотних зв'язків. Комбінація засобів самодіагностики OBD - 2, спостереження за поведінкою

автомобіля на дорозі, організація тестових режимів на двигуні і автомобілі сприяють локалізації елементів системи БУ з малими витратами.

### **Список використаних джерел**

1. Система непосредственного впрыска бензина Bosch Motronic MED 7 [Электронный ресурс] - Режим доступа: [dl.khadi.kharkov.ua/mod/resource/view.php?id=21901](http://dl.khadi.kharkov.ua/mod/resource/view.php?id=21901) – Назва з екрану.
2. GDI - Непосредственный впрыск топлива, диагностика, ремонт и обслуживание [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [autodialab.ru/gdi.shtml](http://autodialab.ru/gdi.shtml) - Назва з екрану.
3. Неисправности систем впрыска [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://systemsauto.ru/disrepair/disrepair\\_feeding.html](http://systemsauto.ru/disrepair/disrepair_feeding.html) - Назва з екрану.
- 4.Топливная система двигателей FSI. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [jetta-club.org/uploads/ssp/ssp\\_rus/334\\_fsi\\_ustroystvo\\_i\\_principih\\_deystviya.pdf](http://jetta-club.org/uploads/ssp/ssp_rus/334_fsi_ustroystvo_i_principih_deystviya.pdf) - Назва з екрану.

### **References:**

1. Sistema neposredstvennogo vpryska benzina Bosch Motronic MED 7 [Elektronnyiy resurs] - Rejim dostupu: [dl.khadi.kharkov.ua/mod/resource/view.php?id=21901](http://dl.khadi.kharkov.ua/mod/resource/view.php?id=21901) – Nazva z ekranu.
2. GDI - Neposredstvennyiy vprysk topliva, diagnostika, remont i obslujivanie [Elektronnyiy resurs]. - Rejim dostupu: [autodialab.ru/gdi.shtml](http://autodialab.ru/gdi.shtml) - Nazva z ekranu
3. Neispravnosti sistem vpryska [Elektronnyiy resurs] - Rejim dostupu: [http://systemsauto.ru/disrepair/disrepair\\_feeding.html](http://systemsauto.ru/disrepair/disrepair_feeding.html) - Nazva z ekranu.
- 4.Toplivnaya sistema dvigateley FSI. [Elektronnyiy resurs] - Rejim dostupu: [jetta-club.org/uploads/ssp/ssp\\_rus/334\\_fsi\\_ustroystvo\\_i\\_principih\\_deystviya.pdf](http://jetta-club.org/uploads/ssp/ssp_rus/334_fsi_ustroystvo_i_principih_deystviya.pdf) - Nazva z ekranu.