

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

Е. Л. Савич  
А. С. Гурский  
Е. А. Лагун

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пособие

для студентов специальностей

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей  
(по направлениям)» по направлению 1-37 01 06-01 «Техническая  
эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего  
и личного пользования)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано научно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 621.43.038(075.8)

ББК 31.365я7

С13

**Рецензенты:**

*В. Е. Тарасенко, И. В. Матвиенко*

**Савич, Е. Л.**

С13      Техническое обслуживание системы питания бензиновых двигателей : пособие для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» по направлению 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего и личного пользования)» и 1-37 01 07 «Автосервис» / Е. Л. Савич, А. С. Гурский, Е. А. Лагун. – Минск : БНТУ, 2022. – 51 с.  
ISBN 978-985-583-706-1.

В пособии приведены содержание и порядок выполнения лабораторной работы по дисциплинам «Техническая эксплуатация автомобилей», «Сервисное обслуживание и ремонт легковых автомобилей», «Обслуживание и ремонт автомобилей».

**УДК 621.43.038(075.8)**

**ББК 31.365я7**

**ISBN 978-985-583-706-1**

© Савич Е. Л., Гурский А. С.,  
Лагун Е. А., 2022

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>Лабораторная работа № 1. Общее и поэлементное диагностирование и техническое обслуживание системы питания бензиновых двигателей</b> ..... | 5  |
| 1.1. Устройство, основные неисправности систем питания бензиновых двигателей, их причины и признаки .....                                    | 5  |
| 1.2. Диагностирование технического состояния систем впрыска .....  | 10 |
| 1.3. Порядок выполнения работы .....   | 17 |
| 1.4. Содержание отчета .....   | 17 |
| 1.5. Контрольные вопросы .....   | 18 |
| <br>   |    |
| <b>Лабораторная работа № 2. Особенности обслуживания форсунок бензиновых двигателей, их неисправности, причины и признаки</b> .....          | 19 |
| 2.1. Устройство и принцип работы форсунки бензинового двигателя .....  | 19 |
| 2.2. Порядок выполнения работы .....   | 32 |
| 2.3. Содержание отчета .....   | 33 |
| 2.4. Контрольные вопросы .....   | 33 |
| <br>   |    |
| <b>Лабораторная работа № 3. Обслуживание форсунок бензиновых двигателей на стенде «INJECTOR CLEANER &amp; TESTER ТЕКТИНО INJ-4В»</b> .....   | 34 |
| 3.1. Устройство стенда для проверки и очистки форсунок бензиновых двигателей .....   | 34 |
| 3.2. Требования безопасности при выполнении лабораторной работы .....  | 38 |
| 3.3. Подготовка перед проверкой и очисткой форсунок .....  | 39 |
| 3.4. Ультразвуковая очистка .....  | 39 |
| 3.5. Контроль баланса и качества распыливания .....  | 40 |
| 3.5.1. <i>Порядок проверки топливных форсунок с верхней подачей топлива</i> .....  | 40 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5.2. Порядок проверки топливных форсунок<br>с боковой подачей топлива .....      | 41        |
| 3.5.3. Очистка форсунок обратной промывкой .....                                   | 43        |
| 3.6. Контроль утечек .....   | 44        |
| 3.7. Контроль производительности топливных<br>форсунок .....                       | 44        |
| 3.8. Автоматическая очистка и функция контроля .....                               | 45        |
| 3.9. Очистка форсунок на автомобиле .....  | 45        |
| 3.9.1. Подключение к топливной системе<br>с магистралью слива топлива в бак .....  | 47        |
| 3.9.2. Подключение к топливной системе<br>без магистрали слива топлива в бак ..... | 48        |
| 3.10. Порядок работ после завершения очистки<br>форсунок на автомобиле .....       | 49        |
| 3.11. Содержание отчета.....   | 50        |
| 3.12. Контрольные вопросы .....  | 50        |
| <b>Список литературы .....</b>   | <b>51</b> |

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

## **Общее и поэлементное диагностирование и техническое обслуживание системы питания бензиновых двигателей**

**Цель работы:** изучение основных неисправностей систем питания бензиновых двигателей современных легковых автомобилей, их причин и признаков.

**Организация рабочего места:** на рабочем месте должны быть комплектные бензиновые двигатели с системой впрыска во впускной трубопровод, системой впрыска в цилиндры двигателя (непосредственный впрыск), форсунки бензиновых автомобилей, топливные насосы, датчики, комплект приборов и инструментов для диагностирования систем питания.

### **1.1. Устройство, основные неисправности систем питания бензиновых двигателей, их причины и признаки**

Устройство системы питания рассмотрим на примере электронного впрыска бензина Motronic (рис. 1.1).

Принцип работы системы заключается в том, что электронный блок управления получает сигналы от датчиков автомобиля о температуре, скорости, положении педали подачи топлива, частоте вращения коленчатого вала, составе смеси (датчик лямбда-зонда) и др., обрабатывает полученные сигналы и выдает команду на электрическую форсунку по напряжению, увеличивая или уменьшая длительность ее открытия. Это, в свою очередь, приводит к тому, что в цилиндры двигателя подается больше или меньше топлива.

Установленный с торца распределительной магистрали регулятор давления топлива 4 в системе поддерживает постоянное давление впрыска и осуществляет слив излишнего топлива в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок.

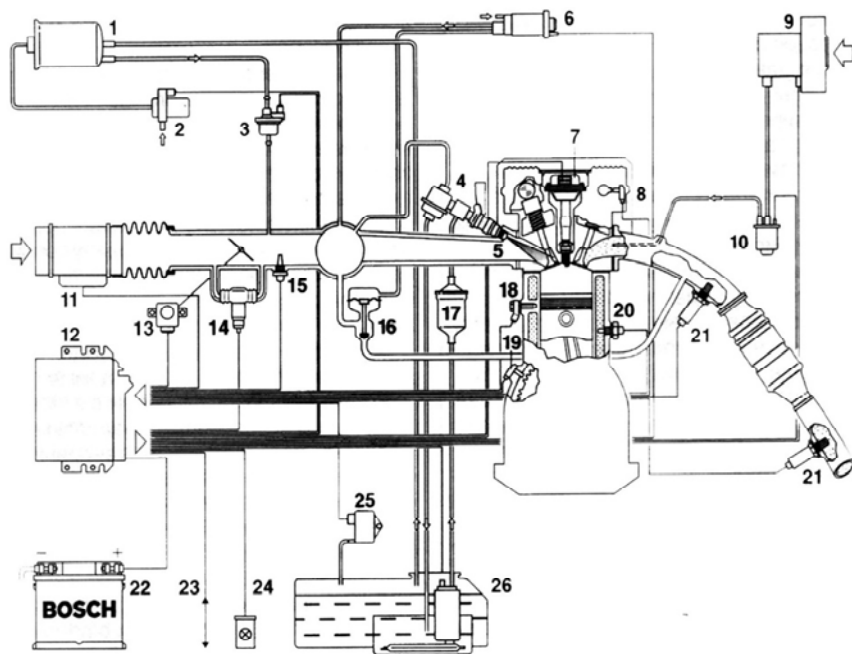


Рис. 1.1. Схема электронного впрыска Motronic, со встроенной системой диагностики:

- 1 – адсорбер; 2 – клапан впуска воздуха; 3 – клапан регенерации продувки; 4 – регулятор давления топлива; 5 – форсунка;
- 6 – регулятор давления; 7 – катушка-свеча зажигания;
- 8 – датчик фазы; 9 – вспомогательный воздушный насос для подачи дополнительных порций воздуха; 10 – вспомогательный воздушный клапан; 11 – расходомер воздуха; 12 – блок управления;
- 13 – датчик положения дроссельной заслонки; 14 – клапан дополнительной подачи воздуха (регулятор холостого хода);
- 15 – датчик температуры воздуха; 16 – клапан системы рециркуляции отработавших газов; 17 – топливный фильтр;
- 18 – датчик детонации; 19 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 21 – лямбда-зонд (кислородный датчик);
- 22 – аккумуляторная батарея; 23 – диагностический разъем;
- 24 – диагностическая лампочка;
- 25 – датчик дифференциального давления;
- 26 – электрический топливный насос в топливном баке

Основу системы составляет электронный блок управления 12. Количество впрыскиваемого топлива, определяемого временем открытия электромагнитной форсунки, зависит от сигнала подаваемого блоком управления.

Основным параметром, определяющим дозировку топлива, является объем всасываемого воздуха, измеряемый расходомером воздуха. Топливо из распределительной магистрали поступает к электромагнитным форсункам. Впрыск топлива через форсунки, в зависимости от особенностей системы впрыска, может быть параллельным (топливо впрыскивается одновременно всеми форсунками) и последовательным (топливо впрыскивается по порядку работы двигателя перед тактом впуска, аналогично работе системы зажигания). Момент начала впрыска зависит от нагрузки на двигатель и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Длительность впрыска определяется блоком управления двигателем.

При запуске холодного двигателя в цилиндры поступает повышенное количество топлива в то время, как дроссельная заслонка закрыта и воздуха для работы двигателя недостаточно. В это время по сигналу блока управления открывается клапан дополнительной подачи воздуха, подающий воздух во впускной трубопровод, минуя дроссельную заслонку, что обеспечивает устойчивую работу двигателя во время прогрева.

Наиболее часто встречающиеся неисправности систем впрыска и их причины приведены в табл. 1.1.

Внешние признаки неисправностей системы впрыска можно разделить на следующие группы:

- признаки при запуске двигателя (двигатель не запускается; затрудненный запуск двигателя; двигатель глохнет после запуска);

- признаки на холостом ходу (неустойчивая работа двигателя на холостом ходу – нестабильные обороты, тряска, перебои);

- признаки в движении автомобиля (перебои в работе двигателя при разгоне, постоянной частоте вращения коленчатого

вала, торможении двигателем; снижение мощности двигателя; повышенный расход топлива).

Таблица 1.1

Неисправности системы впрыска  
бензинового двигателя

| Неисправность   | Причины   |
|---|---|
| <p>Холодный двигатель не запускается или запускается с трудом</p>                       | <p>Недостаточное давление топлива, отсутствие давления;<br/>неисправность пусковой форсунки или ее цепи (для автомобилей с пусковой форсункой);<br/>неисправность в цепи датчика охлаждающей жидкости;<br/>отсутствие или слабый сигнал от датчика частоты вращения коленчатого вала;<br/>неисправность потенциометра дроссельной заслонки;<br/>загрязнение форсунок;<br/>повышенное сопротивление со стороны выпускной системы;<br/>подсос воздуха во впускной коллектор</p> |
| <p>Горячий двигатель запускается с трудом или не запускается</p>                        | <p>Быстрое падение давления топлива после выключения двигателя;<br/>несанкционированная работа пусковой форсунки (при ее наличии);<br/>неисправность в цепи датчика охлаждающей жидкости;<br/>неисправность в пени расходомера воздуха или датчика абсолютного давления</p>   |
| <p>Двигатель запускается и глохнет или неустойчиво работает в режиме холостого хода</p> | <p>Подсос воздуха во впускной коллектор;<br/>неисправность системы холостого хода;<br/>неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости;<br/>несоответствие давления топлива заданному;<br/>неисправность в цепи расходомера воздуха или датчика абсолютного давления</p>  |



Окончание табл. 1.1

| Неисправность   | Причины   |
|---|---|
| Чрезмерно высокая частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода | Подсос воздуха во впускной коллектор (системы с датчиком абсолютного давления и системы с расходомером воздуха и $\lambda$ -регулированием); неправильная работа системы холостого хода; неисправность в цепи датчика положения дроссельной заслонки  |
| «Провалы» при ускорении   | Недостаточное давление или производительность топливного насоса; неисправность расходомера воздуха; неисправность в цепи датчика положения дроссельной заслонки; загрязнение форсунок   |
| «Подергивание» автомобиля и пропуски воспламенения пол нагрузки             | Недостаточное давление или производительность топливного насоса; неисправность в цепи расходомера воздуха или датчика абсолютного давления; неисправность в цепи датчика дроссельной заслонки; загрязнение форсунок   |
| Двигатель не развивает полной мощности                                      | Недостаточное давление или производительность топливного насоса; неисправность в цепи расходомера воздуха или датчика абсолютного давления; неисправность в цепи датчика дроссельной заслонки; повышенное сопротивление выпускной системы; загрязнение форсунок   |
| Повышенное содержание оксида углерода и (или) повышенный расход топлива     | Повышенное давление топлива; неисправность в цепи кислородного датчика; неисправность в цепи расходомера воздуха или датчика абсолютного давления; неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости; разрыв диафрагмы регулятора давления топлива (системы многоточечного впрыска); повышенное сопротивление выпускной системы |

## 1.2. Диагностирование технического состояния систем впрыска

**Общее диагностирование.** Повышение надежности системы впрыска, а также предупреждение отказов и неисправностей достигается использованием функций электронного обеспечения работы двигателя, которое позволяет не только оптимально управлять рабочими процессами впрыска, но также осуществлять диагностирование технического состояния системы как подключением внешнего диагностического оборудования, так и использованием встроенных функций самодиагностики. Производители автомобилей разрабатывают специальные технологии контроля в виде считывания кодов неисправностей с помощью диагностической лампы или специального диагностического сканера (тестера), подсоединяемого к диагностическому разъему. Для этих целей в комплект сканера входит специальная программа, включающая обширные базы данных параметров систем питания автомобилей.

**Диагностирование гидравлических параметров систем.** Перед обслуживанием и ремонтом топливной аппаратуры необходимо:

1) сбросить давление в системе подачи топлива в следующем порядке:

– включить нейтральную передачу, затормозить автомобиль стояночным тормозом;

– отсоединить провода от электробензонасоса;

– запустить двигатель и дать ему поработать на холостом ходу до остановки из-за выработки топлива;

– включить стартер на 3 с для стравливания давления в трубопроводах;

2) после стравливания давления и завершения работ присоединить провода к электробензонасосу.

**Проверка давления подачи топлива и производительности топливного насоса.** Для измерения давления в большинстве случаев необходим манометр с набором различных

переходников и адаптеров, имеющий пределы измерения 0,40–0,45 МПа (рис. 1.2). При проверке давления манометр подсоединяется к топливной магистрали.



Рис. 1.2. Набор для измерения давления топлива

**Проверка остаточного давления.** Для контроля остаточного давления необходимо прогреть двигатель до рабочей температуры и выключить его. Ориентировочно можно руководствоваться следующим: давление в системе, которое обычно составляет  $2,5\text{--}3,0\text{ кг/см}^2$ , после двадцатиминутной паузы не должно быть менее 0,1 МПа. Более быстрое падение давления свидетельствует об утечке топлива, которая может происходить в регуляторе давления, обратном клапане бензонасоса, а также в форсунках.

Если полученное значение меньше указанного в технической документации, необходимо проверить регулятор давления и производительность топливного насоса. При давлении, большем рекомендованного, следует убедиться в отсутствии засорения регулятора и магистрали обратного слива.

Измерение количества топлива, подаваемого топливным насосом, производится по схеме, показанной на рис. 1.3, т. е. используется топливопровод обратного слива.

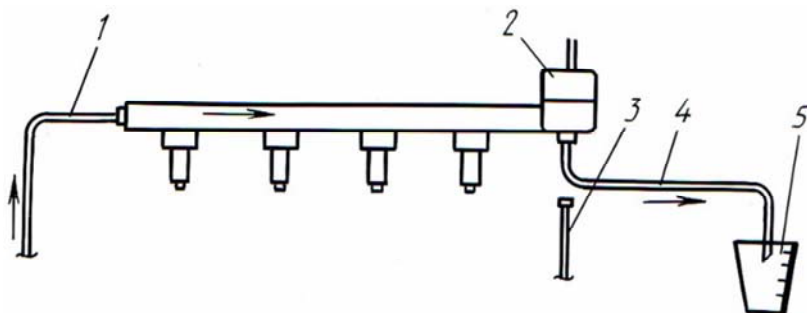


Рис. 1.3. Измерение производительности насоса в системах распределенного впрыска:

1 – подающий топливопровод; 2 – регулятор давления;  
3 – топливопровод обратного слива; 4 – шланг; 5 – мерная емкость

Для этого его необходимо отсоединить от регулятора давления и опустить в емкость объемом не менее 1,0–1,5 л. Встречается достаточно много конструкций, где топливопровод обратного слива, идущий от регулятора давления, металлический и не подлежит каким-либо изгибам. В этом случае можно расположить мерную емкость в любом удобном для расстыковки обратного топливопровода месте либо вместо штатного топливопровода подсоединить к регулятору подходящий резиновый шланг, обеспечив при этом надежное герметичное соединение. Затем нужно включить топливный насос и измерить объем топлива, поступившего в мерную посуду за 30 с; в зависимости от типа системы он составляет 0,75–1,0 л.

Если по каким-либо причинам включение топливного насоса без запуска двигателя затруднено, насос можно проверить на работающем двигателе, так как количество топлива, потребляемого прогретым двигателем в режиме холостого хода, незначительно (практически все топливо перепускается

обратно в бак). Однако в этом случае необходимо вынести мерную емкость из подкапотного пространства во избежание случайного воспламенения топлива.

Если производительность насоса ниже заданной, следует проверить состояние топливного фильтра и подающей магистрали. При исправных фильтре и топливопроводе причиной недостаточной производительности может быть разрыв или трещина в подающем топливопроводе внутри бензобака (для насосов погружного типа), в противном случае необходимо заменить сам бензонасос.

Регулятор давления проверяют в зависимости от системного давления. Если давление нормальное или пониженное, необходимо на двигателе, работающем в режиме холостого хода, снять шланг подвода разрежения с регулятора. Давление должно увеличиться на  $0,5-0,6 \text{ кг/см}^2$ . Если давление не увеличивается, тогда пережимают топливопровод обратного слива. Увеличение давления топлива до  $4-5 \text{ кг/см}^2$  говорит о неисправности регулятора давления.

Если при пережатии топливопровода обратного слива давление не возрастает, нужно проверить производительность топливного насоса.

Резиновые шланги для подвода и слива топлива в новых автомобилях не применяют. Вместо них используют металлические трубки, соединенные с топливной магистралью. В этом случае штатную трубку обратного слива отсоединяют и подсоединяют на ее место специально подобранный штуцер, с надетым на него резиновым шлангом нужной длины. Шланг закрепляют червячным хомутом.

Сделав замену, шланг опускают в сосуд, запускают двигатель, кратковременно пережимают шланг и наблюдают за давлением в топливной магистрали. Если давление повышено, топливопровод обратного слива отсоединяют от регулятора и временно подсоединяют к нему подходящий штуцер, с плотно надетым на него резиновым шлангом, и опускают его в со-

суд. Если после запуска двигателя давление нормализуется, следует проверить топливопровод обратного слива. Если топливопровод не помят и не засорен, значит, неисправен регулятор давления.

**Особенности диагностирования систем непосредственного впрыска.** Общая схема системы топливоподдачи непосредственного впрыска показана на рис. 1.4. Топливо от топливоподкачивающего насоса подается к топливному насосу высокого давления (далее – ТНВД), оснащенного датчиком давления топлива для его точного дозирования. ТНВД заключен в герметичный кожух, и вал насоса приводится во вращение с помощью электромагнитной муфты. Подача топлива к форсункам цилиндров осуществляется насосом высокого давления, развивающим давление 4,0–10,0 МПа.

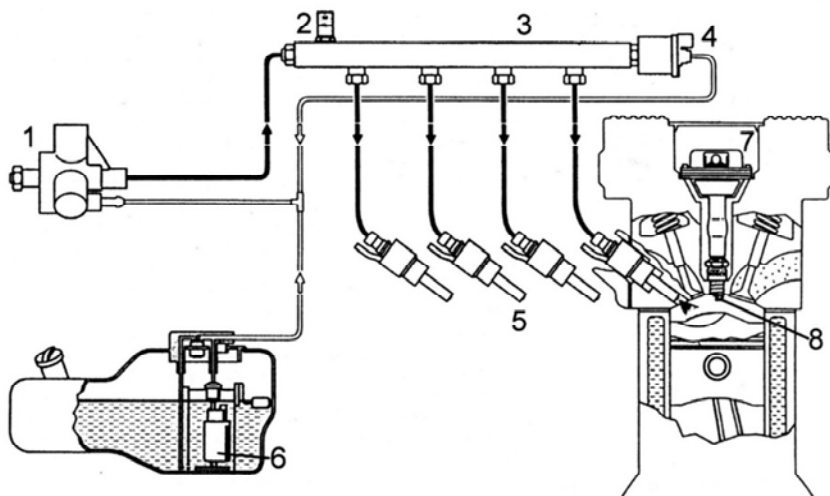


Рис. 1.4. Общая схема системы топливоподдачи непосредственного впрыска:

- 1 – ТНВД; 2 – датчик давления топлива;
- 3 – аккумулятор давления; 4 – предохранительный клапан;
- 5 – форсунки; 6 – топливоподкачивающий насос;
- 7 – катушка зажигания; 8 – свеча

При этом давление топлива, впрыскиваемого в цилиндры двигателя, может быть как постоянным (системы впрыска GDI – Мицубиси, FSI – Фольксваген), так и изменяться (на холостом ходу – до 7,0 МПа, при полной нагрузке – 10,0 МПа, на переходных режимах – 3,0 МПа) (система впрыска HPI – французский концерн Пежо–Ситроен). Топливо накапливается в аккумуляторе давления и из него по трубопроводам передается к форсункам. Форсунки, в отличие от традиционных систем впрыска, установлены не во впускном трубопроводе, а непосредственно в камере сгорания двигателя. Необходимое давление в системе поддерживается предохранительным клапаном. При подаче напряжения из блока управления открываются соленоидные клапаны и топливо впрыскивается в камеру сгорания.

Основные проверки таких систем осуществляются с использованием сканера для диагностирования электронных систем управления двигателем, однако отдельные проверки могут быть осуществлены и более простыми способами.

Топливный фильтр находится в топливном баке и является составной частью узла «насос–датчик» уровня топлива и отдельно не снимается, необходимо заменить узел «топливный насос–датчик уровня топлива» в сборе. Задерживающая способность фильтра рассчитана на весь срок эксплуатации автомобиля. Тем не менее проверка давления подачи топлива и производительности топливного насоса позволяет диагностировать узел «топливный насос–датчик уровня топлива».

Проверка давления подачи топлива:

- отсоединяют шланг подачи топлива от ТНВД и устанавливают тройник с подсоединенным манометром;
- запускают двигатель, чтобы привести в действие топливный насос низкого давления. Измеренное значение давления – 0,35–0,45 МПа. Максимальное давление – 0,6 МПа.

Проверка производительности ТНВД:

- отсоединяют шланг подачи топлива от ТНВД и опускают конец шланга в градуированный сосуд;

– приводят в действие топливный насос низкого давления, переключив выводы на разъеме реле насоса или с помощью сканирующего прибора. Измеряемая производительность – 80–165 л/ч.

При ТО системы питания, согласно таблице инспекционного контроля, проводится замена воздушного и топливного фильтров, проверка выпускной системы и содержания оксида углерода (СО) и углеводородов (СН) в отработавших газах.

Текущему ремонту системы питания бензиновых двигателей современных автомобилей могут подвергаться топливные баки, остальные детали не восстанавливаются и не ремонтируются, а меняются на новые.

Топливные баки могут иметь вмятины, разрывы, трещины в стенках или в местах крепления заливной горловины и штуцеров, нарушения крепления перегородок к стенкам.

Перед ремонтом бак очищают и моют снаружи, удаляя грязь и ржавчину; внутреннюю полость промывают моющими растворами и горячей водой. После этого проверяют герметичность бака, закрывают все отверстия заглушками, а к штуцеру сливного крана или пробки подсоединяют шланг и погружают бак в ванну с водой. При избыточном давлении в баке (до 0,05 МПа) наблюдают за выделением пузырьков воздуха, указывающих места трещин или нарушений герметичности.

Незначительные трещины в стенках баков обезжиривают, флюсуют 25 %-ным раствором хлористого цинка и запаивают оловянисто-свинцовым (ПОС 40) или серебряным (ПСр 45) припоем. Большие трещины и пробоины ремонтируют наложением заплат, засверлив концы трещины, чтобы предотвратить ее дальнейшее распространение. Заплаты закрепляют на поврежденных местах пайкой или газовой сваркой. Если при ремонте используется сварка, пары топлива, оставшиеся в баке, следует полностью выпарить в течение не менее 3-х часов.

Большие вмятины на стенках баков устраняют следующим образом: напротив вмятины на противоположной стороне ба-



ка вырезают окно, обеспечивающее возможность работы молотком и оправкой внутри бака; после правки поврежденной стенки вырезанное окно заделывают. Вмятины можно устранять также путем подачи сжатого воздуха в бак.

После завершения ремонтных работ с бензобаком, требуется выполнить проверку на герметичность. Для этого необходимо создать в резервуаре давление порядка 7–15 кПа, предварительно закупорив все отверстия для шлангов и оставив лишь одно для насоса. После этого на емкость наносят мыльную воду. Отсутствие пузырей говорит об успешном ремонте и отсутствии мест утечки.

### **1.3. Порядок выполнения работы**

В процессе лабораторного занятия студент обязан:

- ознакомиться с описанием предстоящей лабораторной работы;
- изучить основные технические и эксплуатационные характеристики представленных приборов систем питания бензиновых двигателей;
- изучить назначение, комплект, размещение, функциональную схему и особенности технического обслуживания приборов системы питания бензиновых двигателей непосредственно на автомобиле;
- по техническим описаниям и функциональным схемам изучить работу приборов для диагностирования системы питания бензиновых двигателей, принципы технического обслуживания и контроля работоспособности.
- подготовить ответы на контрольные вопросы;
- подготовить отчет по выполненной работе.

### **1.4. Содержание отчета**

1. Титульный лист.
2. Цель работы.

3. Основные теоретические положения, относящиеся к выполняемой работе.

4. Назначение, основные технические характеристики, комплект, структурную (функциональную) схему, краткое описание работы, методику проверки работоспособности и основные параметры приборов для диагностики системы питания бензиновых двигателей.

5. Краткие выводы по результатам исследования.

### **1.5. Контрольные вопросы**

1. Пояснить устройство и принцип действия электронной системы впрыска во впускной трубопровод.

2. Перечислить компоненты электронной системы впрыска во впускной трубопровод.

3. Пояснить устройство и принцип действия электронной системы непосредственного впрыска.

4. Перечислить компоненты электронной системы непосредственного впрыска.

5. Назвать основные неисправности топливных систем с впрыском бензина во впускной трубопровод.

6. Как проводится общее диагностирование системы питания бензиновых двигателей, топливных систем с впрыском бензина во впускной трубопровод?

7. Указать особенности диагностирования систем непосредственного впрыска.

8. Как производится ремонт топливных баков системы питания бензиновых двигателей?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Особенности обслуживания форсунок бензиновых двигателей, их неисправности, причины и признаки

**Цель работы:** изучение устройства, основных неисправностей форсунок систем питания бензиновых двигателей современных легковых автомобилей, их причин и признаков.

**Организация рабочего места:** на рабочем месте должны быть форсунки бензиновых автомобилей, плакаты, комплект приборов и инструментов для диагностирования систем питания.

#### 2.1. Устройство и принцип работы форсунки бензинового двигателя

Многие современные автомобили оснащаются системами впрыска топлива. Состояние форсунок – неотъемлемой части системы впрыска – во многом определяет эффективность работы двигателя. Впрыск топлива имеет неоспоримые преимущества по сравнению с карбюраторным принципом смесеобразования. В первую очередь, это более точное дозирование топлива, а следовательно, большая экономичность и приемистость автомобиля, и меньшая токсичность отработавших газов. Однако основная исполнительная деталь системы впрыска – форсунка – работает в тяжелых условиях, и поэтому весьма требовательна к обслуживанию.

**Форсунка (инжектор)** – управляемый электромагнитный клапан, обеспечивающий дозированную подачу топлива в цилиндры двигателя. Существуют форсунки для центрального (одноточечного, моно) и распределенного (многоточечного) впрыска. **Блок управления** – электронный блок, управляющий системой впрыска, в частности, работой форсунок.

Форсунка (рис. 2.1) представляет собой электромагнитный клапан. Форсунка предназначена для впрыска дозированного количества топлива, необходимого для приготовления горючей смеси при различных режимах работы двигателя. Дозиро-

вание количества топлива зависит от длительности электрического импульса, поступающего в обмотку катушки электромагнита форсунки. Впрыск топлива форсункой синхронизирован с положением поршня в цилиндре двигателя.

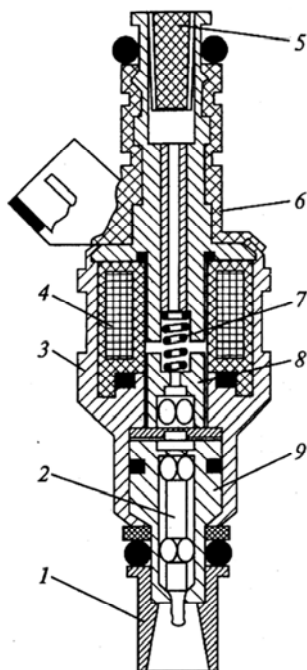


Рис. 2.1. Форсунка электронной системы впрыска:  
1 – насадка; 2 – игла; 3, 9 – корпуса; 4 – обмотка катушки;  
5 – фильтр; 6 – крышка; 7 – пружина; 8 – сердечник; 9 – корпус

Форсунка состоит из корпуса 3, крышки 6, обмотки катушки 4, электромагнита, сердечника 8 электромагнита, иглы 2 запорного клапана, корпуса 9 распылителя, насадки 1 распылителя и фильтра 5. При работе двигателя топливо под давлением поступает в форсунку через фильтр 5 и проходит к запорному клапану, который находится в закрытом положении под действием пружины 7.

При поступлении электрического импульса в обмотку катушки 4 электромагнита возникает магнитное поле, которое притягивает сердечник 8 и вместе с ним иглу 2 запорного клапана. При этом отверстие в корпусе 9 распылителя открывается, и топливо под давлением впрыскивается в распыленном виде во впускной трубопровод.

После прекращения поступления электрического импульса в обмотку катушки электромагнита магнитное поле исчезает, и под действием пружины 7 сердечник 8 электромагнита и игла 2 запорного клапана возвращаются в исходное положение. Отверстие в корпусе 9 распылителя закрывается, и впрыск топлива из форсунки прекращается.

Топливо подается к форсунке под определенным (зависящим от режима работы двигателя) давлением. Электрические импульсы, поступающие на электромагнит форсунки от блока управления, приводят в действие игольчатый клапан, открывающий и закрывающий канал форсунки. Количество распыляемого топлива пропорционально длительности импульса, задаваемой блоком управления. Форма и направление распыляемого факела играют существенную роль в процессе смесеобразования и определяются количеством и расположением распылительных отверстий.

### **Расположение, классификация и маркировка форсунок.**

*Центральный впрыск* – в общий впускной трубопровод топливо впрыскивается одной форсункой (или двумя), которая устанавливается перед дроссельной заслонкой, в месте, где «должен стоять карбюратор», и характеризуется низким сопротивлением обмотки электромагнита (до 4–5 Ом).

*Распределенный впрыск* – отдельные форсунки осуществляют впрыск топлива во впускные трубопроводы каждого цилиндра. Они располагаются у основания впускных трубопроводов (у корпуса головки блока цилиндров) и отличаются относительно высоким сопротивлением обмоток электромагнитов (до 12–16 Ом), или меньшим, но с дополнительным блоком сопротивлений. На некоторых автомобилях последнего поколения

ния топливо подается непосредственно в камеру сгорания (непосредственный впрыск). Форсунки таких двигателей отличаются высоким рабочим напряжением электромагнита (до 100 В). В маркировке форсунок может отражаться фабричная (торговая) марка или название; каталожный номер или наименование; номер серии.

**Основные признаки и причины неисправности форсунок.** Состояние форсунок существенно влияет на работу двигателя. Основными признаками их неисправности бывают недостаточная мощность, развиваемая двигателем; рывки и провалы при увеличении нагрузки на двигатель; неустойчивая работа на малых оборотах; повышенная токсичность отработавших газов. Наиболее распространенной неисправностью форсунок является их загрязнение. Они расположены в зоне воздействия высоких температур. Следствие этого – закоксовывание содержащимися в топливе (особенно низкокачественном) смолами, образование на форсунке твердых отложений, перекрывающих (частично или полностью) распылительные отверстия и нарушающих герметичность игольчатого клапана. Кроме того, общее загрязнение элементов топливной системы (бака, трубопроводов, фильтра и т. д.) приводит к засорению частичками шлама каналов и фильтра форсунки. Основным способом восстановления нормальной работоспособности форсунок является их промывка.

**Проверка рабочих форсунок.** Работоспособность электромагнитных форсунок распределенного впрыска в первом приближении может быть проверена по внешним признакам их работы. Сначала проверяют, есть ли вибрация форсунки. Равномерная вибрация свидетельствует об исправной форсунке, а отсутствие вибрации или перебои указывают на отклонения в работе проверяемой форсунки. Работоспособность форсунки можно определить при отключении ее из работы на холостом ходу путем отсоединения электропитания. При исправно работающей форсунке частота вращения коленчатого вала, в случае ее отключения, должна измениться. Однако следует

иметь в виду, что на некоторых автомобилях устанавливается стабилизатор холостого хода, который необходимо отключать во время указанной проверки.

Производительность рабочих форсунок проверяют по объему вытекающего из нее топлива при давлении в системе 0,25 МПа и сравнивают полученные значения с нормативными для данного двигателя. Угол конуса распыла должен быть равен примерно  $30^\circ$ .

В случае обнаружения неисправностей форсунки, в первую очередь, следует проверить состояние соленоидной обмотки. Для этого необходимо определить ее сопротивление и убедиться в отсутствии обрыва. Номинальное сопротивление должно соответствовать данным фирмы-изготовителя; если таких данных нет, сопротивления проверяемых форсунок можно сравнить между собой.

Более точная проверка работоспособности форсунок и электронной системы впрыска может быть произведена с помощью мотор-тестера или осциллографа по продолжительности открытия форсунки в зависимости от режима работы двигателя. Типичные формы импульсов открытия клапана форсунки, которые делятся от 1 до 14 мс, показаны на рис. 2.2.

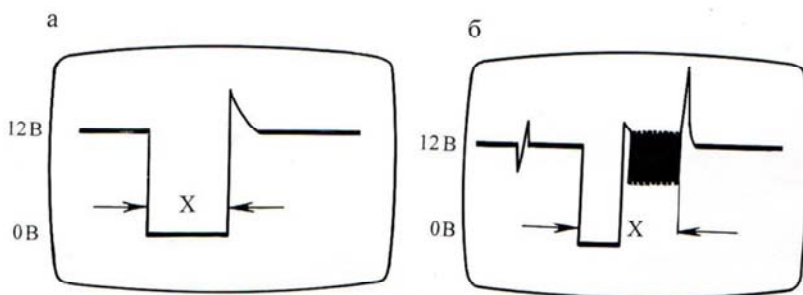


Рис. 2.2. Формы импульсов при работе форсунки электронной системы впрыска:

- а* – с дополнительной форсункой запуска холодного двигателя;
- б* – без дополнительной форсунки запуска холодного двигателя;
- x* – продолжительность открытия форсунки

На сигнал открытия форсунки в системе впрыска без применения дополнительной пусковой форсунки накладывается дополнительный импульс во время пуска холодного двигателя (рис. 2.2, б). Продолжительность импульса при запуске и на холостом ходу двигателя обычно больше, чем при работе двигателя с небольшими нагрузками при низкой частоте вращения коленчатого вала, но меньше, чем при увеличении частоты и полном открытии дроссельной заслонки или резком увеличении частоты вращения.

**Промывка форсунок.** Эта операция подразумевает удаление (вымывание) накопившихся загрязнений из системы. К основным способам промывки форсунок относятся промывка специальными присадками к топливу; промывка без демонтажа форсунок с двигателя с помощью специальной установки; промывка на ультразвуковом стенде с демонтажом форсунок с двигателя. Промывка с помощью присадок к топливу отличается простотой и заключается в периодическом (каждые 2–3 тыс. км) добавлении в топливо специальных препаратов. Это позволяет промывать не только сами форсунки, но и всю топливную систему. Данный способ эффективен при регулярном удалении небольших загрязнений и носит, скорее, профилактический характер.

Удаление застарелых отложений подобным методом может привести к прямо противоположному результату: большое количество шлама, смытого моющей присадкой со стенок топливной системы, засоряет трубопровод, топливный фильтр, а иногда и сами форсунки, окончательно выводя их из строя. Промывка форсунок с помощью специальной установки без их демонтажа заключается в работе двигателя на специальном промывающем топливе (сольвенте). Для этого отключается штатный топливный насос автомобиля и магистраль слива топлива в бак (обратка), а топливопровод системы впрыска соединяется с установкой, имеющей резервуар с сольвентом, который под давлением подается на форсунки. Процесс делится на несколько этапов. Сначала двигатель работает в течение 15 минут в режиме холостого хода. Затем его останав-



ливают на 15 минут для размягчения особо стойких отложений. Потом двигатель снова запускается и работает 15 минут в режиме периодического увеличения оборотов до их максимального числа. Заключительным этапом промывки является восстановление соединений штатных топливопроводов и работа двигателя на бензине в течении 30 минут. Подобную промывку рекомендуется проводить через каждые 15–20 тыс. км пробега. Промывка на ультразвуковом стенде с демонтажом форсунок применяется в качестве крайней меры для удаления больших затвердевших отложений, когда первые два способа не приводят к желаемым результатам. Принцип действия таких стендов основан на разрушении отложений погруженной в специальный моющий состав форсунки с помощью ультразвука. Кроме того, стенды, как правило, позволяют точно оценить производительность и качество распыла форсунки.

**Причины засорения форсунок.** Некачественное топливо – вот одна из главных причин поломки форсунок. Огромное количество смол, которые оседают внутри форсунок, снижают пропускную способность, не позволяют герметично закрываться клапанам, и тем самым меняется угол струи впрыскиваемого топлива.

При запуске двигателя в зимнее время, вышедший из строя клапан является причиной переобогащения смеси, вследствие чего происходит повышенный расход топлива и повышается токсичность отработавших газов. При некорректном распылении топлива происходят нарушения в процессе смесеобразования, а это является первой причиной ухудшения практически всех показателей двигателя. Засорение форсунок происходит при использовании поддельных топливных фильтров, либо же если просто автовладелец забыл поменять вовремя фильтр. При давлении в системе топлива может просто произойти разрыв фильтра, и грязь, естественно, попадет в форсунки.

**Промывка инжектора.** Отдельно хотелось бы отметить, что в автомобилях с большим пробегом очистка с присадками может полностью вывести всю систему из строя, когда вся

грязь смывается со стенок топливного бака и устремляется к фильтру, и далее – в форсунки. Сетка на форсунках забивается и топливо перестает поступать.

Другой способ – это промывка инжектора без демонтажа, т. е. инжектор остается не разобранным. Сначала отключают бензобак, затем штатный топливный насос и перекрывается канал слива топлива в бак. Одновременно с этим топливопровод машины соединяется с профессиональным стендом, который подает в систему специальную жидкость. Два прогона жидкости с двумя перерывами по 15–20 минут на каждые 15–20 тыс. километров пробега, и топливная система будет подготовлена к зиме.

Ультразвуковой стенд – вот еще один из способов чистки. Форсунки снимают и помещают в ванну с моющим раствором, где под действием ультразвука даже самые сильные отложения разрушаются.

На этом же стенде можно проверить качество чистки. Опыт показал, что ультразвуковой метод наиболее эффективен, и он даже может вернуть к жизни форсунки, которые уже не подлежат ремонту.

**Признаки неисправностей и сложности ремонта.** Как только появился перерасход топлива и сильный дым на выхлопе – пора задуматься о ремонте форсунок или их своевременной замене. Ремонт, естественно, обойдется дешевле, и, если он реален, лучше остановиться на нем.

Если же износ, коррозия или засорение форсунок превышают допустимые уровни – форсунки подлежат замене.

Сегодня ремонт форсунок не составляет проблем, однако только опытные специалисты автосервиса могут определить неисправности и починить форсунки. Для этого проводится специальный тест на проверку подвижности иглы распылителя и давления открытия форсунки – в разных моделях авто эти показатели отличаются. Особо сложным считается ремонт двухпружинных форсунок впрыска. Ее нормальное состояние – 0,03–0,05 мм подъема при впрыске топлива под давлением до

250 кг/см<sup>2</sup> с пропуском предварительной порции горючего. Измерить этот зазор или отклонение от него, а также точность дозы топлива для впрыска, которая подается распылителем в цилиндр форсунки, способна только очень чувствительная диагностическая аппаратура.

Игла форсунки может заклинить (что изменит форму горящего факела) или засориться. Ее можно прочистить вручную, разобрав и использовав набор щеточек или ультразвук. Иногда необходимо заменить распылитель и иглу. Но чтобы убедиться, что неисправен именно распылитель, необходим обязательный тестовый стенд проверки стабильности факела. Редко случаются поломки шайбы между распылителем и пружиной (только замена), иногда расслабляется, проседает или ломается и сама пружина (можно для жесткости добавить несколько регулировочных шайб), еще реже – разрушается корпус форсунки. Отдельный случай неисправностей форсунок – поломка форсунок впрыскивания с электрическими датчиками контроля иглы. Может возникнуть проблема с запчастями: найти запасные датчики намного сложнее, чем механические комплектующие для узла. Замена распылителя – мера крайняя, однако она необходима, если распылитель разрушился.

**Очистка форсунок.** Форсунка работает в условиях воздействия высокой температуры и агрессивной жидкости. В процессе эксплуатации форсунки засоряются. Известно, что температура под капотом работающего двигателя составляет примерно 90 °С. После остановки двигателя процесс его охлаждения становится гораздо менее интенсивным, а в нем много деталей с рабочей температурой более 150 °С.

Это означает, что вначале происходит общий нагрев и температура под капотом начинает повышаться. Полости форсунок, заполненные топливом, в связи с тем, что двигатель не работает и нет их естественного охлаждения свежими порциями топлива, также нагреваются. Начинается процесс крекинга топлива, и лаковые отложения оседают на внутренних стенках форсунок (рис. 2.3).

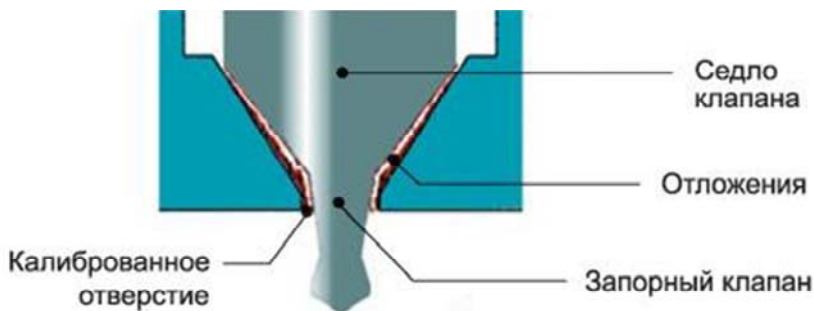


Рис. 2.3. Схема твердых лаковых отложений

Отложения лака толщиной 5 микрон или пять тысячных долей миллиметра уменьшают подачу топлива из форсунки на 25 %. Со временем они начинают влиять на нормальную работоспособность форсунок. Не случайно многие ведущие производители автомобилей через каждые 30 тыс. км пробега рекомендуют чистить форсунки при помощи технологии ультразвуковой кавитации.

Имеет место и другая причина нарушения подачи топлива. Это осаждение частиц углерода, который фактически приваривается к выступающему носику иглы форсунки или оседает на стенках впускного коллектора. Появление частиц углерода может быть вызвано нарушением в работе клапана рециркуляции выхлопных газов. Другой путь появления углерода – нарушение в работе ГРМ или «обратная вспышка» во впускной коллектор. Кроме этого, частицы углерода изменяют форму факела распыления топлива. Если происходит изменение формы распыления топлива, то оно может попадать на стенки впускного коллектора и, конденсируясь, превращаться обратно в жидкость. Это означает, что начинается так называемое пленочное образование топливовоздушной смеси, как раз характерное для «карбюраторного» процесса. Частицы углерода также адсорбируют топливо (увлажняются), что приводит к увеличению температуры во впускном коллекторе, а это, в свою очередь, приводит к увеличению лаковых отложений.

В настоящее время применяется два способа промывки форсунок:

- добавка в топливо очистителя топливной системы или обработка топливной системы специальной жидкостью;

- снятие форсунок, их тестирование и очистка на специальной установке.

К преимуществам очистки топливных систем с помощью очистительных жидкостей следует отнести малую стоимость и небольшие трудозатраты. Добавление очистительной жидкости в топливо в большинстве случаев дает краткосрочный эффект по улучшению работы двигателя, замедляет загрязнение топливной системы. Использование специальных очистительных жидкостей (на которых двигатель работает вместо топлива) очищает топливную систему двигателя, а также дает дополнительный эффект, связанный с очисткой от нагара клапанов и цилиндров двигателя. Для очистки форсунок на работающем двигателе применяют автономные устройства как замкнутого, так и одностороннего цикла, подающие специальный состав в топливную магистраль в системах дискретного действия. Штатные топливопроводы (как подающий, так и обратного слива) при этом отсоединяют, а бензонасос отключают, чтобы не переносить растворенные отложения из насоса и топливного бака к форсункам. Эффективность очистки этим методом полностью определяется свойствами очистительных жидкостей и составляет 60–90 %.

К недостаткам специальных жидкостей необходимо отнести их высокую токсичность и активность. Нарушение инструкций по применению этих жидкостей вызывает отказ форсунок, кроме того, так и остаются неизвестными равномерность подачи топлива по форсункам и качество распыла топлива.

Очистка форсунок и проверка их гидравлических характеристик на специальном стенде имеет следующие преимущества:

- контроль качества распыления и объема подачи топлива каждой форсункой, что, в свою очередь, дает полную информацию для анализа причин неудовлетворительной работы двигателя;

– в абсолютном большинстве случаев очистка форсунок полностью восстанавливает их работоспособность.

Трудозатраты такого метода очистки составляют от одного до двух часов на автомобиль, в зависимости от конструкции двигателя.

Наиболее эффективным оборудованием в этом случае является установка по ультразвуковой очистке форсунок. Кроме функции очистки, она может быть использована для контроля подачи и качества распыления топлива.

**Физический принцип ультразвуковой чистки.** *Ультразвуковые колебания* – это упругие механические колебания, с частотой от 18 до 120 кГц. Физика распространения ультразвуковых колебаний в твердых, жидких и газообразных средах хорошо изучена, а поэтому приборы на основе ультразвука получили в настоящее время очень широкое распространение в самых разных областях техники.

Получение механических колебаний ультразвуковой частоты осуществляется с помощью специальных преобразователей, составляющих основу ультразвуковых колебательных систем. При распространении ультразвуковых колебаний в жидкой среде возникают чередования сжатия и разрежения, которые приводят к перемешиванию среды. Если ультразвуковые колебания имеют интенсивность более  $1-2 \text{ Вт/см}^2$ , то в жидкости наблюдается эффект, называемый *ультразвуковой кавитацией*.

Жидкая среда характеризуется тем, что ее частицы имеют намного больший потенциал для перемещения, чем в сухом веществе, но они подвержены более высоким силам притяжения, чем частицы в газах. Молекулы воды испаряются в широком диапазоне температур, но кипение – строго в «точке кипения», которая для дистиллированной воды равна  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , давление пара при этом достигает значения  $1,0 \text{ бар}$ .

Если подвергать некоторое количество жидкости при комнатной температуре интенсивному ультразвуковому облучению, тогда на стадии вакуумной волны (рис. 2.4, стадия А) в жидкости формируются многочисленные пузырьки газа, ко-

торые увеличиваются до завершения действия фазы акустического вакуума (отрицательное давление). Это образование микроскопических пузырьков газа (т. е. образование газовых пустот в жидкости) является началом кавитации.

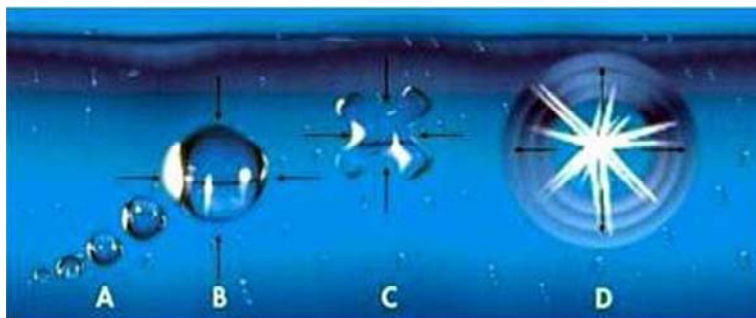


Рис. 2.4. Стадии формирования эффекта кавитации

На второй стадии ультразвукового сжатия (рис. 2.4, стадия *B*) огромное давление воздействует на недавно образовавшиеся пузырьки. Сжатие вызывает резкое увеличение температуры газа, содержащегося в пузырьках (рис. 2.4, стадия *C*), до тех пор, пока пузырьки не разрушатся. Происходит взрыв наоборот, внутрь – это явление носит название *имплозия*. Разрушение (микровзрыв) сопровождается большим выделением энергии (рис. 2.4, стадия *D*).

Энергия ударов, вызванная имплозией газовых пузырьков, воздействует на поверхность объекта, который подвергается очищению. При этом объект подвергается двойному воздействию – физическому и химическому.

В физическом выражении достигается эффект «микрофибриллирования», причем с очень высокой частотой (50 000 раз в секунду для установок, работающих на частоте 50 кГц), в химическом выражении в ультразвуковой ванне происходит концентрированное химическое воздействие на поверхность очищаемого объекта. Именно на этом явлении основан ультразвуковой способ отмычки изделий.

Форсунки предварительно демонтируют и помещают в специальную ванну. Под воздействием ультразвуковых колебаний частички чистящей жидкости каждую секунду совершают возвратно-поступательное движение с частотой генератора. Ультразвуковые колебания возбуждаются в очищающей жидкости, протекающей под давлением по топливопроводящему каналу. Но из-за инерционности происходит не только перемещение микрообъемов жидкости с резкими изменениями ускорения, но и скачкообразное изменение давления в них. Рабочая жидкость как бы «бомбардирует» поверхность очищаемого изделия и срывает с нее частички грязи. Такое интенсивное движение раствора усиливает размельчение частичек грязи в рабочей жидкости. При этом канал подачи топлива очищается по всей длине.

Наиболее примечательным при этом является то, что полная очистка от загрязнений при помощи ультразвука достигается даже в самых узких углублениях и отверстиях очищаемого изделия. Форсунки погружают дозирующей частью в ванну, устанавливая их на специальный держатель в подвешенном состоянии.

После очистки в ультразвуковой ванне производят так называемую обратную промывку. Для этого извлекают из них входные фильтры и при помощи специальных адаптеров устанавливают в ванну. Остатки загрязнений вымываются тестовой жидкостью в обратном направлении. Если форсунки сильно загрязненные, то для достижения приемлемого качества процесс очистки приходится повторять несколько раз.

## **2.2. Порядок выполнения работы**

В процессе лабораторного занятия студент обязан:

- ознакомиться с описанием предстоящей лабораторной работы;
- изучить основные технические и эксплуатационные характеристики представленных форсунок бензиновых двигателей;



- изучить особенности технического обслуживания форсунок системы питания бензиновых двигателей;
- подготовить ответы на контрольные вопросы;
- подготовить отчет о выполненной работе.

### **2.3. Содержание отчета**

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Основные теоретические положения, относящиеся к выполняемой работе.
4. Назначение, основные технические характеристики, краткое описание работы, методика проверки работоспособности форсунок системы питания бензиновых двигателей.
5. Краткие выводы по результатам исследования.

### **2.4. Контрольные вопросы**

1. Пояснить устройство и принцип работы форсунки бензинового двигателя.
2. Перечислить основные признаки и причины неисправности форсунок.
3. Привести методики проверки рабочих форсунок.
4. Назвать причины засорения форсунок и признаки неисправностей.
5. В чем заключается физический принцип ультразвуковой чистки?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**

### **Обслуживание форсунок бензиновых двигателей на стенде «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B»**

**Цель работы:** изучение технологии проверки и очистки форсунок систем питания бензиновых двигателей на стенде «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B».

**Организация рабочего места:** при техническом обслуживании бензиновых форсунок на рабочем месте должны быть стенд «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B», бензиновые форсунки, комплект инструмента и принадлежностей.

#### **3.1. Устройство стенда для проверки и очистки форсунок бензиновых двигателей**

Стенд для тестирования и промывки форсунок с ванной Tektino INJ-4B (рис. 3.1) позволяет моделировать любые параметры работы двигателя в процессе тестирования, в соответствии с особенностями конкретной системы управления двигателем.



Рис. 3.1. Общий вид стенда «INJECTOR CLEANER &  
TESTER TEKTINO INJ-4B»

Конструкция топливной рампы позволяет работать с форсунками с верхней подачей топлива.

Стенд предназначен для проверки и ультразвуковой промывки одновременно до 4 форсунок. Ультразвуковая ванна с таймером для очистки находится в комплекте со стендом.

***Технические параметры и характеристики стенда:***

- размер – 470×540×520 мм;
- полностью цифровое управление;
- автоматический и 3 ручных режима работы с возможностью изменения любых параметров в любое время;
- автоматическое определение напряжения форсунки;
- автоматический слив;
- обратная промывка форсунок для вымывания оставшейся грязи из них после УЗ-ванны;
- подсветка;
- напряжение питания – АС220В~50/60 Гц;
- мощность – 350 Вт;
- электрическая потребляемая мощность ванны – 50 Вт;
- частота излучателя – 40 кГц;
- давление – 0~7 bar, (0~0,7 МПа);
- погрешность –  $\pm 2$  %;
- диапазон числа оборотов – 0~9999 об/мин;
- точность числа оборотов – 10 об/мин;
- длительность импульса включения форсунок – 0,1~30,0 мс;
- диапазон времени тестов – 1~30 мин;
- диапазон времени ультразвуковой волны – 0~15 мин;
- вес стенда – 32 кг.

Панель управления стенда «INJECTOR CLEANER & TESTER ТЕКТИНО INJ-4В» представлена на рис. 3.2.



Функциональное назначение кнопок панели управления приведено в табл. 3.1.



Рис. 3.2. Панель управления стенда «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B»

Таблица 3.1

Кнопки панели управления стенда «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B» и их функциональное назначение

| Кнопка/Обозначение  | Описание  |
|---|---|
|    | Нажмите эту кнопку, чтобы выбрать режим работы, загорится соответствующий световой индикатор  |
|   | Нажмите данную кнопку, чтобы выбрать параметр для настройки, загорится соответствующий световой индикатор   |
|  | Режим ультразвуковой очистки – позволяет проводить очистку одновременно несколько форсунок. В данном режиме можно задать продолжительность процесса очистки форсунок  |
|  | Контроль баланса и качества распыливания – контроль подачи топлива форсунками, факела струи распыливания топлива, обратной промывки. В этом режиме можно задать продолжительность и частоту срабатывания топливных форсунок |

Продолжение табл. 3.1

| Кнопка/Обозначение  | Описание  |
|---|---|
|    | <p>Тест утечек – проверка наличия утечек под давлением. Параметры устанавливаются автоматически, ручная настройка невозможна</p>  |
|    | <p>Контроль производительности топливных форсунок – позволяет измерить расход топлива в течение 15 секунд. Параметры устанавливаются автоматически, ручная настройка невозможна</p> |
|    | <p>Автоматическая очистка и режим контроля – имитация рабочего режима для проверки форсунок при определенных условиях. Программа выполняется автоматически</p>                      |
|    | <p>Функция очистки форсунок на автомобиле – в комплекте имеются различные переходники для очистки форсунок разных марок автомобилей (без снятия с автомобиля)</p>                   |
|   | <p>Частота вращения – в диапазоне 10–9990 об/мин с шагом 10 об/мин</p>  |
|  | <p>Ширина импульса – до 0,525 мс с шагом 0,1 мс</p>   |
|  | <p>Настройка времени – до 19999 секунд с шагом 1 с</p>  |
|  | <p>Регулировка давления – отрегулируйте давление нажатием кнопок «вверх» и «вниз»</p>   |

| Кнопка/Обозначение  | Описание  |
|---|---|
|  | Настройка параметров – изменение параметров нажатием кнопок «вверх» и «вниз»                            |
|  | Пуск – включение установки  |
|  | Остановка – выключение установки  |
|  | Слив – открытие электромагнитного клапана для слива жидкости из стеклянных мензурок в емкость установки |

### 3.2. Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

Внимательно ознакомиться с инструкцией по лабораторной работе и руководством по эксплуатации перед началом работы на установке.

Установка должна находиться не менее чем в 3 метрах от источника пламени.

Надеть защитные очки перед началом работы на установке.

Выполнить заземление установки, запрещено разбирать и ремонтировать установку силами неквалифицированных специалистов.

Чтобы обеспечить надежность работы установки, использовать рекомендованную испытательную жидкость и очиститель.

### 3.3. Подготовка перед проверкой и очисткой форсунок

Снять топливные форсунки с автомобиля, проверить состояние уплотнительных колец. Поврежденное кольцо может вызвать утечку во время проверки или очистки.

Проверить и заправить испытательную жидкость. Залить испытательную жидкость через отверстие «Return/Fill» (Слив/Заправка) в верхней части установки. Рекомендуется заправить емкость на 2/3 уровня.

Заправить установку для ультразвуковой очистки рекомендуемым очистителем. Игольчатые клапаны форсунок должны быть погружены в очиститель.

Подобрать соответствующие переходники для подключения форсунок к установке.

### 3.4. Ультразвуковая очистка

Подсоединить разъем электропитания к установке ультразвуковой очистки.

Закрепить форсунки на кронштейне установки.

Заправить ультразвуковую ванну установки очистителем. Рекомендуемый уровень – на 5–10 мм выше игольчатого клапана форсунки.

Подсоединить сигнальные провода, включить электропитание и установить время очистки.

Выбрать режим ультразвуковой очистки и установить время (по умолчанию 600 сек.). Нажать кнопку «Start» (Пуск).

По истечению времени ультразвуковая очистка автоматически отключается. Снять форсунки.

#### **Внимание:**

– не включать установку, если ультразвуковая ванна не заполнена жидкостью. В противном случае, установка выйдет из строя;

– не опускать в ванну (очиститель) сигнальный провод, чтобы не повредить его.

### 3.5. Контроль баланса и качества распыливания

На автомобилях могут устанавливаться форсунки с верхней и боковой подачей топлива.

#### 3.5.1. Порядок проверки топливных форсунок с верхней подачей топлива

В соответствии с типом форсунок подобрать переходники и закрепить их в топливной рампе установки.

Установить форсунки (смазать уплотнительные кольца).

Отрегулировать высоту винта и гайки с рифлением в соответствии с высотой форсунок. Установить топливную рампу с форсунками на кронштейн установки. Затянуть две гайки с рифлением, как показано на рис. 3.3.

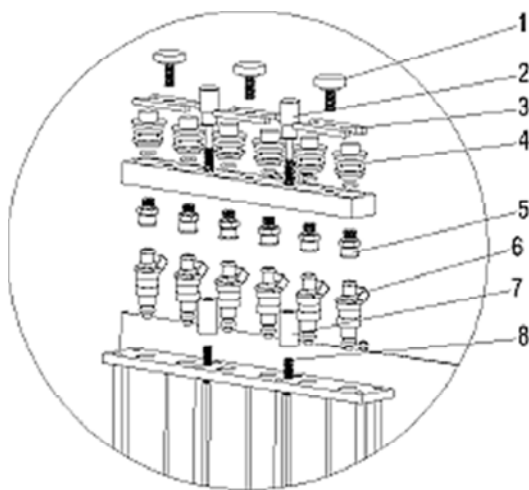


Рис. 3.3. Схема установки топливной рампы для форсунок с верхней подачей топлива:

- 1 – винт с плоской головкой; 2 – винт с рифлением;
- 3 – выпукло-вогнутая пластина; 4 – заглушка топливной рампы;
- 5 – переходник; 6 – форсунка с верхней подачей топлива;
- 7 – гайка с рифлением; 8 – регулировочный винт



Подсоединить сигнальные провода к форсункам. Нажать кнопку «Drainage» (Слив), чтобы слить испытательную жидкость из мерных мензурок.

Выбрать на панели управления режим проверки баланса и качества распыливания. Ввести рабочие параметры, нажать кнопку «start» (пуск).

Система автоматически остановится после завершения испытания и сработает звуковой сигнал.

### ***3.5.2. Порядок проверки топливных форсунок с боковой подачей топлива***

Выбрать из комплекта переходники для форсунок с боковой подачей топлива (необходимо подобрать уплотнительное кольцо для крепления форсунки в переходнике. Уплотнительные кольца и топливные форсунки следует смазать).

Закрепить форсунки в переходниках, затем установить их в топливной рампе.

Установить крестообразную пластину, затянуть винты (рис. 3.4).

Остальные операции аналогичны пункту 3.5.1.

#### ***Примечание.***

В процессе тестирования отключен режим слива (по умолчанию), закрыт электромагнитный клапан. Нажать кнопку «Drainage» (Слив), чтобы включить режим слива жидкости из мензурок.

Давление в системе можно отрегулировать нажатием кнопок «Up» (Вверх) и «Down» (Вниз). Нажатием кнопки «Item» (Режим) и «Start» (Пуск) можно восстановить значения давления, выбранные по умолчанию. При проверке баланса объем жидкости в мензурках должен составлять 30 мл.

Необходимо учитывать также образование пены, чтобы предотвратить переполнение мензурок. Для выбора рабочих параметров можно использовать формулу: ширина импульса (мс) × время (с) × частота вращения (об/мин) / 120 ≤ 18000.

Разница в производительности форсунок не должна превышать  $\pm 2\%$ .

Во время работы можно выбрать параметры «частота вращения» или «ширина импульса» нажатием кнопки ► или ◀. Это позволит изменить условия работы.

Факел распыла должен быть одинаковым, ровным, без резких всплесков. В противном случае, форсунки требуют замены.

В режиме контроля распыливания можно оценить минимальную ширину импульса открытия форсунки, чтобы сравнить характеристики разных форсунок (одного двигателя). Увеличить ширину импульса сигнала до тех пор, пока форсунка не начнет распыливание (в этот момент можно включить подсветку). Это и есть минимальный импульс. Оценить разницу между минимальными импульсами открытия нескольких форсунок.

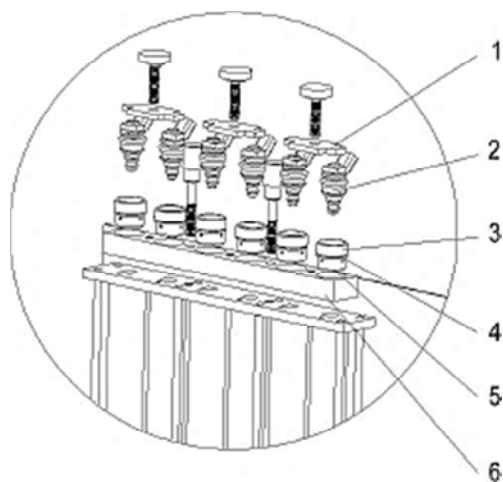


Рис. 3.4. Схема установки топливной рампы для форсунок с боковой подачей топлива:

- 1 – крестообразная пластина; 2 – форсунка с боковой подачей топлива; 3 – переходник для форсунки с боковой подачей топлива; 4, 5 – уплотнительное кольцо; 6 – топливная рампа для форсунок с боковой подачей топлива

### 3.5.3. Очистка форсунок обратной промывкой

Очистка обратной промывкой предусмотрена только для форсунок с верхней подачей топлива в режиме контроля баланса и качества распыливания. В этом случае топливо попадает в форсунку через выходное отверстие (распылитель) и вытекает через входное отверстие. Это позволяет очистить форсунки и фильтры.

Выбрать переходники для установки форсунок «в перевернутом состоянии» и закрепить их в топливной рампе.

Установить форсунки в перевернутом состоянии (выходным отверстием сверху, входным – снизу).

Подобрать нижнее крепление для форсунок.

Отрегулировать высоту винта и гаек с рифлением в соответствии с высотой форсунок. Установить топливную рампу и форсунки на кронштейн, затянуть два винта с рифлением, как показано на рис. 3.5.

Остальные операции аналогичны пункту 3.5.1.

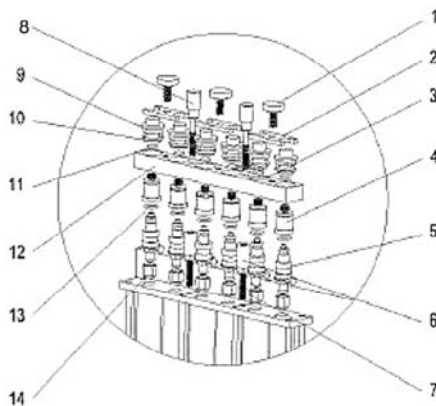


Рис. 3.5. Схема установки топливной рампы для обратной промывки форсунок:

- 1 – винт с плоской головкой; 2 – выпукло-вогнутая пластина;
- 3 – заглушка топливной рампы; 4 – переходник для обратной промывки;
- 5 – топливная форсунка; 6 – гайка с рифлением; 7 – регулировочный винт;
- 8 – винт с рифлением; 9, 10, 11, 13 – уплотнительное кольцо;
- 12 – топливная рампа; 14 – нижнее крепление

### **3.6. Контроль утечек**

Порядок выполнения операций аналогичен процедуре контроля баланса и качества распыливания топливных форсунок (см. п. 3.5).

Выбрать режим контроля утечек, нажать кнопку «Start» (Пуск), система включит данный режим.

Оценить утечки по наличию капель топлива. Частота падения капель не должна превышать значение, равное одной капле в минуту (или в соответствии с требованиями автопроизводителя). По умолчанию установлено время тестирования, равное одной минуте, при этом давление должно быть на 10 % выше значения, установленного производителем. Его можно отрегулировать нажатием кнопок «Up» (Вверх) и «Down» (Вниз). Можно нажать кнопку «Item» (Режим), затем кнопку «Start» (Пуск), чтобы восстановить значение давления, выбранное по умолчанию.

Система автоматически выключит режим проверки утечек после завершения испытания, сработает звуковой сигнал.

### **3.7. Контроль производительности топливных форсунок**

Порядок выполнения операций аналогичен процедуре контроля баланса и качества распыливания топливных форсунок (см. п. 3.5).

Перед тестированием производительности нажать кнопку «Drainage» (Слив), чтобы опустошить мензурки установки.

Выбрать режим контроля производительности топливных форсунок, нажать кнопку «Start» (Пуск), система включит данный режим.

Нажать кнопки «Up» (Вверх) или «Down» (Вниз), чтобы отрегулировать давление.

### ***Примечание.***

Нажать кнопку «Item» (Режим), затем кнопку «Start» (Пуск), чтобы восстановить значение давления, выбранное по умолчанию.

Система автоматически выключит режим проверки производительности топливных форсунок после завершения испытания, сработает звуковой сигнал.

## **3.8. Автоматическая очистка и функция контроля**

Режим автоматической очистки и тестирования включает в себя вышеупомянутые методы тестирования (15-секундный контроль производительности при постоянной подаче топлива, в режиме холостого хода, на средней частоте, при максимальной частоте, при изменении частоты и изменении ширины импульса управления).

Порядок выполнения операций аналогичен процедуре контроля баланса и качества распыливания топливных форсунок (см. п. 3.5).

Нажать кнопку «Drainage» (Слив), чтобы слить жидкость из мензурок перед выполнением автоматической очистки и тестирования форсунок.

Выбрать режим автоматической очистки и тестирования, нажать кнопку «Start» (Пуск), чтобы запустить режим.

Во время работы отрегулировать давление нажатием кнопок «Up» (Вверх) и «Down» (Вниз). Нажать кнопку «Item» (Режим), затем кнопку «Start» (Пуск), чтобы восстановить значение давления, выбранное по умолчанию.

Система автоматически выключит режим после завершения испытания, сработает звуковой сигнал.

## **3.9. Очистка форсунок на автомобиле**

Перед проведением очистки на автомобиле проверить наличие испытательной жидкости или очистителя в емкости (баке).

Заменить испытательную жидкость и очиститель следующим образом: снять трубку контроля уровня жидкости с левой стороны установки, слить жидкость из емкости (бака). Залить немного испытательной жидкости, чтобы очистить емкость (бак). Утилизировать отработанную испытательную жидкость.

Смешать очиститель и топливо (согласно инструкции для очистителя). Заправить емкость (бак) полученной смесью (см. табл. 3.2).

Таблица 3.2

Заправочные объемы стенда для очистки форсунок на автомобиле

|                                 |             |                           |
|---------------------------------|-------------|---------------------------|
| Количество цилиндров двигателя  | 4 цилиндра  | 6 цилиндров / 8 цилиндров |
| Объем, необходимый для промывки | 800–1000 мл | 1500 мл                   |

Подсоединить шланги (рис. 3.6) установки для ультразвуковой очистки форсунок к шлангам системы подачи топлива автомобиля, см. раздел «Подключение установки для очистки форсунок на автомобиле».

Выбрать режим очистки на автомобиле, установить время, нажать кнопку «Start» (Пуск), включить двигатель, чтобы запустить процесс очистки. В зависимости от технических требований производителя отрегулировать давление нажатием кнопок «Up» (Вверх) и «Down» (Вниз). Можно нажать кнопку «Item» (Режим), затем кнопку «Start» (Пуск), чтобы восстановить значение давления, выбранное по умолчанию. Для остановки процесса нажать кнопку «Stop» (Стоп).

**Подключение установки для очистки форсунок на автомобиле.** Применяется два способа очистки на автомобиле: подключение к топливной системе с магистралью слива топлива в бак и подключение к системе без данной магистрали.

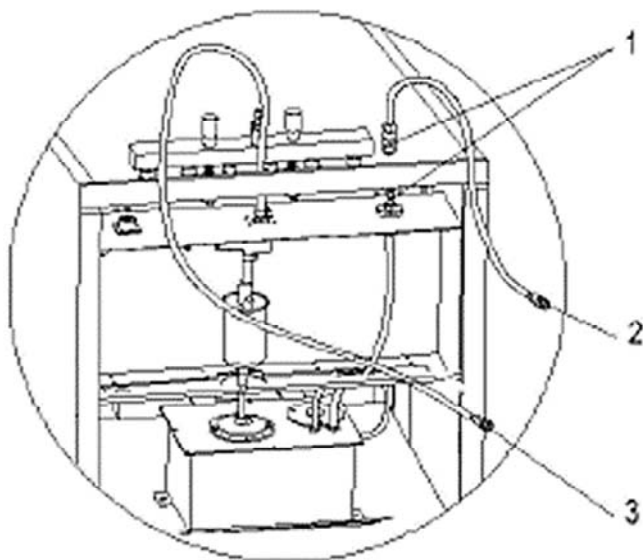


Рис. 3.6. Очистка форсунок на автомобиле:  
1 – быстросъемное соединение для трубки слива топлива;  
2 – для подключения к штуцеру слива топлива;  
3 – для подключения к штуцеру топливоподачи

### ***3.9.1. Подключение к топливной системе с магистралью слива топлива в бак***

Рассоединить разъем (*C, D*) шланга топливоподачи и разъем (*A, B*) шланга слива топлива в бак (заглушить разъемные части после рассоединения). Подобрать подходящие переходники для разъемов *B* и *C*, подключить к ним шланги слива и подачи установки ультразвуковой очистки, как показано на рис. 3.7.

Соединить разъемы *A* и *D* или снять предохранитель топливного насоса, или отсоединить электропитание топливного насоса.

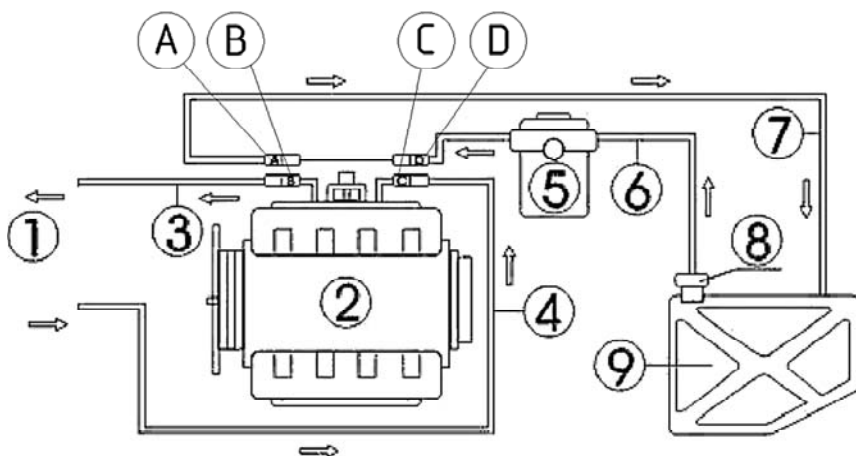


Рис. 3.7. Подключение установки для очистки форсунок на автомобиле (вариант 1):

- 1 – установка для ультразвуковой очистки форсунок;
- 2 – двигатель; 3 – сливной шланг установки;
- 4 – шланг подачи жидкости установкой; 5 – топливный фильтр;
- 6 – шланг топливоподачи двигателя; 7 – сливной шланг двигателя;
- 8 – топливный насос; 9 – топливный бак

### ***3.9.2. Подключение к топливной системе без магистрали слива топлива в бак***

Рассоединить разъем (*E*, *F*) шланга топливоподачи (заглушить разъемные части после рассоединения). Подобрать подходящий переходник для разъема *E*, подключить к нему шланг подачи жидкости установкой. Сливная магистраль установки не подключается, как показано на рис 3.8.

Установить заглушку на разъем *F* (только для топливных насосов со сливной магистралью) или снять предохранитель топливного насоса, или отсоединить электропитание топливного насоса.



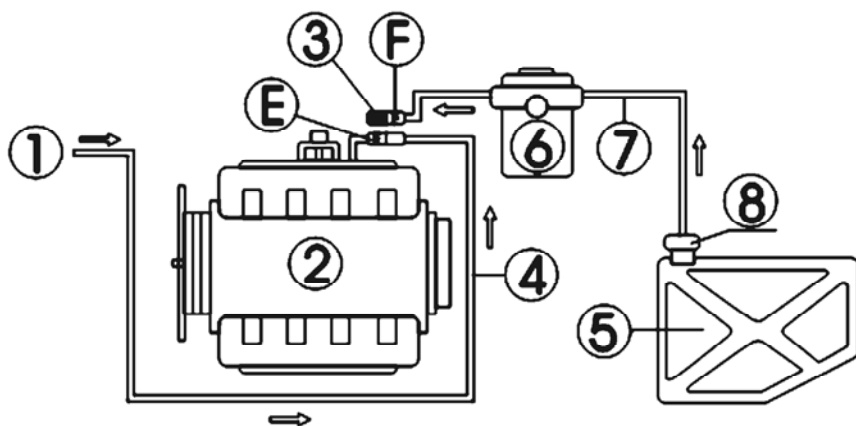


Рис. 3.8. Подключение установки для очистки форсунок на автомобиле (вариант 2):

- 1 – установка для ультразвуковой очистки форсунок; 2 – двигатель;  
 3 – заглушка; 4 – шланг подачи жидкости установкой;  
 5 – топливный бак; 6 – топливный фильтр;  
 7 – шланг топливоподачи двигателя; 8 – топливный насос

### 3.10. Порядок работ после завершения очистки форсунок на автомобиле

Заглушить двигатель после очистки форсунок на автомобиле. Восстановить соединения, запустить двигатель и нажать на педаль акселератора, проверить отсутствие утечек топлива в соединениях.

Очистить емкость (бак) и шланги установки испытательной жидкостью. Процедура очистки состоит в следующем: слить жидкость из емкости (бака), заправить ее испытательной жидкостью, подсоединить шланг подачи жидкости к отверстию для слива. Включить электропитание, выбрать режим «Leakage test» (Тест утечек), нажать кнопку «Start» (Пуск), чтобы запустить установку на 2–3 минуты. Остановить работу установки и слить жидкость из емкости (бака) установки. Утилизировать отработанную испытательную жидкость.

### **3.11. Содержание отчета**

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Основные теоретические положения, относящиеся к выполняемой работе.
4. Назначение, основные технические характеристики, краткое описание работы стенда по проверке форсунок.
5. Привести методику проверки работоспособности форсунок системы питания бензиновых двигателей, выполненную на лабораторной работе.
6. Дать краткие выводы по результатам исследования.

### **3.12. Контрольные вопросы**

1. Назвать основные технические параметры и характеристики стенда для проверки форсунок.
2. Перечислить кнопки панели управления стенда «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B» и их функциональное назначение.
3. Какие есть требования безопасности при выполнении лабораторной работы?
4. Назвать основные режимы работы стенда «INJECTOR CLEANER & TESTER TEKTINO INJ-4B».
5. Описать методику ультразвуковой очистки форсунок на стенде.
6. Описать методику контроля баланса и качества распыливания.
7. Описать методику контроля утечек форсунок на стенде.
8. Описать методику контроля производительности топливных форсунок.
9. Привести способы очистки форсунок на автомобиле. Достоинства и недостатки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савич, Е. Л. Устройство автомобилей : учебное пособие / Е. Л. Савич, А. С. Гурский, Е. А. Лагун. – Минск : РИПО, 2020. – 447 с. : ил.

2. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие : в 3 ч. / Е. Л. Савич, А. С. Сай. – Минск : Новое Знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – Ч. 2 : Методы и средства диагностики и технического обслуживания автомобилей. – 363 с. : ил.

3. Injector cleaner & tester INJ-4B [Text] : User manual : Tek-tino Inc. – Shenzhen, 2018. – 18 p.

Учебное издание

**САВИЧ** Евгений Леонидович  
**ГУРСКИЙ** Александр Станиславович  
**ЛАГУН** Егор Анатольевич

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ  
БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Пособие

для студентов специальностей  
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей  
(по направлениям)» по направлению 1-37 01 06-01 «Техническая  
эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего  
и личного пользования)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *Е. О. Германович*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 05.01.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,36. Тираж 100. Заказ 593.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.