

УДК 62-799

DOI: 10.34220/2311-8873-2020-3-3-121-126

АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ГАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В  
ГАЗОТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Иванников В.А., Никулин М.А., Поляков И.Е.

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

E-mail: [imrkrot@gmail.com](mailto:imrkrot@gmail.com)

**Аннотация:** В статье выполнен анализ применяемых средств диагностирования электромагнитных форсунок, используемых в газотопливных системах на автомобильном транспорте. Рассмотрены их преимущества и недостатки, а также предложены варианты их усовершенствования в рамках применения в практической диагностике.

**Ключевые слова:** транспортное средство, газотопливные системы, электромагнитные газовые форсунки, средства диагностирования, относительная производительность.

ANALYSIS OF DIAGNOSTIC TOOLS FOR  
ELECTROMAGNETIC GAS NOZZLES USED IN GAS FUEL SYSTEMS  
ON AUTOMOTIVE TRANSPORT

Ivannikov V.A., Nikulin M.A., Polyakov I.E.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

E-mail: [imrkrot@gmail.com](mailto:imrkrot@gmail.com)

**Summary:** The article analyzes the diagnostic tools used for electromagnetic injectors used in gas-fuel systems on automobile transport. Their advantages and disadvantages are considered, as well as options for their improvement within the framework of application in practical diagnostics are proposed.

**Keywords:** vehicle, gas fuel systems, electromagnetic gas injectors, diagnostic tools, relative performance.

### **Введение**

Опыт эксплуатации газобаллонных транспортных средств показывает, что системы IV поколения позволяют добиться высоких показателей тягово-экономических характеристик при использовании компримированного природного газа (КПГ) и сжиженного углеводородного газа (СУГ) в качестве моторного топлива. В наибольшей степени эффективность данных систем обусловлена электронным управлением, позволяющим реализовать сложные алгоритмы работы запорно-дозировующих устройств (газовых форсунок), в том числе попарно-параллельный и распределенный впрыск [1].

Очевидно, что задача газовых форсунок аналогична задаче бензиновых: впрыск топлива под избыточным давлением при помощи электромагнитной катушки, открывающей запорный элемент. При этом дозирование топлива производится за счет изменения длительности открытия и зависит от перепада давления между входом и выходом форсунки. В тоже время в работе газовых и бензиновых инжекторов есть ряд существенных различий, обусловленных в первую очередь тем, что бензин впрыскивается в жидкой фазе, а газомоторное топливо поступает в газообразной фазе. Это приводит к усложнению обеспечения точности и равномерности дозирования, что относится как к КПГ, так и к СУГ [2, 3].

Еще одним важным отличием является то, что для подачи в двигатель порции газа, эквивалентной по энергоёмкости порции бензина в тех же условиях, требуется более высокая пропускная способность газовых инжекторов. Соответственно, это приводит к увеличению сечения дозирующих каналов [4, 5, 6].

Очевидно, что для обеспечения продолжительного срока службы газовых инжекторов и для минимизации вероятности возникновения отказов, приводящих к простоям подвижного состава, необходимо своевременное проведение мероприятий по их обслуживанию и диагностированию.

### **Цель исследования**

Целью исследования является анализ по доступным отечественным и зарубежным литературным источникам, а также по патентным материалам из открытых баз патентных ведомств существующих методов диагностирования газовых инжекторов в составе автомобильного газобаллонного оборудования.

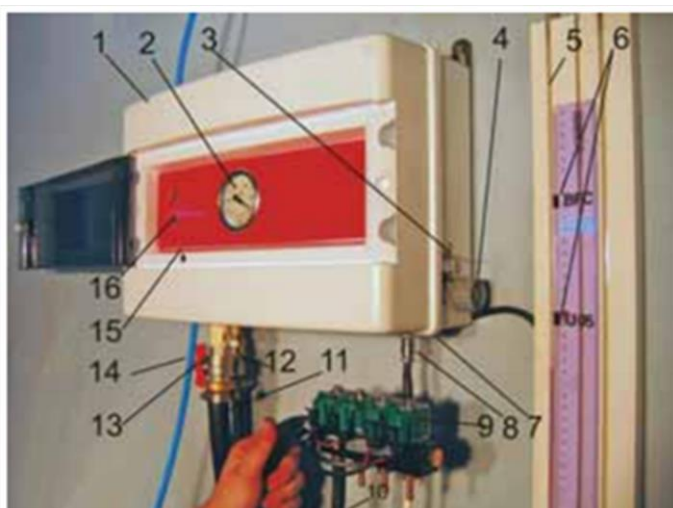
### **Материал и методы исследования**

Исследование выполнено на основе изучения научных трудов отечественных и зарубежных ученых и специалистов, областью научной деятельности которых является изучение и внедрение технологических и методологиче-

ских решений в отношении газобаллонных транспортных средств, а также патентных материалов по базам данных российских и зарубежных ведомств, известных литературных источников и информации, полученной в сети Интернет.

### Результаты исследования и их обсуждение

На текущий момент наибольшую популярность получили газовые системы питания IV поколения, отличительной чертой которых является наличие электронного блока управления, реализующего сложные алгоритмы управления попарно-параллельным или распределенным впрыском газа во впускной коллектор на клапан посредством подачи управляющих импульсов на электромагнитные запорно-дозировочные устройства (форсунки) [4, 7].



- 1 – корпус стенда; 2 – манометр; 3 – переключатель производительности; 4 – переключатель секций катушек форсунок; 5 – U-образная трубка пьезометра; 6 – контрольные метки нормативной производительности; 7 – включатель блока управления форсунками; 8 – жгут для подключения газовых форсунок; 9 – блок диагностируемых форсунок; 10 – патрубок подключения пьезометра; 11 – патрубок подачи рабочего давления; 12 – штуцер подвода давления к стенду (2-10 кгс/см<sup>2</sup>); 13 – кран управления подачей воздуха к форсункам; 14 – трубка подключения пьезометра; 15 – отверстие для регулировки давления; 16 – винт настройки стенда

Рисунок 1 – Стенд для проверки форсунок от фирмы "Elpigaz"

Таким образом, одним из ключевых элементов современных газовых систем питания являются газовые форсунки, для контроля технического состояния и, при наличии конструктивной возможности, регулировки которых необходимо применение специализированного оборудования, например, стенда для проверки форсунок от фирмы "ELPIGAZ" (рис. 1).

Основными элементами стенда являются одноступенчатый газовый редуктор с манометром, электронный блок управления (ЭБУ) газовыми инжекторами и пьезометр с трубками. К форсункам из стенда подается рабочее давление, а производительность

определяется отдельно для каждой секции по показателю перепада давления на пьезометре. Режимы работы форсунки задаются ЭБУ.

Данный стенд позволяет выявить возникающую в процессе эксплуатации

неравномерность цикловой подачи газа по секциям рампы форсунок, которая имеет ряд негативных последствий не только для работы двигателя на газе, но и на бензине. Поскольку данная неисправность формируется с наработкой, блок управления двигателем будет стараться компенсировать неравномерность работы цилиндров посредством встроенных механизмов адаптации, особенно на газовых системах питания с обратной связью по EOBD, что приведёт к ухудшению работы двигателя как на газовом топливе, так и на бензине [3, 8].

Также известен стенд «Digital Injector Tester» от компании «GreenGas», более узнаваемый под названием «ЭДИК», который, как и стенд от фирмы «ELPIGAZ», позволяет измерить относительную производительность газовых форсунок при установленной длительности впрыска, с тем отличием, что измерение проводится для четырёх инжекторов одновременно, а результат выводится на цифровой дисплей в виде процентного отклонения производительности форсунок относительно принятой за опорную (рис. 2)[9].



Рисунок 2 – Digital Injector Tester от компании "GreenGas"

Важной особенностью, усложняющей использование данного стенда, является возможность проведения испытания только при строго указанной продолжительности импульса открытия форсунок, что требует от оператора проведения ряда испытаний и составления графиков или таблиц относительной производительности исследуемых форсунок вручную.

Однако, при этом стенд обладает высокой мобильностью, что актуально для выездных работ и малых сервисных предприятий. Также может быть доос-



Рисунок 3 – Стенд Дзагидзе для проверки газовых форсунок

нащен узлом подачи чистящей жидкости для промывки инжекторов.

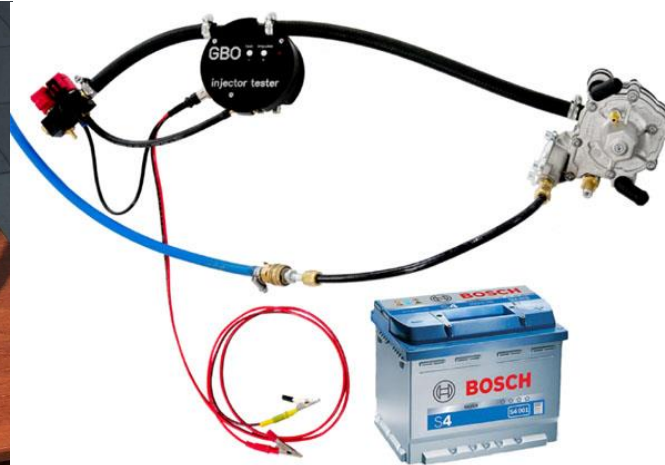
Более информативным является стенд Дзагидзе для проверки форсунок автомобильных газотопливных систем. Его отличительной особенностью является проверка относительной производительности форсунок в диапазоне длительности впрыска от 2 мс до 25 мс за один цикл работы стенда, что значительно сокращает время проведения испытания. Результаты измерений выводятся на экран персонального компьютера

в виде графиков и автоматически рассчитанных таблиц процентного отклонения (рис. 3) [10].

Однако, наиболее полную информацию по состоянию газовых форсунок позволяют получить такие стенды, как «ИНЖЕКТОР ТЕСТЕР МЕХАНИК-4» и польский «GBO Injector Tester» (рис. 4). Функционал данных приборов для удобства сравнения показан в таблице 1.



*a*



*б*

Рисунок 4 – Стенды для диагностирования газовых форсунок Injector Tester Mechanic 4 (*a*) и GBO Injector Tester (*б*)

Таблица 1 – Сравнение функционала стендов для диагностики газовых форсунок

Параметр	«ИНЖЕКТОР ТЕСТЕР МЕХАНИК-4»	«GBO Injector Tester»
задержка открытия форсунки, мс;	+	+
время поднятия штока, мс	+	+
задержка закрытия, мс	–	+
время опускания иглы, мс	–	+
производительность относительно дру- гих форсунок	+	+
производительность, л/мин	+	+
нестабильность, %	–	+
ток форсунки, А	+	+
график зависимости производи- тельности от времени открытия форсунки	+	+
сравнительная диаграмма параметров форсунок	–	+

### Выводы

Проведённый анализ рассмотренных технических решений, направленных на диагностику состояния электромагнитных форсунок, применяемых в составе автомобильных газотопливных систем, показал, что на текущий момент уже существуют средства получения достаточного количества диагностической информации для принятия решения о пригодности исследуемых форсунок. При этом, на рынке доступны устройства, ориентированные как на малые сервисные предприятия, так и на поточную работу с большой загрузкой. Однако, ввиду высокой стоимости, данные приборы не имеют достаточно массового применения, что делает актуальной работу в поиске технических решений, которые позволят снизить стоимость диагностического устройства для сервисных предприятий, и как следствие, стоимость услуги для конечного потребителя.

Одной из ключевых задач в данном направлении является определение необходимого и достаточного функционала оборудования для выполнения диагностирования газовых электромагнитных форсунок, т.к. с одной стороны, большая часть функционала таких стендов, как «ИНЖЕКТОР ТЕСТЕР МЕХАНИК-4» и польский «GBO Injector Tester», не используется в практической диагностике и являются, по сути, избыточными, а с другой – такие стенды, как «Digital Injector Tester», при достаточном функционале в плане снимаемых показателей, не обладают достаточной степенью автоматизации процесса диагностирования и требуют значительного участия оператора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Теремякин, П. Г. Основные факторы, влияющие на стоимость владения газобаллонным автомобилем с подчинённой системой управления / П. Г. Теремякин // Транспорт на альтернативном топливе. Международный научно-технический журнал. – 2011. – № 2 (20). – С. 60-64.

2 Лиханов, В. А. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования : учеб. пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров. – Киров : Вятская ГСХА, 2006. – 183 с.

3 Яжиньски, Г. Новое диагностическое оборудование фирмы "ELPIGAZ" для газовых систем питания распределенного впрыска / Г. Яжиньски, Ю. В. Панов // АГЗКТ + Альтернативное топливо. – 2007. – №1 (31). – С. 34-35.

4 Шишков, В. А. Методы управления рабочим циклом двухтопливных и однотопливных поршневых газовых двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием : дис. ... д-ра техн. наук : 05.04.02: защищена 11.02.2014 / В. . Шишков. – Самара, 2013. – 395 с.

5 Гайнуллин, Ф. Г. Природный газ как моторное топливо на транспорте / Ф. Г. Гайнуллин, А. И. Гриценко, Ю. Н. Васильев, Л. С. Золотаревский // М. : Недра, 1986. – 255 с.

6 Васильев, Ю. Н. Транспорт на газе / Ю. Н. Васильев, А. И. Гриценко, Л. С. Золотаревский // М. : Недра, 1992. – 342 с.

7 Фролов, С. А. Повышение эксплуатационных показателей автотранспортных средств в сельском хозяйстве применением бинарного газобензинового топлива : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01: защищена 02.07.2015 / С. А. Фролов. – Нижний Новгород, 2015. – 148 с.

8 Ерохов, В. И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика) : учеб. пособие / В. И. Ерохов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 598 с.

9 GREENGAS DIT – gas injector tester [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://greengas.it/news/greengas-dit-tester-gazovykh-forsunok/>. – Загл. с экрана.

10 Стенд для проверки форсунок автомобильных газотопливных систем [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://www.dze.lpg.ru/Test\\_Bench/Test\\_Bench\\_Manual.htm](http://www.dze.lpg.ru/Test_Bench/Test_Bench_Manual.htm). – Загл. с экрана.