

УДК 621.43.052

# ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДОЗАТОРА ГАЗА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ БГЧН 13/14

*У роботі наведені особливості конструкції та принцип роботи дослідного зразка електромагнітного дозатору газу для автотракторного двигуна БГЧН 13/14 та його модифікацій*

*Ключові слова: дослідний зразок, електромагнітний дозатор газу*

*В работе приведены особенности конструкции и принцип работы опытного образца электромагнитного дозатора газа для автотракторного двигателя БГЧН 13/14 и его модификаций*

*Ключевые слова: опытный образец, электромагнитный дозатор газа*

*Characteristics of design and principle of operation of electromagnetic gas dispenser prototype for 6GCHN 13/14 automobile and tractor engine are given*

*Keywords: prototype, electromagnetic gas dispenser*

**Ф. И. Абрамчук**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой\*

Контактный тел.: (057) 707-35-25

E-mail: dvs@khadi.kharkov.ua

**В. М. Манойло**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (057) 707-35-25

E-mail: dvs@khadi.kharkov.ua

**А. А. Дзюбенко**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Автомобильной электроники»

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Пушкинская, 106, г. Харьков, Украина, 61023

Контактный тел.: (057) 700-38-52, 066-768-41-16

E-mail: sashastar82@mail.ru

**А. Н. Кабанов**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (057) 707-35-25

E-mail: dvs@khadi.kharkov.ua

**М. С. Липинский**

Инженер

\*Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 707-35-25

E-mail: dvs@khadi.kharkov.ua, mehani\_k@mail.ru

**В. В. Волощук**

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Отдел комплексной подготовки газа и жидкостей

Украинский научно-исследовательский институт природных газов

ул. Красношкольная набережная, 20, г. Харьков, 61125

Контактный тел.: 097-950-59-17

E-mail: voloshchuk\_v@ukr.net

## 1. Введение

В последнее время на современных автомобилях с бензиновыми двигателями достаточно часто устанавливают газобаллонное оборудование IV и V поколения, обеспечивающее подачу газа непосредственно в область впускных клапанов цилиндров двигателя.

Отличительными особенностями таких систем питания является наличие газового баллона, редуктора (с давлением газа на выходе  $P_{ред} = 0,15 - 0,2$  МПа), электромагнитных дозаторов газа (ЭДГ) и блока управления, обеспечивающего согласование совместной работы распределенной системы питания газом и штатной бензиновой системы управления двигателем. Особый интерес, как на транспорте, так и в агропромышленном секторе, представляет использование подобных систем питания газом на двигателях, конвертированных из дизеля, таких как 6ГЧН 13/14, и бензиновых ДВС с рабочим объемом более 3,5 литров.

Авторами приводится описание конструктивных особенностей опытного образца электромагнитного дозатора газа для газовых ДВС, конвертированных из дизелей грузовых автомобилей полной массой более 3,5 т.

## 2. Анализ публикаций

При анализе литературных источников посвященных системам питания газовых ДВС [1,2], а также имея собственный опыт по определению основных параметров ЭДГ, становится очевидным, что предлагаемые комплектующие изделия газовых систем питания распределенного типа не обеспечивают необходимые расходные характеристики для ДВС с рабочими объемами от 3,5 до 12 и более литров.

В связи с этим возникает необходимость в разработке электромагнитных дозаторов газа распределенных систем питания для таких типов ДВС.

## 3. Цель и постановка задачи

Целью данной работы является разработка и описание конструктивных особенностей опытного образца ЭДГ для систем питания двигателя 6ГЧН 13/14 и его модификаций.

## 4. Выбор прототипа для ЭДГ, описание конструкции и принцип работы устройства

При разработке опытного образца ЭДГ (в качестве прототипа) принят серийно изготавливаемый электромагнитный газовый клапан КЭГ-001 (рис.1).

Этот клапан эффективно зарекомендовал себя в работе и используется в классических (эжекторных) системах питания газом. Клапан размещается на корпусе 2-х ступенчатого газового редуктора. В функции КЭГ-001 входит: обеспечение подачи газа к редуктору; экстренное (быстрое) прекращение подачи газа в редуктор в случае выхода из строя узлов системы питания или обрыва газопроводов. Основные характеристики КЭГ-001 приведены в табл.1.



Рис. 1. Внешний вид электромагнитного клапана газового редуктора КЭГ-001

КЭГ-001 (рис.2) имеет следующую конструкцию. В корпус электромагнита 3 устанавливается подвижный клапан-сердечник 4. В корпусе клапана 1 имеются резьбовые отверстия, в одно из которых закручивается корпус электромагнита 3, а в другое – вворачивается штуцер подвода газа от заправочных баллонов. Уплотнение резьбового соединения между корпусом электромагнита 3 и корпусом клапана 1 осуществляется резиновым кольцом 2. Клапан-сердечник 4 прижат к седлу корпуса клапана усилием возвратной пружины 5. Предотвращение пропуска части рабочего тела через канал истечения обеспечивается резиновым уплотнением, которое установлено в торце клапана-сердечника. На наружную поверхность корпуса электромагнита 3 устанавливается катушка 6 и скоба 9 электромагнита. Фиксация катушки и скобы электромагнита осуществляется шайбой 7 и гайкой 8.

Таблица 1

Основные технические характеристики электромагнитного клапана КЭГ-001

Параметр	Величина параметра
Напряжение питания, В	12
Сопротивление обмотки, Ом	12
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	45
Рабочее давление, МПа	2,5
Диаметр канала истечения, мм	5,5
Ход клапана, мм	1,0

Принцип работы КЭГ-001 следующий. На токоподводящие контакты 10 разъёмного соединения подводится напряжение. Ток, протекающий в обмотке электромагнита, создает магнитное поле, которое замыкается через скобу, изготовленную из низколегированной стали. Созданное магнитное поле воздействует на клапан-сердечник, в результате чего последний втягивается вовнутрь корпуса электромагнита, тем самым, открывая канал для истечения газа.

КЭГ-001 конструктивно имеет некоторое сходство с секцией ЭДГ фирмы Valtek [3], по габаритным размерам примерно в 1,7 – 2,0 раза больше последнего (рис.3). Если, диаметр канала истечения ЭДГ фирмы Valtek равен 4,0 мм, то у ГЭК-001 этот диаметр соответственно составляет 5,5 мм и имеется резерв его увеличения и соответственно применения его на двигателях с рабочим объемом от 3,5 до 12 и более литров.

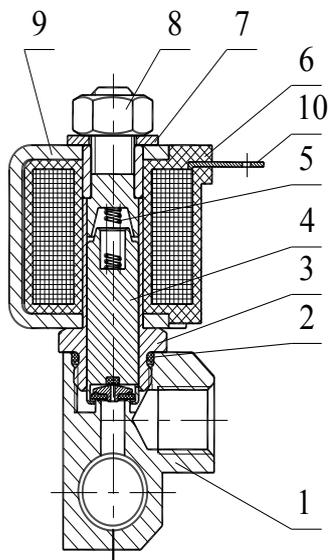


Рис.2. Поперечный разрез электромагнитного клапана КЭГ-001: 1 – корпус клапана; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – корпус электромагнита; 4 – клапан-сердечник; 5 – возвратная пружина; 6 – катушка электромагнита; 7 – шайба пружинная; 8 – гайка; 9 – скоба электромагнита; 10 – контактные клеммы



Рис.3. Внешний вид электромагнитного клапана газового редуктора КЭГ-001 и электромагнитного дозатора газа фирмы Valtek

### 5. Модернизация КЭГ-001 и результаты предварительных исследований

Для использования КЭГ-001 в качестве опытного образца ЭДГ (на двигателе 6ГЧН 13/14), последний был оснащен расходным жиклером 14 и штуцером подачи газа 15 (рис.4). При этом основной конструктив КЭГ-001 остался без изменений.

Установка расходного жиклера потребовала изготовления соединительного болта 11, положение которого фиксируется соединительной втулкой 12. Устранение утечек газа из мест соединений обеспечивается уплотнительными шайбами 13, которые изготавливаются из тонкого листового алюминия или отожженной меди. В резьбовое отверстие дистанционной втулки 12

вворачивается расходный жиклер 14, который уплотняется шайбой 13. Для обеспечения истечения газа из расходного жиклера, в соединительном болте 11 просверлены отверстия. Отверстия сверлятся в разных плоскостях так, чтобы их оси были взаимно перпендикулярны.

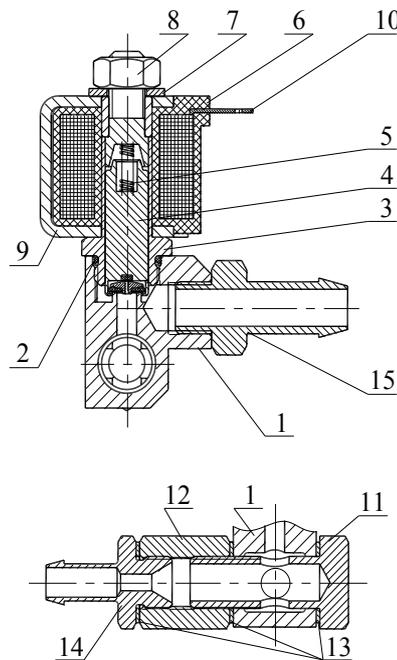


Рис.4. Модернизированный электромагнитный клапан газового редуктора КЭГ-001: 1 – корпус клапана; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – корпус электромагнита; 4 – клапан-сердечник; 5 – возвратная пружина; 6 – катушка электромагнита; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – скоба электромагнита; 10 – контактные клеммы; 11 – болт соединительный; 12 – соединительная втулка; 13 – уплотнительная шайба; 14 – расходный жиклер; 15 – штуцер подачи газа

Для осуществления предварительных экспериментальных исследований по оценке пропускной способности данного клапана КЭГ-001 было изготовлено три варианта расходных жиклеров (рис.5). Диаметры калибровочных отверстий расходных жиклеров составляют  $d_{р.ж.1} = 5,0$ ,  $d_{р.ж.2} = 5,5$  и  $d_{р.ж.3} = 6,0$  мм.

При проведении предварительных исследований по оценке пропускной способности клапана КЭГ-001 использовался безмоторный стенд [4,5] позволяющий в широком диапазоне имитировать скоростные и нагрузочные режимы работы ДВС.



Рис.5. Внешний вид расходных жиклеров с различными диаметрами калибровочных отверстий

Имитация скоростных режимов для двигателя 6ГЧН 13/14 включала в себя три фиксированные частоты вращения коленчатого вала двигателя и составляла  $n_1 = 3000$ ,  $n_2 = 2000$ ,  $n_3 = 1000$  мин<sup>-1</sup>. Варьирование нагрузочных режимов двигателя осуществлялась изменением времени открытия клапана-сердечника ЭДГ, и находилось в диапазоне  $\tau = 6 \div 12$  мс, с шагом  $\Delta\tau = 1$  мс. Давление рабочего тела (воздуха) на входе в узел составляло 0,2 МПа, а не регулируемый ход клапана-сердечника – 1,0 мм. Диаметр калибровочного отверстия расходного жиклера ЭДГ равен  $d_{р.ж.1} = 5$  мм. По результатам оценки пропускной способности (рис.6) максимальный расход рабочего тела через ЭДГ составил 3,65 м<sup>3</sup>/ч. Установка расходных жиклеров с диаметром калибровочных отверстий равным  $d_{р.ж.2} = 5,5$  мм и  $d_{р.ж.3} = 6,0$  мм не дала ощутимого прироста пропускной способности клапан КЭГ-001. Что, прежде всего, связано с конструкцией модернизируемого клапана.

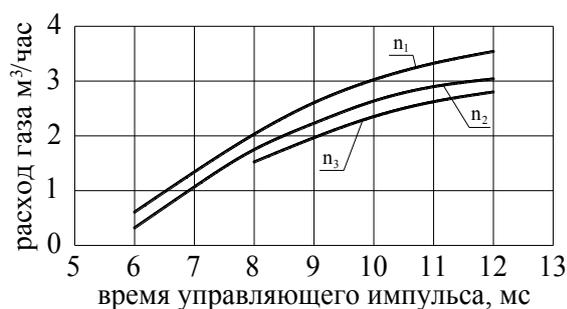


Рис. 6. Расходная характеристика опытного образца ЭДГ на базе КЭГ-001 с диаметром калибровочного отверстия расходного жиклера 5,0 мм при разных частотах вращения коленчатого вала двигателя:  $n_1 = 3000$  мин<sup>-1</sup>,  $n_2 = 2000$  мин<sup>-1</sup>,  $n_3 = 1000$  мин<sup>-1</sup>

В связи с этим испытываемый клапан КЭГ-001 подлежит существенным конструктивным изменениям, которые включают в себя:

- установку в дозатор узла регулирования высоты подъема клапана-сердечника;
- разработку мероприятий по обеспечению снижения уровня шума возникающего при работе;
- увеличение диаметра отверстия для протекания рабочего тела внутри корпуса 1 дозатора газа, с целью повышения его производительности.

## 6. Усовершенствование конструкции опытного образца ЭДГ для двигателя 6ГЧН 13/14 и его модификаций

После внесения ряда конструктивных изменений в КЭГ-001 был разработан и изготовлен опытный образец электромагнитного дозатора газа для двигателя 6ГЧН 13/14 (рис.7).

Продольный и поперечный разрезы опытного ЭДГ приведены на рис.8. В корпус 3 клапана дозатора установлен расходный жиклер 13, в который ввернута пробка 12. Уплотнение расходного жиклера и пробки обеспечивается резиновыми уплотнительными кольцами 17.

В резьбовое отверстие, в которое ранее устанавливался корпус электромагнита (см. рис.2 и рис.4),

теперь ввернут корпус клапана дозатора 11. Устранение утечек рабочего тела из резьбового соединения между корпусом дозатора и корпусом клапана обеспечивается резиновым уплотнительным кольцом 18. Во внутреннюю поверхность корпуса клапана дозатора 11 установлен клапан-сердечник 16.



Рис.7. Внешний вид опытного образца ЭДГ для двигателя 6ГЧН 13/14

Высота подъема клапана-сердечника ЭДГ выбирается регулировочным винтом 6. На его поверхности выполнены две кольцевые проточки, в которые установлены резиновые уплотнительные кольца 19. Резиновые кольца исключают возможность утечки рабочего тела из резьбового соединения между корпусом клапана дозатора и регулировочным винтом.

Во время работы ЭДГ возвращение клапана-сердечника 16 в исходное положение обеспечивается предварительно поджатой пружиной 23, которая одним концом упирается в направляющий стержень 9, а вторым – в демпферную вставку 8, изготовленную из фторопласта.

Направляющий стержень 9 установленный в клапан-сердечник предназначен для создания направленного движения возвратной пружины. Демпферная вставка 8 запрессована в торцевую поверхность регулировочного винта 6 и предназначена для снижения уровня шума при работе ЭДГ, а также для сохранения геометрических размеров верхней части клапана дозатора за счет смягчения силы ударных воздействий о регулировочный винт.

На наружную поверхность корпуса клапана дозатора установлены катушка 4 и скоба 5 электромагнита. Фиксация катушки и скобы электромагнита осуществляется при помощи стопорной шайбы 7. Стопорная шайба устанавливается в кольцевую проточку, выполненную на наружной поверхности корпуса клапана дозатора 11.

В соединительную рампу 2 ввернуты штуцер подачи газа 14 и пробка 15. Резьбовые соединения, которых уплотняются при помощи резиновых уплотнительных колец 20.

Фиксация корпуса дозатора 3 с соединительной рампой 2 осуществляется посредством крепежного винта 1. На наружной поверхности крепежного винта имеются две кольцевые проточки, в которые устанавливаются резиновые уплотнительные кольца 21, которые обеспечивают герметичное соединение болта и рампы. Между корпусом дозатора и соединительной

рампой установлено дополнительное уплотнительное кольцо 22.

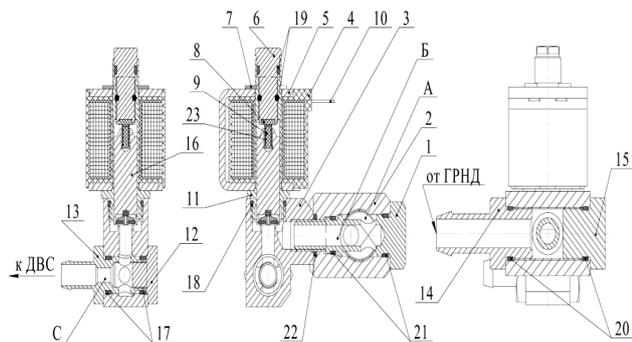


Рис.8. Конструкция опытного образца ЭДГ для двигателя 6ГЧН 13/14: 1 – винт крепежный; 2 – рампа соединительная; 3 – корпус дозатора; 4 – катушка электромагнита; 5 – скоба электромагнита; 6 – винт регулировочный; 7 – шайба стопорная; 8 – вставка демпферная; 9 – стержень направляющий; 10 – контактные клеммы; 11 – корпус клапана дозатора; 12 – пробка расходного жиклера; 13 – жиклер расходный; 14 – штуцер подачи газа; 15 – пробка задняя; 16 – клапан-сердечник дозатора; 17–22 – резиновые уплотнительные кольца; 23 – пружина возвратная

Принцип работы опытного образца ЭДГ следующий. Рабочее тело через штуцер 14 подается в полость А соединительной рампы 2. Из соединительной рампы рабочее тело попадает в перепускные отверстия Б крепежного винта 1, из которого оно подается в полость над клапаном-сердечником ЭДГ.

При подаче напряжения на контактные клеммы 10 катушки электромагнита 4, возникает магнитное поле, которое замыкается по скобе 5. Когда величина магнитного поля превышает усилие возвратной пружины 23, то происходит отрыв клапана ЭДГ 16 от седла канала истечения, выполненного в корпусе 3. Клапан-сердечник удерживается в открытом состоянии до

тех пор, пока на катушку электромагнитна подается напряжение.

Когда клапан ЭДГ находится в открытом состоянии рабочее тело из полости расположенной над клапаном ЭДГ подается в канал истечения корпуса 3. Далее минуя перепускные отверстия, выполненные в расходном жиклере 13, рабочее тело через калиброванное отверстие В, посредством соединительного шланга, направляется к цилиндру ДВС.

При снятии напряжения с катушки электромагнита, магнитное поле рассеивается и усилием предварительно поджатой пружины клапан-сердечник ЭДГ возвращается в исходное положение, тем самым прекращая подачу рабочего тела к цилиндру ДВС.

Для подбора необходимого диаметра калиброванного отверстия расходного жиклера ЭДГ ( $d_{р.ж.}$ ) использовались теплотехнические выражения, применяемые для расчета параметров истечения газов из каналов [6,7].

Диаметр отверстия канала истечения ( $d_{к.и.}$ ) выполненного в корпусе ЭДГ должен соответствовать условию

$$d_{к.и.} = (1,08 \div 1,44) \cdot d_{р.ж.} \quad (1)$$

Результаты оценки динамических и расходных характеристик опытного образца ЭДГ будут приведены в следующих работах.

#### Выводы

1. Разработана конструкторская документация опытного образца ЭДГ для двигателей с рабочим объемом от 3,5 до 12 и более литров. В частности для двигателя 6ГЧН 13/14.
2. Изготовлен опытный образец ЭДГ для двигателя 6ГЧН 13/14 и его модификаций.
3. Путем варьирования режимных и конструктивных параметров ЭДГ подобраны оптимальные параметры для газового двигателя 6ГЧН 13/14.

#### Литература

1. Тихомирова, О.Б. Разработка системы непрерывной подачи газа для ДВС с искровым зажиганием: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.04.02 «Тепловые двигатели» [Текст] / О.Б. Тихомирова. – Нижний Новгород, 2009. – 20с.
2. Яжиньски, Г. Особенности работы и сервисного обслуживания газовых форсунок автомобильных двигателей [Текст] / Г. Яжиньски, Ю. Панов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 2 (2). – С. 34 – 37.
3. Абрамчук, Ф.И. Особенности конструкций электромагнитных дозаторов газа систем питания ДВС [Текст] / Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, М.С. Липинский, А.А. Дзюбенко // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – 2010. – № 27. – С. 43 – 51.
4. Экспериментальный безмоторный стенд для проведения исследований электроуправляемых газовых форсунок автотракторных ДВС: матеріали ІІІ-ої всеукраїнської науково-технічної конференції науково-педагогічних та інженерно-технічних працівників [«Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення»], (Первомайськ, 21 – 22 травня 2009р.) [Текст] / Первомайський політехнічний інститут. Національного університету кораблебудування імені Макарова. – П.: Первомайський політехнічний інститут. Національного університету кораблебудування імені Макарова, 2009. – 252с.
5. Манойло, В.М. Стенд для дослідження витратних та динамічних характеристик електромагнітних дозаторів систем живлення газових ДВЗ [Текст] / В.М. Манойло, О.А. Дзюбенко, М.С. Липинський // Вісник СевНТУ: збірник наукових праць / Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – Вип. 122/2011. – С. 77 – 81.
6. Чернов, А.В. Основы теплотехники и гидравлики [Текст] / А. Чернов, Н. Бессребренников. – М.: – «Энергия», 1965. – 456 с.
7. Кошкин, В.К. Термодинамическая теория истечения газов и паров, процесс дросселирования [Текст] / В. Кошкин, Т. Михайлова. – М.: МАИ, 1983. – 53 с.