

УДК 621.43

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ЭГФ ДЛЯ СИСТЕМЫ COMMON RAIL**

© 2015 С. С. Каюков, Р. Э. Галлямов, А. В. Белоусов

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Анализируется возможность увеличения быстродействия электрогидрофорсунки за счёт перехода работы при постоянном высоком давлении. Представлена структура расчётной модели ЭГФ в пакете LMS Imagine.Lab AMESim. Рассмотрено изменение расхода форсунки при изменённых параметрах пружины и электромагнита. Сравнение данных выполнено относительно величины фазовой дозы при одинаковом сигнале управления. Намечены предпосылки продолжения исследований в направлении анализа влияния остальных факторов и оптимизации их значений с целью получения максимального быстродействия.

*Электрогидрофорсунка, впрыск, Common Rail, мультипликатор, пружина, электромагнит.*

doi: 10.18287/2412-7329-2015-14-2-93-96

В системах топливоподачи дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) существует проблема преодоления противоречия требований законов подачи топлива и обеспечения качества распыла топлива. Качественный распыл требует постоянного расхода при высоком давлении перед отверстиями в распылителе. Обеспечение закона топливоподачи, то есть распределение цикловой дозы по углу поворота коленвала, при разных режимах ДВС требует широкого диапазона изменения расхода. Принятый приоритет требований закона топливоподачи в системах использует переменное давление, в том числе в системах Common Rail. Электрогидрофорсунки (ЭГФ) в указанных системах предназначены для реализации многофазного впрыска, количество фаз и скважность которых ограничена быстродействием форсунки. Существует предположение, что часть ограничения быстродействия обусловлена универсальностью форсунки по величинам рабочего давления. Следствием недостаточного быстродействия является отклонение реализуемых законов подачи от требуемых.

В состав электрогидравлических форсунок входят:

- исполнительное устройство в виде иглы с мультипликатором, представляющим собой гидроцилиндр, рабочая полость которого по диаметру превышает диаметр иглы и является полостью управления, а пружина иглы – устройством обеспечения герметичности при отсутствии рабочего давления;

- устройство управления давлением в управляющей полости мультипликатора в виде золотника или клапана с электромагнитным, пьезоэлектрическим или магнитострикционным приводом.

Согласно известным результатам исследования ЭГФ [1] заменить мультипликатор подобранной соответствующим образом пружинной невозможно.

Указанное утверждение не является корректным применительно к ЭГФ, работающей на постоянном высоком давлении. Переход на постоянное давление позволяет рассматривать несколько вариантов повышения быстродействия:

- увеличение жёсткости и натяжения возвратной пружины;

- уменьшение тягового усилия электромагнитного клапана с соответствующим повышением его быстродействия,

- уменьшение площади мультипликатора с соответствующим уменьшением объёма управляющей полости;

- уменьшение проходных сечений дросселя и клапана управления с соответствующим дополнительным уменьшением тягового усилия и повышением быстродействия электромагнитного клапана.

Для анализа указанных возможностей повышения быстродействия был выбран одномерный пакет LMS Imagine.Lab AMESim. В данном пакете с помощью

стандартных блоков [2], входящих в библиотеки, была смоделирована ЭГФ (рис. 1), параметры которой соответствуют форсунке Bosch 0445110190.

По результатам расчётов были получены графики, представленные на рис. 2-4. Сравнение данных выполняется относительно величины фазовой дозы при одинаковом сигнале управления, причём следует считать, что чем доза больше, тем выше быстродействие.

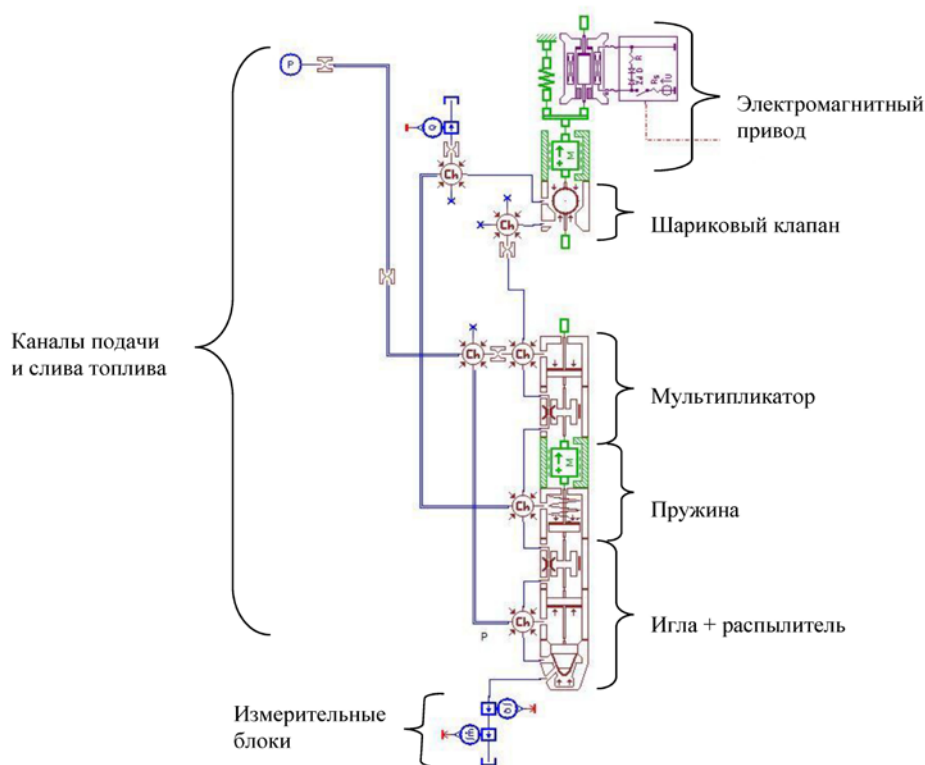


Рис. 1. Структурный вид модели электрогидрофорсунки

Таблица 1. Параметры модели форсунки

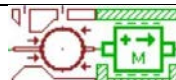
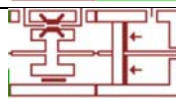


Компонент модели в AMESim	Bosch	Доработанная модель
 масса шарикового клапана, кг	0,003	0,001
 мультипликатор, мм	4,2	1,9
 пружина: предварительный натяг, Н; жёсткость, Н/мм	30 13	8; 275 5; 7000
 объём впускного дросселя, см <sup>3</sup>	0,015	0,005

График расхода форсунки при предварительном натяге пружины 8 Н и жёсткости 5 Н/мм изображён на рис. 2.

На рис. 3 представлен график расхода при диаметре мультипликатора 1,9 мм, предварительном натяге пружине 275 Н и жёсткости 7000 Н/мм.

Влияние на расход ЭГФ изменения тягового усилия электромагнита показано на рис. 4.

Из ряда перечисленных ранее вариантов были изменены три. По результатам изменений, приведённых на графиках, видно, что быстродействие форсунки увеличилось. В связи с этим работу необходимо продолжить в направлении исследования влияния остальных факторов и оптимизации их значений с целью получения максимального быстродействия. При этом предполагается, что вышеописанные параметры будут исследоваться данной методикой, но результативность процесса будет оцениваться по режиму полного кратковременного открытия форсунки Bosch и модернизированной форсунки. Модернизированная форсунка должна обеспечивать меньшую цикловую дозу на режимах кратковременного полного открытия, при этом будет возможно уменьшить скважность между впрысками.

Работа выполнены с помощью оборудования центра коллективного пользования САМ-технологий.

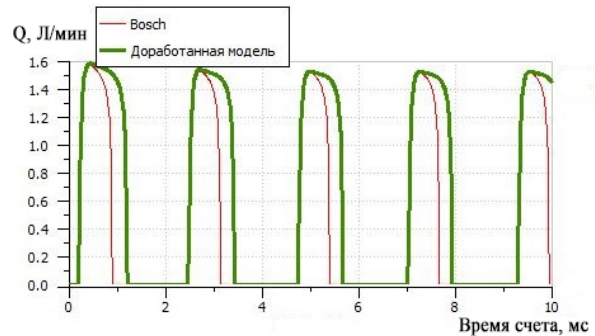


Рис. 2. Сравнение расходов ЭГФ при изменённых жёсткости и натяжении пружины

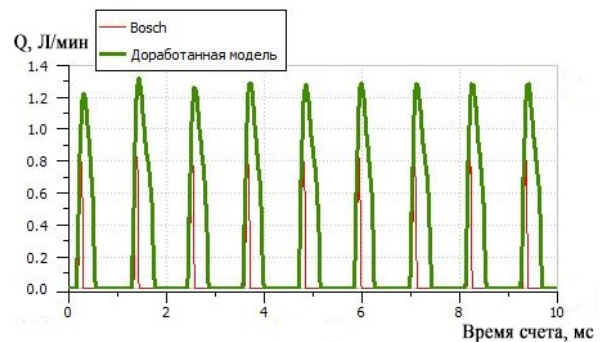


Рис. 3. Сравнение расходов ЭГФ при изменённых диаметре мультипликатора и пружины

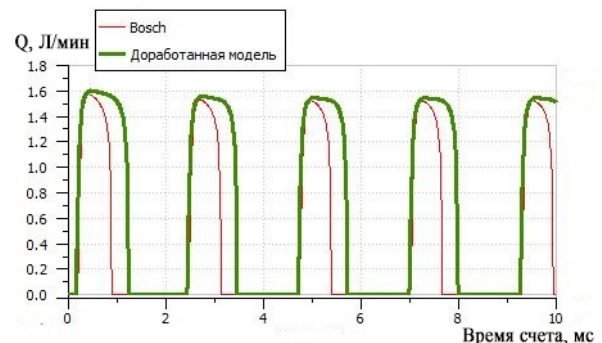


Рис. 4. Сравнение расходов ЭГФ при изменённом тяговом усилии электромагнита

### Библиографический список

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов. М.: Легион-Автодата, 2004. 344 с.
2. LMS Imagine.Lab AMESim. AMESim Rev 13 Tutorial guide, November 2013. 152 p.

### Информация об авторах

**Каюков Сергей Сергеевич**, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследо-

вательский университет). E-mail: [street999@mail.ru](mailto:street999@mail.ru). Область научных интересов: системы топливоподачи, моделирование процессов тепловых машин.

**Галлямов Роман Эдуардович**, студент, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [gallyamov\\_ml@mail.ru](mailto:gallyamov_ml@mail.ru). Область научных интересов: системы поршневых ДВС.

**Белоусов Артем Владимирович**, студент, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [zavulon163@mail.ru](mailto:zavulon163@mail.ru). Область научных интересов: системы поршневых ДВС.

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF A SOLENOID INJECTOR FOR THE COMMONRAIL SYSTEM

© 2015 S. S. Kayukov, R. E. Gallyamov, A. V. Belousov

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

The paper analyzes the possibility of improving the performance of a solenoid injector by switching to constant high-pressure operation. The structure of a solenoid injector design model is presented in the LMS Imagine. Lab AMESim package. Variation of the injector flow rate in the case of varying spring and magnet parameters is discussed. The data are compared relative to the value of the phase dose for the same control signal. Preconditions for the necessity of continuing the investigations in the direction of analyzing the influence of other factors and optimizing their values with the aim of obtaining maximum speed are outlined.

*Solenoid injector, injection, CommonRail, multiplier of needle, spring, solenoid.*

### References

1. Grehov L.V., Ivaschenko N.A., Moscow: Legion-Autodata Publ., 2004. Markov V.A. *Toplivnaya apparatura i sistema upravleniya dizeley: uchebnik dlya vuzov* [Fuel equipment and control systems of diesel engines: textbook for universities]. 344 p.
2. LMS Imagine. Lab AMESim. AMESim Rev 13 Tutorial guide, November 2013. 152 p.

### About the authors

**Kayukov Sergey Sergeevich**, post-graduate student, Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation. E-mail: [street999@mail.ru](mailto:street999@mail.ru). Area of Research: fuel feed systems, modeling of work processes of heat engines.

**Gallyamov Roman Eduardovich**, undergraduate student, Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation.

E-mail: [gallyamov\\_ml@mail.ru](mailto:gallyamov_ml@mail.ru). Area of Research: systems of piston internal combustion engines.

**Belousov Artem Vladimirovich**, undergraduate student, Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation. E-mail: [zavulon163@mail.ru](mailto:zavulon163@mail.ru). Area of Research: systems of piston internal combustion engines.