

Научная статья  
УДК 621.436

## Улучшение характеристик топливоподачи в дизелях малой мощности

Евгений Сергеевич Агеев<sup>1</sup>, Дмитрий Николаевич Илюшин<sup>2</sup>,  
Евгений Александрович Салыкин<sup>3</sup>, Евгений Алексеевич Федянов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), Волгоград, Россия

<sup>1</sup>duud1@mail.ru

<sup>2,3,4</sup>tig@vstu.ru

**Аннотация.** В настоящее время в качестве универсального автономного источника механической энергии для привода техники различного назначения широко используют дизели малой мощности до 10 кВт. Эффективность работы дизельного двигателя во многом определяется характеристикой системы топливоподачи. В своем большинстве, дизели малой мощности оснащаются традиционными топливными системами непосредственного действия разделённого типа с золотниковым управлением цикловой подачей топлива. Основываясь на опыте совершенствования современных транспортных дизельных двигателей, в качестве путей улучшения показателей малоразмерных дизельных двигателей можно рассматривать повышение давления впрыскивания топлива в цилиндр и использование электронного управления цикловой подачей топлива.

На основании результатов моделирования процесса топливоподачи в статье показана возможность повышения давлений впрыскивания топлива путем внедрения в топливную систему малоразмерного дизельного двигателя скоростного форсирования топливного насоса высокого давления с клапанным управлением цикловой подачей топлива.

**Ключевые слова:** малоразмерный дизельный двигатель, топливоподача, скоростное форсирование, клапанное управление.

**Для цитирования:** Агеев Е.С., Илюшин Д.Н., Салыкин Е.А., Федянов Е.А. Улучшение характеристик топливоподачи в дизелях малой мощности // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №2 (36).

Original article

## Improvement of fuel supply characteristics in small diesels

Evgeniy S. Ageev<sup>1</sup>, Dmitriy N. Ilyushin<sup>2</sup>, Evgeniy A. Salykin<sup>3</sup>, Evgeny A. Fedyanov<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Volgograd State Technical University (VSTU), Volgograd, Russia

<sup>1</sup>duud1@mail.ru

<sup>2,3,4</sup>tig@vstu.ru

**Abstract.** Currently, a small diesel engine up to 10 kW is widely used as a universal autonomous source of mechanical energy for driving equipment for various purposes. The efficiency of a diesel engine is largely determined by the characteristics of the fuel supply system. For the most part, low-power diesel engines are equipped with traditional direct-acting, split-type fuel systems with spool control of cyclic fuel supply. Based on the experience of improving modern transport diesel engines, as ways to improve the performance of small diesel engines, one can consider increasing the fuel injection pressure into the cylinder and using electronic fuel cycling control.

Based on the results of modeling the fuel supply process, the article shows the possibility of increasing fuel injection pressures by introducing a high-pressure fuel pump with valve control of cyclic fuel supply into the fuel system of a small diesel engine of high-speed forcing.

**Keywords:** small diesel engine, fuel supply, high-speed forcing, valve control.

**For citation:** Ageev E.S., Ilyushin D.N., Salykin E.A., Fedyanov E.A. Improvement of fuel supply characteristics in small diesels. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №2 (36).

### Введение

В настоящее время в качестве универсального автономного источника механической энергии для привода техники различного назначения широко используют малоразмерные дизельные двигатели мощностью до 10 кВт. Среди достоинств таких двигателей можно выделить: компактность, мобильность, относительно низкую стоимость, простоту ремонта и обслуживания, возможность использования топлива низкого качества. Однако малоразмерные дизельные двигатели обладают и недостатками, например, в сравнении с транспортными дизельными двигателями, низкой экономичностью.

### Основная часть

Эффективность работы дизельного двигателя во многом определяется характеристикой системы топливоподачи. В своем большинстве, малоразмерные дизельные двигатели оснащаются традиционными топливными системами непосредственного действия разделённого типа с золотниковым управлением цикловой подачей топлива. Такую топливную систему имеет, например, одноцилиндровый дизельный двигатель Kiror

КМ186FA, рабочим объемом 0,418 л и мощностью 5,7 кВт при частоте вращения коленчатого вала 3000 об/мин [1].

В дизеле Кирор КМ186FA топливо поступает из топливного бака к плунжерной паре топливного насоса высокого давления (ТНВД) (рис. 1). В плунжерной паре имеется дополнительное отверстие, выполняющее функцию отсечного. Сжатое в плунжерной паре топливо по линии высокого давления (ЛВД) подаётся в форсунку. Цикловая подача топлива регулируется изменением активного хода плунжера при повороте его отсечной кромки относительно окна гильзы (золотниковое управление цикловой подачей) [2].

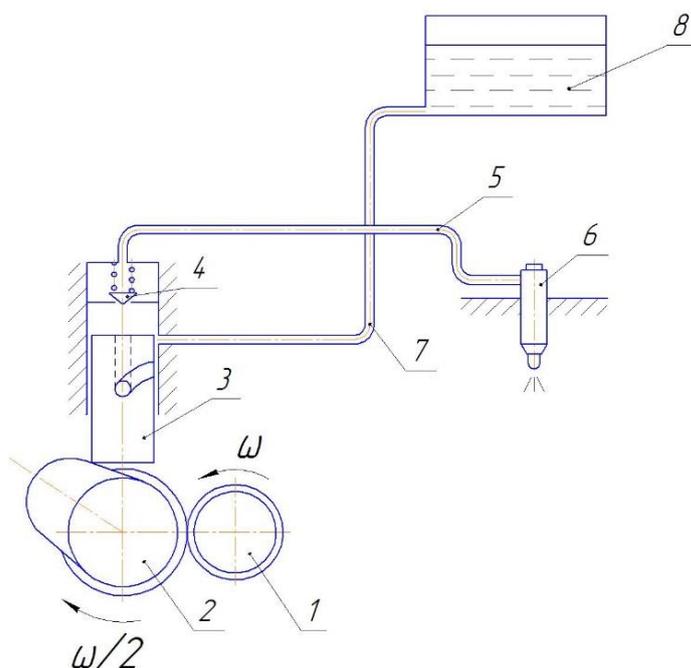


Рис. 1. Схема топливной системы непосредственного действия, разделённого типа с золотниковым управлением цикловой подачи топлива:  
1 – коленчатый вал двигателя; 2 – вал ТНВД; 3 – плунжер; 4 – нагнетательный клапан;  
5 – ЛВД; 6 – форсунка; 7 – линия низкого давления; 8 – топливный бак

Основываясь на опыте совершенствования современных транспортных дизельных двигателей, в качестве путей улучшения показателей малоразмерных дизелей можно рассматривать повышение давления впрыскивания топлива в цилиндр и использование электронного управления цикловой подачей топлива.

Для четырехтактных дизелей известен способ повышения давления впрыскивания топлива в системе топливоподачи непосредственного действия, основанный на удвоении частоты вращения вала топливного насоса высокого давления (ТНВД) [3]. Удвоение частоты вращения достигается тем, что привод ТНВД осуществляется непосредственно от коленчатого вала дизеля. Повышение вдвое скорости вытеснения топлива плунжером приводит к существенному повышению давления распыливания [3].

При скоростном форсировании ТНВД в четырехтактном дизеле на один рабочий цикл приходится два нагнетающих хода плунжера (основной и дополнительный). На основном ходе плунжера производится подача топлива через форсунку в цилиндр дизельного двигателя. Во время дополнительного хода плунжера ТНВД, приходящегося на такт выпуска отработавших газов, для предотвращения впрыскивания топлива в цилиндр осуществляется перепуск топлива из линии высокого давления через перепускной клапан.

Для управления электромагнитным перепускным клапаном двигатель должен быть оборудован устройством, генерирующим в необходимые моменты времени электрический импульс, открывающий клапан. Установка такого устройства несколько усложняет и увеличивает в цене двигатель, однако электромагнитный клапан в линии высокого давления можно использовать не только для перепуска топлива при дополнительном ходе плунжера в ТНВД, но и управлять с его помощью цикловой подачей топлива. Такой способ управления цикловой подачей позволяет использовать более простой по конструкции ТНВД. Схема системы с управлением величиной цикловой подачи топлива электромагнитным перепускным клапаном, установленным в линии высокого давления вблизи топливной форсунки, показана на рис. 2.

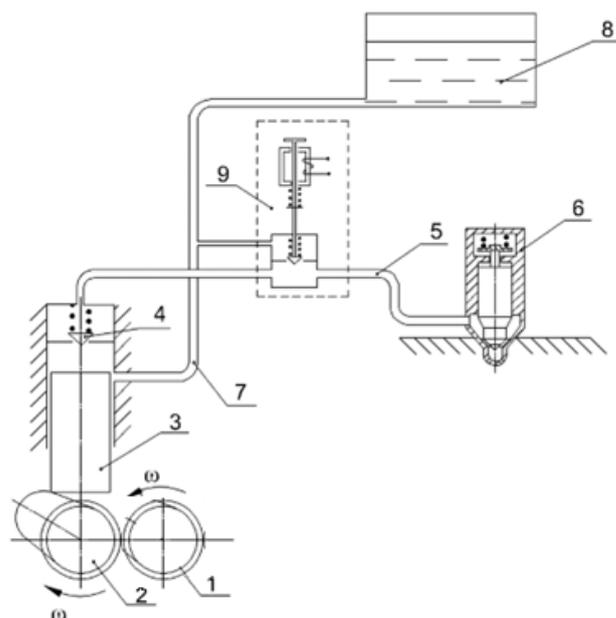


Рис. 2. Схема топливной системы непосредственного действия со скоростным форсированием ТНВД и клапанным управлением цикловой подачи: 1 – коленчатый вал двигателя; 2 – вал ТНВД; 3 – плунжер; 4 – нагнетательный клапан; 5 – ЛВД; 6 – форсунка; 7 – линия низкого давления; 8 – топливный бак; 9 – дозирующий клапан

На основном ходе плунжера ТНВД открытие перепускного клапана приводит к резкому падению давления перед форсункой и прекращению впрыскивания топлива. Таким образом, изменяя момент открытия и продолжительность открытого состояния клапана, можно управлять цикловой подачей топлива. При этом дизель должен быть оборудован электронной системой управления, которая в зависимости от требуемого режима работы формирует в требуемый момент времени управляющий сигнал на электромагнитный клапан.

## Экспериментальная часть

Оценка характеристик впрыскивания топлива системой со скоростным форсированием ТНВД была проведена применительно к указанному выше дизелю Кірог КМ186FA с помощью моделирования процесса топливоподачи в программном комплексе «Впрыск» [4]. Расчеты выполнены для двух вариантов системы топливоподачи: для штатной системы непосредственного действия (рис. 3) и для системы со скоростным форсированием ТНВД (рис. 4).

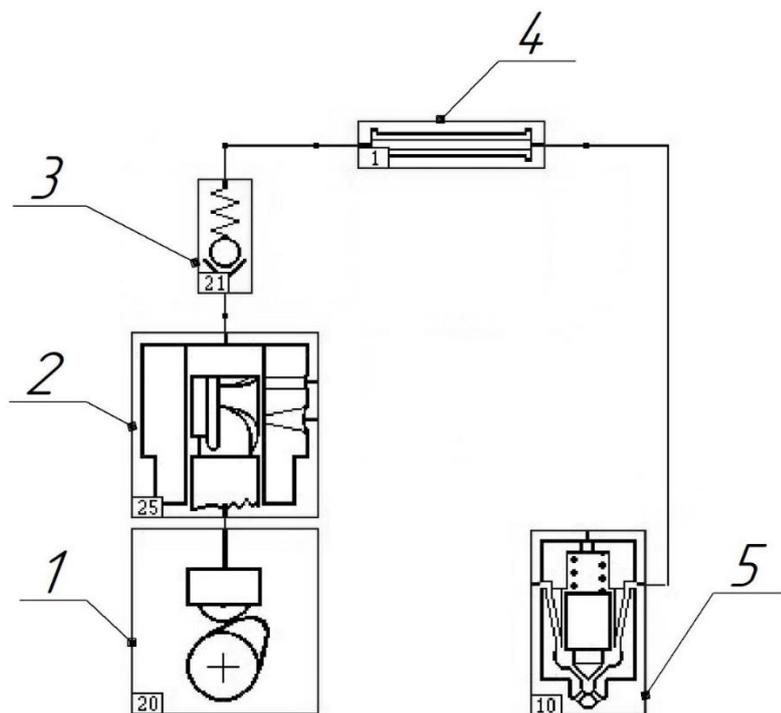


Рис. 3. Расчетная схема штатной топливной системы дизеля Kiror KM186FA: 1 – механизм привода плунжера; 2 – плунжерная пара; 3 – нагнетательный клапан; 4 – линия высокого давления; 5 – форсунка.

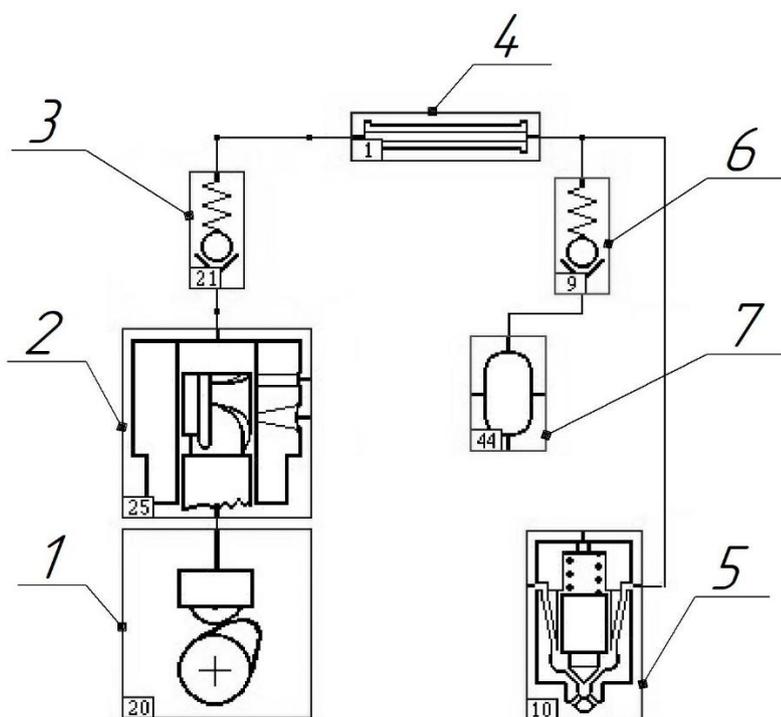


Рис. 4. Расчетная схема топливной системы со скоростным форсированием ТНВД и перепускным клапаном: 1 – механизм привода плунжера; 2 – плунжерная пара; 3 – нагнетательный клапан; 4 – линия высокого давления; 5 – форсунка; 6 – перепускной клапан с электромагнитным приводом; 7 – полость низкого давления.

Для системы топливоподачи со скоростным форсированием ТНВД моделировался процесс впрыскивания с управлением цикловой подачей за счет изменения момента открытия перепускного клапана.

На рисунке 5 приведены полученные в результате моделирования зависимости давления впрыскивания топлива от времени для указанных вариантов расчета при условии неизменной величины цикловой подачи топлива:  $q_{ц} = 17,4$  мг. За начальный момент времени принято начало подъема плунжера ТНВД.

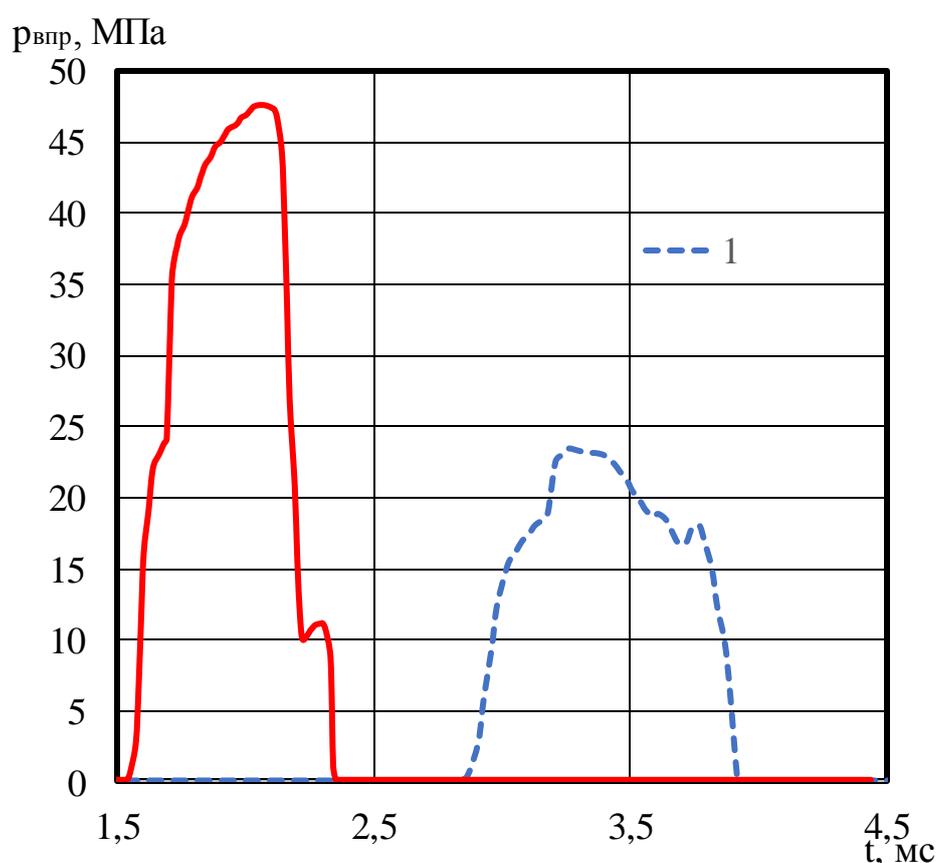


Рис. 5. Расчетные зависимости давления впрыскивания топлива от времени для дизельного двигателя Kiror KM186FA: 1 – штатная топливная система; 2 – топливная система со скоростным форсированием ТНВД и клапанным управлением цикловой подачи.

### Выводы

Впрыскивание топлива в системе со скоростным форсированием ТНВД начинается раньше, чем в штатной, что объясняется возрастанием скорости повышения давления в объемах системы при увеличении скорости плунжера

ТНВД. Как видно из рис. 4, скоростное форсирование ТНВД позволяет повысить максимальное давление впрыскивания вдвое: до 47,6 МПа от 23,5 МПа в штатной системе топливоподачи.

Проведенное моделирование топливоподачи дает основание утверждать, что применение ТНВД, частота вращения вала, которая равна частоте вращения коленчатого вала, позволяет примерно в два раза увеличить давление впрыскивания и за счет этого повысить мелкость распыливания топлива. При этом необходимый в системе топливоподачи с форсированным по частоте вращения ТНВД перепускной клапан может выполнять функцию управления величиной цикловой подачи топлива. В этом случае можно использовать ТНВД упрощенной конструкции без отсечных кромок на его плунжере.

### Список источников

1. Kipor power operation manual – URL: <https://mcgrp.ru/files/viewer/162457/4> (дата обращения: 02.03.2022). – Текст: электронный.
2. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора. – Москва: Легион-Автodata, 2013. – 292 с. – ISBN 978-5-88850-582-3.
3. Опыт модернизации дизельных систем топливоподачи непосредственного действия / Е.А. Салыкин, А.М. Ларцев, В.В. Славущкий, В.Ю. Соснин // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – № 8(81). – С. 38-40.
4. Лаборатория топливных систем кафедры «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н. Э. Баумана. ПК «Впрыск» – URL: <https://fuel-bmstu.ru/inject/> (дата обращения: 01.12.2022). – Текст: электронный.

### References

1. URL: <https://mcgrp.ru/files/viewer/162457/4> j.
2. Grekhov L.V., Gabitov I.I., Negotiation A.V *Konstruktsiya, raschet i tekhnicheskii servis toplivopodayushchikh sistem dizeley* (Design, calculation and technical service of diesel fuel supply systems), Moscow, Legion-Avtodata, 2013, 292 p..

3. Salykin Ye.A., Lartsev A.M., Slavutskiy V.V., Sosnin V.YU. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, no 8(81), pp. 38-40
4. URL: <https://fuel-bmstu.ru/inject/>.

Рецензент: М.Г. Шатров, д-р техн. наук, проф., МАДИ

### *Информация об авторах*

**Агеев Евгений Сергеевич**, аспирант, ВолГТУ.

**Илюшин Дмитрий Николаевич**, ст. преподаватель, ВолГТУ.

**Салыкин Евгений Александрович**, канд. техн. наук, доц., ВолГТУ.

**Федянов Евгений Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., ВолГТУ.

### *Information about the authors*

**Ageev Evgeniy S.**, postgraduate, VSTU.

**Ilyushin Dmitriy N.**, senior lecturer, VSTU.

**Salykin Evgeniy A.**, Ph.D., Associate Professor, VSTU.

**Fedyanov Evgeniy A.**, Dr. Sc., professor, VSTU.

*Статья опубликована по итогам международной научно-технической конференции «10-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса».*

*Статья поступила в редакцию 03.05.2023; одобрена после рецензирования 10.05.2023; принята к публикации 25.05.2023.*

*The article was submitted 03.05.2023; approved after reviewing 10.05.2023; accepted for publication 25.05.2023.*