

УДК 621.43

УВЕЛИЧЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ В ТНВД С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ В ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЕ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ДИЗЕЛЕ

Сергей Александрович Тютиков, аспирант,
АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, tytikov-c@mail.ru

Сергей Павлович Кулманакوف, канд. техн. наук, доц.,
АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, spk_ice@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность повышения быстродействия регулятора давления в топливном насосе высокого давления системы Common Rail с целью снижения пульсации давления. Более стабильное давление в топливном аккумуляторе позволяет достичь точной и равномерной цикловой подачи по цилиндрам, что в свою очередь необходимо для достижения высоких экологических и экономических показателей. Проведена оценка влияния быстродействия регулятора давления на размах колебания давления в топливном аккумуляторе. Показано, что при увеличении рабочих оборотов ТНВД эффективность поддержания стабильного давления снижается. Разработаны действия по повышению эффективности регулятора давления в регулировании и получены положительные испытания при практических испытаниях полнокомплектной топливной системы.

Ключевые слова: дизель, топливная система, Common Rail, вредные выбросы, пульсация давления, регулятор давления.

INCREASING THE SPEED OF THE PRESSURE REGULATOR IN THE FUEL INJECTION WITH THE PURPOSE OF REDUCING PULSATIONS IN THE FUEL SYSTEM AND OPTIMIZING THE WORKING PROCESS IN THE DIESEL

Tyutikov Sergey A., postgraduate,
AltSTU them. I.I. Polzunova, 46, Lenin Ave., Barnaul, 656038, Russia, tytikov-c@mail.ru

Kulmanakov Sergey P., Ph.D., associate professor,
AltSTU them. I.I. Polzunova, 46, Lenin Ave., Barnaul, 656038, Russia, spk_ice@mail.ru

Abstract. The article discusses the possibility of increasing the speed of the pressure regulator in the high-pressure fuel pump of the Common Rail system in order to reduce the pressure pulsation. A more stable pressure in the fuel accumulator allows achieving accurate and uniform cyclic feed through the cylinders, which in turn is necessary to achieve high

environmental and economic indicators. The influence of the pressure regulator speed on the pressure fluctuation range in the fuel accumulator is estimated. It is shown that with an increase in the operating speed of the injection pump, the efficiency of maintaining a stable pressure decreases. Actions have been developed to improve the efficiency of the pressure regulator in regulation and positive tests have been obtained in practical tests of a complete fuel system.

Key words: diesel, fuel system, Common Rail, harmful emissions, pressure pulsation, pressure regulator.

Актуальность темы. Основные направления развития современного дизелестроения направлены на улучшение показателей токсичности ОГ (приоритетная задача), повышение топливной эффективности, увеличение литровой мощности (форсирование) снижение шума и вибраций, воздействующих на человека. Одним из средств решения данной задачи может служить совершенствование параметров топливоподачи [1, 2].

Характеристика впрыскивания топлива ЭГФ непосредственно влияет на процесс горения в дизеле. Для поддержания стабильной характеристики впрыска топлива форсункой необходимо обеспечить бесперебойную подачу топлива в топливный аккумулятор в необходимом объеме. Также крайне важно поддерживать необходимое давления в аккумуляторе, которое определяет давление впрыскивания топлива форсункой в цилиндр. Большие колебания давления в аккумуляторе будут давать разную цикловую подачу, что отрицательно скажется как на экологических, так и на экономических параметрах дизеля [3, 4].

Одним из возможных мероприятий по снижению колебания давления в контуре высокого давления топлива является увеличение быстродействия регулятора давления (блока дозирующего), входящего в состав ТНВД системы Common Rail и регулирующего необходимое давление в топливном аккумуляторе путем дросселирования топлива на впуске в ТНВД.

Для оценки влияния скорости быстрогодействия регулятора давления на пульсации в линии высокого давления была снята на безмоторном стенде характеристика изменения давления при постоянном расходе топлива из аккумулятора и поддержании давления 1800 бар на частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=1600$ мин⁻¹ и $n_{\text{ТНВД}}=3300$ мин⁻¹. Для того чтобы исключить влияние процесса впрыска форсунки были исключены из системы. Результаты представлены соответственно на рисунках 1а и 1б.

Из рисунка 1а видно, что при частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=1600$ мин⁻¹ амплитуда колебаний составляет 66 бар. При частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=3300$ мин⁻¹, т.е. на номинальном режиме работы дизеля амплитуда колебаний составляет 103 бар (рис. 1б). Также происходит заброс давления в топливном аккумуляторе до 1850 бар. Можно сделать вывод, что увеличение быстрогодействия регулятора производительности ТНВД положительно скажется на снижении колебания давления в топливном аккумуляторе.

При работе полнокомплектной топливной системы с форсунками на безмоторном стенде появляются дополнительные волновые эффекты, т.к. форсунки расходуют топливо в аккумуляторе порционно, что требует быстрого регулирования производительности ТНВД. Из рисунка 1в видно, что при частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=3300$ мин⁻¹ давлении 1800 бар с форсунками амплитуда колебаний составляет 175 бар, в среднем – 135 бар. Можно сделать вывод, что для стабилизации давления необходимо иметь форсунки с максимально схожей характеристикой впрыска, т.к. при разной цикловой подачи увеличивается максимальная амплитуда колебания давления в аккумуляторе.

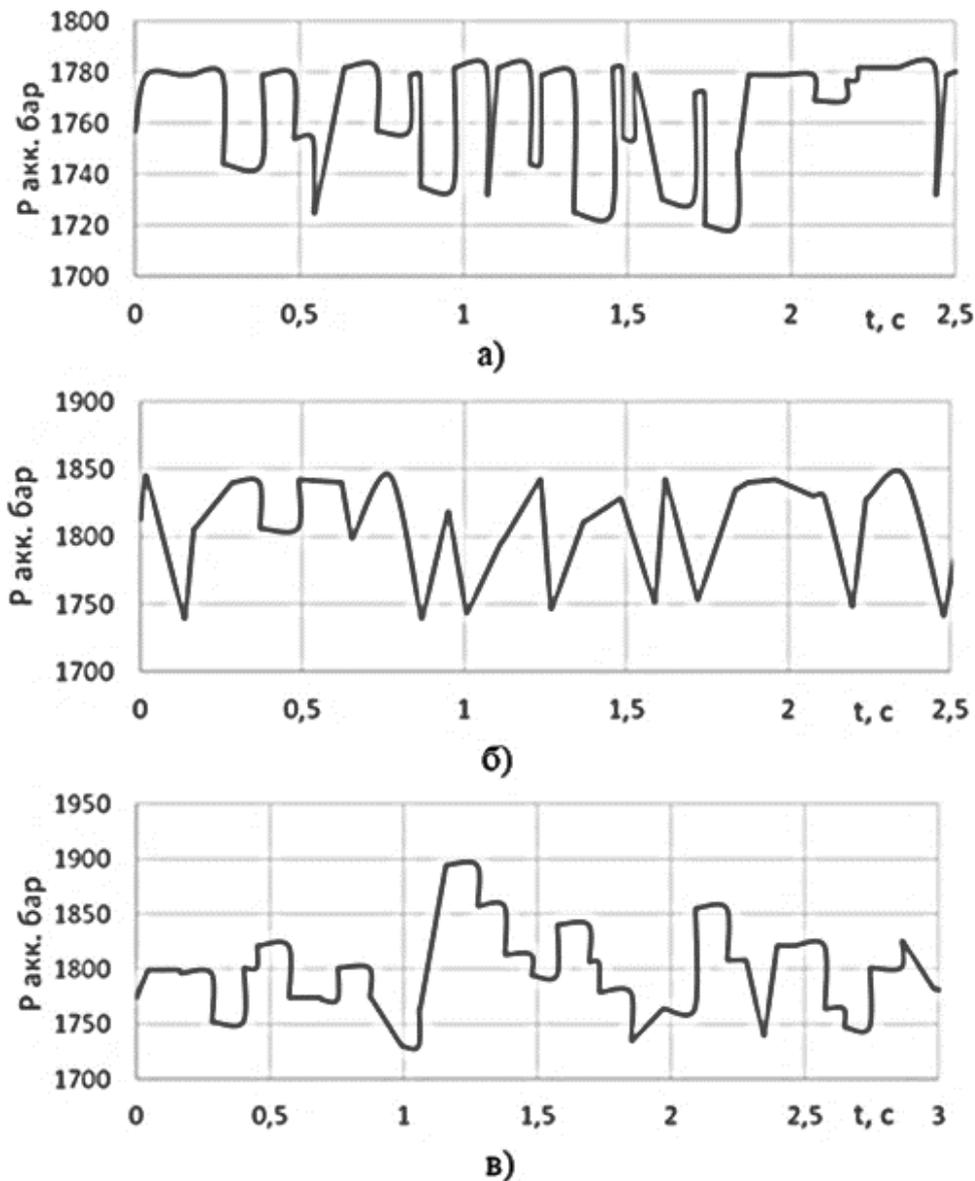


Рис. 1. Амплитуда пульсации давления в аккумуляторе:

- а) при частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=1600 \text{ мин}^{-1}$ и давлении 1800 бар без форсунок; б) при частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=3300 \text{ мин}^{-1}$ и давлении 1800 бар без форсунок; в) при частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=3300 \text{ мин}^{-1}$ и давлении 1800 бар с форсунками

Для снижения пульсаций возможно применение более емкого топливного аккумулятора. Но стоит учесть, что чем больше топливный аккумулятор применен, тем хуже динамика переходных процесс в топливной системе, а, следовательно, и в дизеле. Также при более емком аккумуляторе страдают пусковые качества дизеля: большее время

необходимо для создания минимально допустимого давления в топливном аккумуляторе для запуска двигателя.

Наиболее приемлемым вариантом увеличения быстродействия отклика блока дозирующего (регулятора давления) является оптимизация пропускных окон в золотнике регулятора. В данном случае выполнение различных форм окон ограничивает только технология изготовления. Были рассмотрены два варианта регуляторов: 1-й образец имел два отверстия в виде треугольников (рис. 2 б), на полной подаче проходное сечение открыто, на малых подачах работает более малое сечение треугольной формы, 2-й образец имел отверстия сложной и разной формы (рис. 2 а). На основании расчетов изменения проходного сечения в зависимости от хода золотника были сделаны выводы, что образец №2 при малых и средних нагрузках на дизель будет одинаково быстро реагировать на изменение давление в топливном аккумуляторе с образцом №1, однако на больших нагрузках образец №2 в теории будет быстрее реагировать на изменение давления.

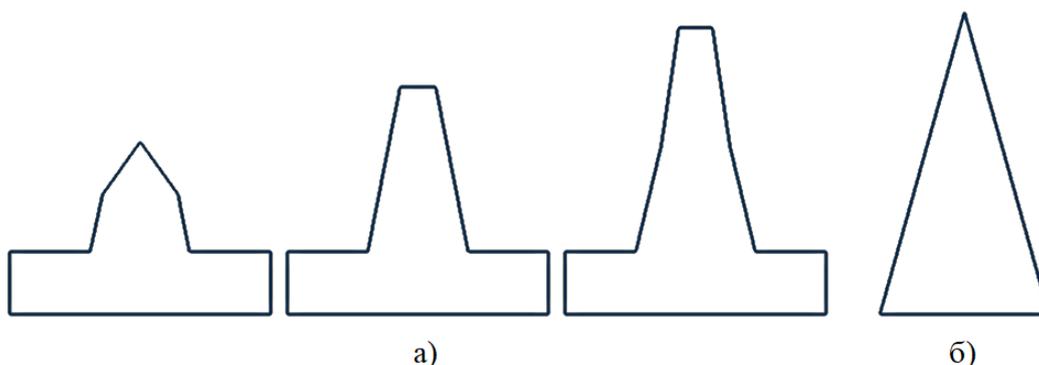


Рис. 2. Варианты выполнения окон в золотнике регулятора давления

Для достижения большой мощности дизеля необходима подача большого количества топлива. Поэтому возникает необходимость применения более производительного блока дозирующего при достижении производительности примерно 220 л/час, чтобы он пропускал большее

количество топлива за единицу времени. При этом окна в золотнике необходимо делать с более большим сечением. В противном случае будет ухудшаться КПД ТНВД, наполнение насосной секции будет недостаточное, особенно это заметно на двух секционных ТНВД с большим ходом и диаметром плунжера. Форма окон непосредственно влияет на характеристику регулирования.

Для подтверждения теоретических расчетов влияния окон на золотнике регулятора давления на скорость быстрого действия регулятора давления была снята на безмоторном стенде характеристика изменения давления при постоянном расходе топлива из аккумулятора и поддержании давления 1850 бар на частоте вращения вала ТНВД $n_{\text{ТНВД}}=3300 \text{ мин}^{-1}$. Для того чтобы исключить влияние процесса впрыска форсунки были исключены из системы. Поочередно были испытаны регуляторы образцов №1 и 2. Результаты представлены на рисунке 3. При работе системы с регулятором давления №1 размах колебания давления в топливном аккумуляторе составил 43 бара, с регулятором №2 – 29 бар.

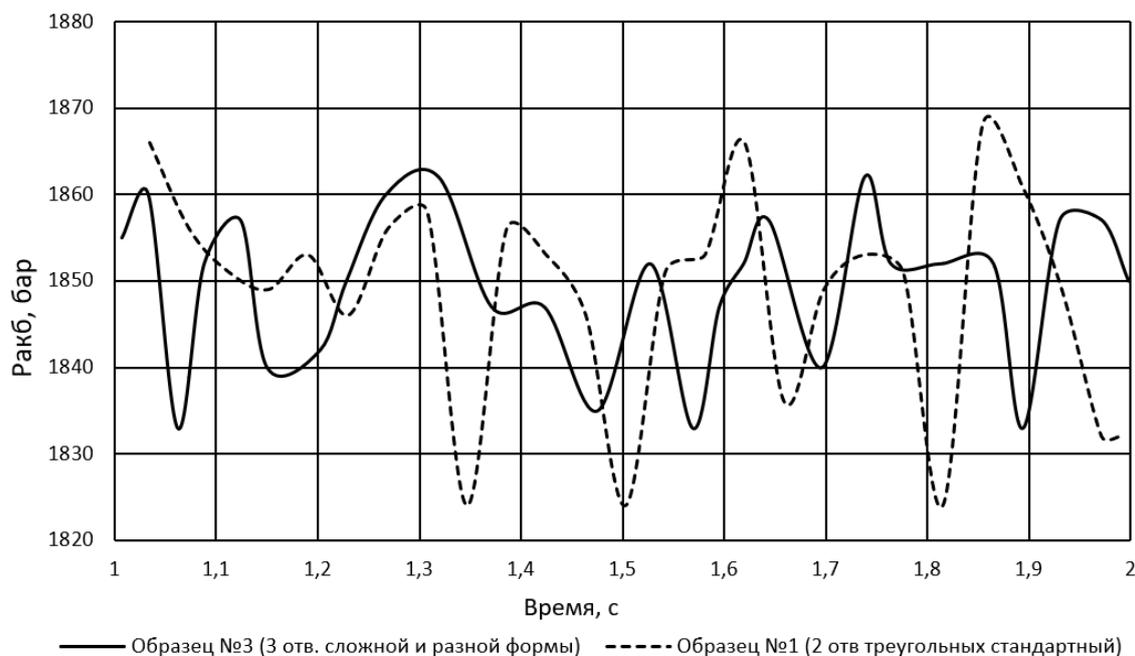


Рис. 3. Влияние конструкции золотника регулятора давления на размах колебания давления в топливном аккумуляторе

Выводы

При адаптации или проектировании новой топливной аппаратуры необходимо уделять должное внимание волновым явлениям. Для увеличения быстродействия ЭГФ и точной подачи необходимой порции топлива необходимо обеспечить стабильную подачу топлива в топливный аккумулятор с необходимым давлением и с минимальными волновыми явлениями. Теоретические расчеты и практические испытания золотников регулятора давления различного исполнения подтвердили свою эффективность и позволили снизить размах колебания давления в топливном аккумуляторе на 33%.

Список литературы

1. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей / Марков В.А., Баширов Р. М., Габитов И.И. – 2-е изд. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
2. Марков, В.А. Улучшение экологических показателей дизеля путем совершенствования системы топливоподачи / В.А. Марков, М.А. Савельев, А.В. Селиванов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – №18. – С 14–18.
3. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: учебное пособие / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора. – М.: Легион-Автодата, 2013. – 392 с.
4. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л. В. Грехов. – 2-е изд. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.

References

1. Markov V.A., Bashirov R.M., Gabitov I.I. *Toksichnost otrabotavshikh gazov dizele* (Toxicity of diesel exhaust gases), Moscow, Izdatel'stvo MGTU im. N.E. Baumana, 2002.
2. Markov V.A., Saveliev M.A., Selivanov A.V. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 18, pp. 14-18.

3. Grekhov L.V., Gabitov I.I., Negovora A.V. *Konstruktsiia raschet i tekhnicheskii servis toplivopodaiushchikh sistem dizelei* (Design, calculation and technical service of diesel fuel supply systems), Moscow, Legion-Avtodata, 2013, 392 p.

4. Grekhov L.V. *Toplivnaia apparatura i sistemy upravleniia dizelei* (Fuel equipment and diesel control systems: textbook for universities), Moscow, Legion-Avtodata, 2005, 344 p.

Рецензент: А.Ю. Дунин, канд. техн. наук, доц., МАДИ