

УДК 621.43.031

*И. Г. ПОЖИДАЕВ, А. А. ПРОХОРЕНКО***СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЁМНОЙ ПОДАЧЕЙ ТНВД АККУМУЛЯТОРНОЙ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЯ**

В работе представлен способ управления объёмной подачей топливного насоса высокого давления аккумуляторной топливной системы дизеля основанный на изменении активного геометрического хода плунжера. Представлены расходные характеристики топливного насоса, продуктивность которого регулируется указанным способом.

Ключевые слова: топливный насос высокого давления, аккумуляторная топливная система, дизель, плунжер.

Введение. Исследования, направленные на снижение механических потерь современных дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются актуальными ввиду широкого распространения данного типа силовых агрегатов во многих отраслях деятельности человека.

Потери на привод вспомогательных агрегатов малолитражных дизелей, среди которых потери на привод топливного насоса высокого давления (ТНВД), составляют существенную часть от общих механических потерь ДВС [1]. Исследования показывают, что потери на привод ТНВД в дизелях могут достигать 7% от общего числа механических потерь двигателя [1, 2]. Особенно ощутим этот отрицательный эффект в малолитражных ДВС с топливными системами аккумуляторного типа. Это связано с тем, что ТНВД в таких системах проектируется для обеспечения большой подачи топлива и на режимах частичных нагрузок, холостого хода подача топлива под высоким давлением будет чрезмерной. В этих случаях избыточное топливо возвращается в топливный бак, следовательно, тратится мощность двигателя на сжатие этого объема топлива. Этот эффект является нежелательным, т.к. увеличивает общие потери на привод вспомогательных агрегатов двигателя, ухудшая его механический КПД.

Цель исследования. Организация «гибкого» управления подачей ТНВД аккумуляторной топливной системы может существенно снизить механические потери на привод насоса за счёт более рационального протекания процесса подачи топлива. Т.о. разработка способа управления объёмной подачей ТНВД аккумуляторной топливной системы дизеля является целью настоящей статьи.

Анализ публикаций. Существует ряд технических решений, позволяющих снизить механические потери на привод ТНВД топливной системы аккумуляторного типа. Например, фирмой BOSCH выпускались радиально-плунжерные ТНВД (CP1) [3], с отключающей секцией (рис. 1, а). Отключение одной из секций электромагнитным приводом приводит к уменьшению количества топлива, подаваемого в аккумулятор, и заставляет впускной клапан оставаться постоянно открытым. В результате топливо, которое подаётся в надплунжерный объём, не может быть сжато при нагнетании и течёт обратно в канал низкого давления.

Таким образом, регулируется производительность ТНВД, на режимах с меньшей затратой энергии. Но данный способ не даёт «гибкости» управления подачей, что является основным его недостатком.

Регулирование производительности ТНВД также можно осуществить дросселированием топлива на входе в секцию высокого давления [2,4], подобная схема реализована в ТНВД (CP2) выпускаемых фирмой BOSCH для коммерческих автомобилей (рис. 1, б).

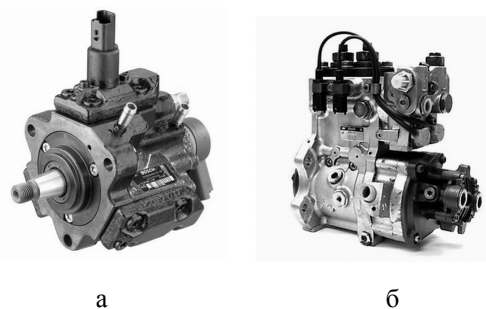


Рис. 1 – ТНВД производства фирмы R.Bosch для систем Common Rail: а – с отключающей секцией; б – с дросселированием топлива на входе в секцию высокого давления

Анализируя данные исследований, в том числе зарубежных учёных, можно сделать вывод, что для исключения излишних затрат мощности на привод ТНВД необходимо вводить регулирование его подачи по активному геометрическому ходу, либо по частоте вращения приводного вала, либо по числу работающих нагнетательных секций [2].

В данной статье представлен способ управления объёмной подачей ТНВД аккумуляторной топливной системы по активному геометрическому ходу плунжера.

Для реализации данного способа управления подачей насоса необходимо осуществить кинематическую связь органа управления с плунжером посредством промежуточных органов (рейки ТНВД).

Существует ряд схем позволяющих осуществить указанную связь. Известна схема, в которой реализовано микропроцессорное управление исполнительным механизмом привода рейки ТНВД [6]. В качестве исполнительного механизма для микропроцессорного регулятора применён серводвигатель, между выходным валом которого и

рейкой ТНВД (ЛСТНФ 410012) реализовано кинематическое соединение.

Также существует схема электронного регулятора ТНВД в которой в качестве исполнительного механизма привода рейки использован шаговый двигатель [7]. Основным недостатком данной схемы является необходимость введения в конструкцию регулятора системы аварийной защиты в случае пропуска шагов исполнительным механизмом.

Среди известных схем управления подачей ТНВД стоит отметить схему с электромагнитным приводом рейки. Такая схема представлена в ТНВД (H-type) фирмы BOSCH с дополнительной втулкой [5]. В этих насосах вместо механического регулятора применяется укрепленный на ТНВД исполнительный электромагнитный механизм (рис. 2). Он управляется электронным блоком (ECU), который получает сигналы от всех датчиков, расположенных на дизеле.

Выше описанная схема управления перемещением рейки была использована автором при разработке принципиальной схемы ТНВД для топливной системы аккумуляторного типа с

возможностью изменения подачи насоса в зависимости от режима работы дизеля. В общем виде конструкция ТНВД представлена на рис. 3 и описана в [8].

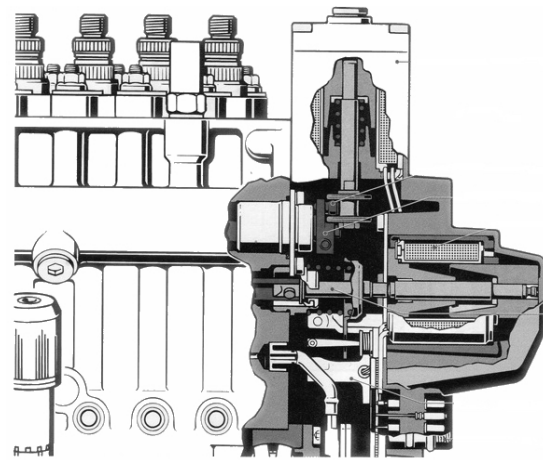


Рис. 2 – Исполнительный механизм рядного ТНВД фирмы BOSCH с регулированием начала подачи с помощью дополнительной втулки

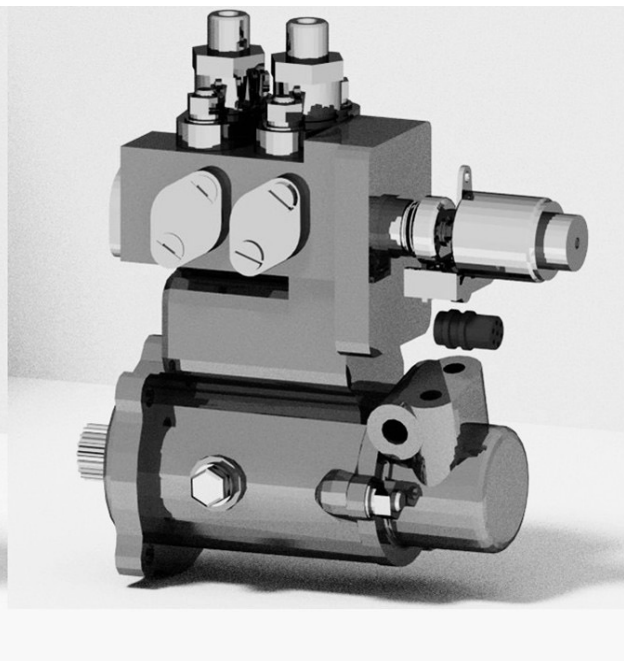
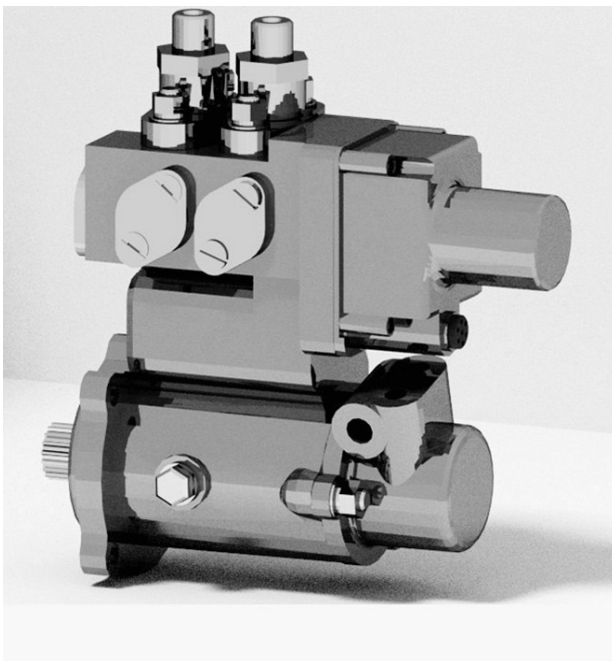


Рис. 3 – ТНВД топливной системы аккумуляторного типа с электромагнитным актюатором рейки

Изложение основного материала исследования.

Согласно представленным в [9] характеристикам подач ТНВД при различных значениях давления в аккумуляторе имеет место значительное превышение объема нагнетаемого насосом топлива относительно потребного для аккумуляторной системы. В свою очередь ТНВД предложенной конструкции оснащён органом управления его продуктивностью, характеристику которой иллюстрирует рис. 5, а.

В конструкцию ТНВД входят золотники с выполненной отсечной кромкой. При перемещении, рейка вращает золотник вокруг своей оси. В свою очередь, за счет наклоненной кромки происходит

изменение величины *пассивного геометрического хода плунжера* $h_{пл}$, под которым следует понимать фазу перемещения плунжера к перекрытию отверстия наполнения, во время которой не происходит сжатие топлива. Этот параметр определяется согласно развертке золотника, представленной на рис. 4 по следующей формуле:

$$h_{пл} = \left[S_0 - r_0 \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \sin \left(\arctg \left(\frac{x - x_0}{r_n} \right) \right) \right] - S_n$$

где x – перемещение рейки (зависит от скважности импульса подаваемого на катушку электромагнита).

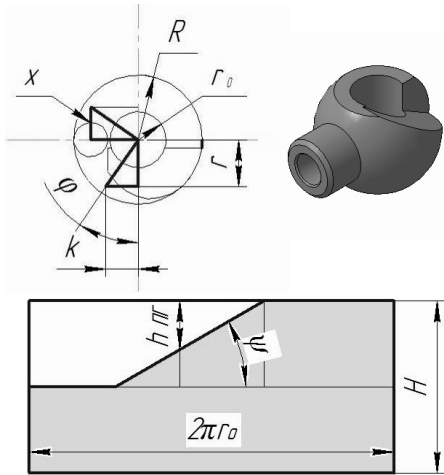


Рис. 4 – Развёртка кромки золотника ТНВД

На рис. 5 выделены участки расходных характеристик ТНВД соответствующие пределам регулирования. Пределы регулирования ограничены геометрическими особенностями золотников входящих в конструкцию топливного насоса.

Для подтверждения работоспособности предложенной конструкции ТНВД были проведены исследования на безмоторном стенде. В качестве испытуемого образца был принят ТНВД дизеля 2-ДТ оснащённый электромагнитным актюатором, изменяющим положение рейки по сигналу широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Топливный насос был установлен на стенд диагностирования дизельной топливной аппаратуры СТДА-2. Общий вид оборудования стенда представлен на рис. 6.

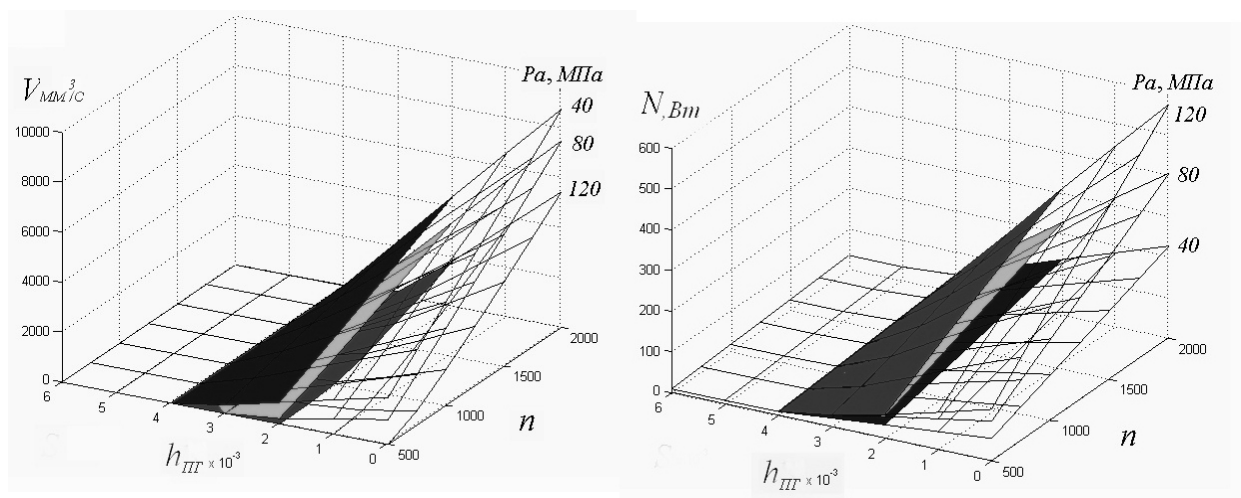


Рис. 5 – Характеристики ТНВД аккумуляторной системы дизеля

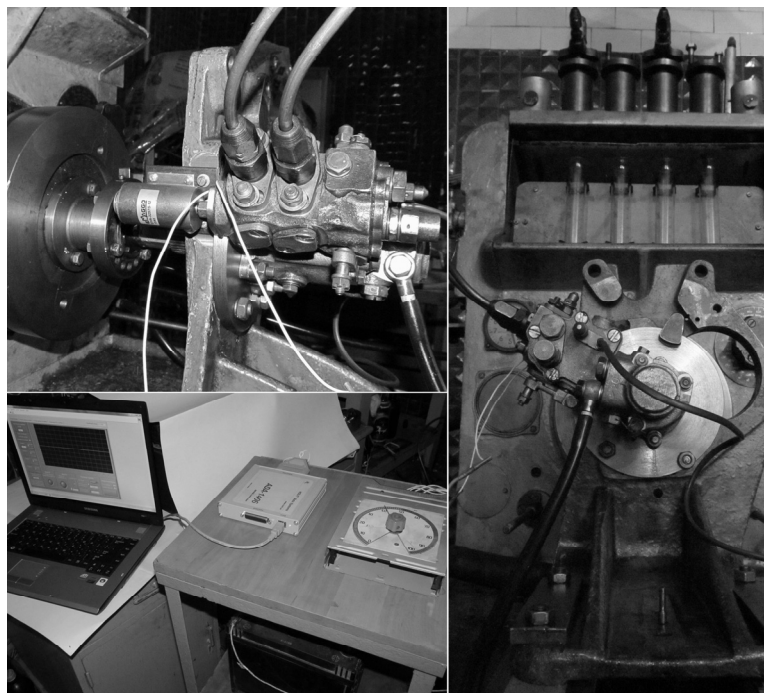


Рис. 6 – Оборудование стенда для проведения безмоторных испытаний ТНВД

Выводы. Предложен и теоретически обоснован принцип управления объёмной подачей ТНВД аккумуляторной топливной системы дизеля, который в отличие от известных использует изменение активного геометрического хода плунжера. В ходе безмоторных испытаний была подтверждена работоспособность предложенной конструкции ТНВД с электромагнитным приводом рейки.

Список литературы: 1. Путинцев С. В. Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчёта, испытаний: учебное пособие / С. В. Путинцев. – М., МГТУ им. Н. Баумана, 2011. – 288 с. 2. Врублевский А. Н. Энергетические затраты на привод ТНВД дизеля с аккумуляторной топливной системой / А. Н. Врублевский, А. А. Прохоренко, И. Г. Пожидаев, Д. В. Мешиков, А. И. Тимченко // Автомобильный транспорт, 2012. – № 30. – С. 90-95. 3. Грехов Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. – М.: Изд-во Легион-Автodata, 2004. – 344 с. 4. Габитов И. И. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей / И. И. Габитов, Л. В. Грехов, А. В. Неговора. – М.: Изд-во Легион-Автodata, 2008. – 248 с. 5. Грудский Ю. Г. Системы управления дизельными двигателями / пер. с немецкого. Ю. Г. Грудский, А. Г. Иванов. – Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с. 6. Лисовал А. А. Микропроцессорный регулятор дизеля и расчёт цикловой подачи топлива / А. А. Лисовал, С. В. Кострица, А. В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С. 58-61. 7. Головчук А. Ф. Универсальный электронный регулятор для тракторного дизеля / А. Ф. Головчук, Ю. И. Габриэль // Двигуни внутрішнього згорання. – 2014. – № 1. – С. 31-34. 8. Пожидаев И. Г. Проектирование ПНВД для аккумуляторной топливной системы малолитражного дизеля на базе паливного насоса двигуна 2ДТ / И. Г. Пожидаев, А. О. Прохоренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування, 2014. – № 14 (1057). – С. 89-95. 9.

Прохоренко А. А. Основы подхода к разработке конструкции и принципа управления ТНВД аккумуляторной топливной системы отечественного дизеля / А. А. Прохоренко, А. Н. Врублевский, А. В. Грицюк, Г. А. Щербakov // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 1. С. 12 – 17.

Bibliography (transliterated): 1. Putincev S. V. *Mekhanicheskie poteri v porshnevnykh dvigatel'nykh: special'nye glavy konstruirovaniya, rascheta, ispytaniy: uchebnoe posobie* / S. V. Putincev. – Moscow: MG TU im. N. Bauman, 2011. – 288 p. 2. Vrublevskij A. N. *Energeticheskie zatraty na privod TNVD dizelja s akkumuljatornoj toplivnoj sistemoj* / A. N. Vrublevskij, A. A. Prohorenko, I. G. Pozhidaev, D. V. Meshkov, A. I. Timchenko // *Avtomobil'nyj transport*, 2012. – No 30. – P. 90-95. 3. Grehov L. V. *Toplivnaja apparatura i sistemy upravlenija dizelej: uchebnik dlja vuzov* / L. V. Grehov, N. A. Ivashhenko, V. A. Markov. – M.: Izd-vo Legion-Avtodata, 2004. – 344 p. 4. Gabitov I. I. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika toplivnoj apparatury avtotraktornykh dizelej* / I. I. Gabitov, L. V. Grehov, A. V. Negovora. – Moscow: Izd-vo Legion-Avtodata, 2008. – 248 p. 5. Grudskij Ju. G. *Sistemy upravlenija dizel'nykh dvigatel'nykh / per. s nemetskogo*. Ju. G. Grudskij, A. G. Ivanov. – Pervoe russkoe izdanie. – Moscow: ZAO «KhZhl «За рулем», 2004. – 480 p. 6. Lisoval A. A. *Mikroprocessornyj reguljator dizelja i raschjot ciklovoj podachi topliva* / A. A. Lisoval, S. V. Kostrica, A. V. Verbovskij // *Dvigateli vnutrennego sgoranija*. – 2010. – No 2. – P. 58-61. 7. Golovchuk A. F. *Universal'nij elektronij reguljator dlja traktornogo dizelja* / A. F. Golovchuk, Ju. I. Gabriel' // *Dviguni vnutrishn'ogo zgorjannja*. – 2014. – No 1. – P. 31-34. 8. Pozhidaev I. G. *Proektuvannja PNVТ dlja akumuljatornoj palivnoj sistemi malolitrzhnogo dizelja na bazi palivnogo nasosa dviguna 2DT* / I. G. Pozhidaev, A. O. Prohorenko // *Visnik NTU «KhPI». Serija: Transportne mashinobuduvannja*, 2014. – No 14 (1057). – P. 89-95. 9. Prohorenko A. A. *Osnovy podhoda k razrabotke konstrukcii i principa upravlenija TNVD akumuljatornoj toplivnoj sistemy otechestvennogo dizelja* / A. A. Prohorenko, A. N. Vrublevskij, A. V. Gricjuk, G. A. Shherbakov // *Dvigateli vnutrennego sgoranija*. – 2010. – No 1. P. 12 – 17

Поступила (received) 10.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Пожидаев Иван Геннадиевич – младший научный сотрудник кафедры ДВС НТУ «ХПИ»; тел.: (093) 240-70-53; e-mail: Vanurash@rambler.ru.

Pozhydaev Ivan Gennadiyevich – junior scientist Department of Internal combustion engines NTU «KhPI»; tel.: (093) 240-70-53; e-mail: Vanurash@rambler.ru.

Прохоренко Андрей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры ДВС НТУ «ХПИ»; тел.: (057) 707-68-48; e-mail: prokhorenko@kpi.kharkov.ua.

Prohorenko Andrey Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor Department of Internal combustion engines NTU «KhPI»; tel.: (057) 707-68-48; e-mail: prokhorenko@kpi.kharkov.ua.