

УДК 621.436.12

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНОЙ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Голомонов Борис Дмитриевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, braunbar-ru@yandex.ru

Дунин Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, a.u.dunin@yandex.ru.

Аннотация. В настоящее время для дизелей устанавливаются экологические нормы, которые в зависимости от их назначения различаются как по количеству нормируемых токсичных компонентов, так и по их предельно допустимым уровням. Выполнение действующих требований на содержание токсичных веществ в отработавших газах дизеля при обеспечении требуемого уровня экономических и мощностных показателей связано с организацией совместного управления всеми основными системами энергетической установки. К таким системам относят топливную систему, систему наддува, системы рециркуляции и нейтрализации отработавших газов. Работы последних лет показывают, что дальнейшее совершенствование применяемых на дизелях аккумуляторных топливных систем связано с увеличением давления впрыскивания и управлением формой характеристики впрыскивания. Для анализ влияния давления в топливном аккумуляторе и длительности управляющего импульса на параметры процесса впрыскивания разработана методика определения характеристики впрыскивания с применением камеры МАДИ и учетом волновых явлений, сопровождающих процесс регистрации изменения давления в ней. Исследовано влияние величины давления в топливном аккумуляторе и длительности управляющих импульсов, поступающих на электромагнитный клапан электрогидравлической форсунки на форму переднего фронта характеристики впрыскивания и волновые явления, возникающие в линии высокого давления на выходе из форсунки.

Ключевые слова: дифференциальная характеристика впрыскивания, аккумуляторная топливная система, электрогидравлическая форсунка, камера регистрации характеристики впрыскивания, волновые явления.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE COMMON RAIL FUEL SYSTEM OPERATION MODE ON THE PARAMETERS OF THE FUEL INJECTION PROCESS INTO THE DIESEL COMBUSTION CHAMBER

Golomonov Boris D., student,

MADI, 64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russia, braunbar-ru@yandex.ru

Dunin Andrey Y., Ph. D., associate professor,

MADI, 64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russia, a.u.dunin@yandex.ru

Abstract. Currently, environmental standards are established for diesel engines, which, depending on their purpose, differ both in the number of normalized toxic components and in their maximum permissible levels. The implementation of the current requirements for the content of toxic substances in diesel exhaust gases while ensuring the required level of economic and power indicators is associated with the organization of joint management of all the main systems of the power plant. Such systems include the fuel system, the boost system, the exhaust gas recirculation and neutralization systems. The works of recent years show that further improvement of the common rail fuel systems used on diesels is associated with an increase in the injection pressure and control of the injection rate. To analyze the influence of pressure in the fuel accumulator and the duration of the control pulse on the parameters of the injection process, a method for determining the injection characteristics using the MADI chamber and taking into account the pressure oscillations accompanying the process of registering pressure changes in it has been developed. The influence of the pressure value in the fuel accumulator and the duration of the control pulses arriving at the electromagnetic valve of the common rail injector on the shape of the leading edge of the injection rates and wave phenomena occurring in the high-pressure line at the outlet of the nozzle is investigated.

Key words: injection rate, common rail fuel system, common rail injector, injection rate registration chamber, pressure oscillations.

Введение

Дизели довольно широко используются в качестве энергетических установок для судового, грузового и легкового транспорта. Для улучшения их показателей используются три основные группы решений [1]: совершенствование конструкции топливной системы [2, 3, 4, 5]; установка систем рециркуляции и нейтрализации отработавших газов; применение альтернативных топлив [2, 3, 6].

Топливная система – важнейшая часть двигателя, которая служит для подачи топлива из бака в камеру сгорания. Основные тенденции развития аккумуляторной топливной системы (АТС): повышение давления впрыскивания [4, 5]; обеспечение многократного впрыскивания с управлением передним фронтом характеристики впрыскивания и учетом волновых явлений в линии высокого давления [7]; организация распределения топлива в камере сгорания [2]; обеспечение многотопливности двигателя [2, 3, 6].

Исследовательский стенд для определения дифференциальной характеристики впрыскивания

Дифференциальная характеристика впрыскивания – один из важных показателей процесса впрыскивания топлива в камеру сгорания дизеля. Для ее определения используется исследовательская установка, представленная на рис. 1, где: 1 – электродвигатель; 2 – муфта вала; 3 – топливный насос высокого давления; 4 – станина; 5 – топливный аккумулятор; 6 – датчики давления; 7 – электрогидравлическая форсунка; 8 – преобразователь сигналов управления форсункой; 9 – камера регистрации характеристик впрыскивания; 10 – топливопровод низкого давления; 11 – контрольный манометр; 12 – мерная емкость; 13 – монитор; 14 – компьютер для отслеживания сигналов с датчиков давления и управления топливоподачей; 15 – частотный преобразователь для управления электродвигателем; 16 – система сбора данных; 17 – топливный фильтр; 18 – топливный бак; 19 – датчик температуры.



Рис. 1. Схема исследовательской установки для испытаний аккумуляторной топливной системы дизеля

Температура топлива во время исследований поддерживалась в диапазоне 30...40 °С, для этого была применена система охлаждения топлива, смонтированная на экспериментальной установке. Определение температуры в баке 18 осуществляется через датчик температуры 19.

На рисунке 2 дана схема исследуемой форсунки. Выбор этой конструкции обусловлен ее большой распространенностью в АТС автомобильных дизелей. Распылитель форсунки имеет 8 сопловых отверстий диаметром 0,12 мм.

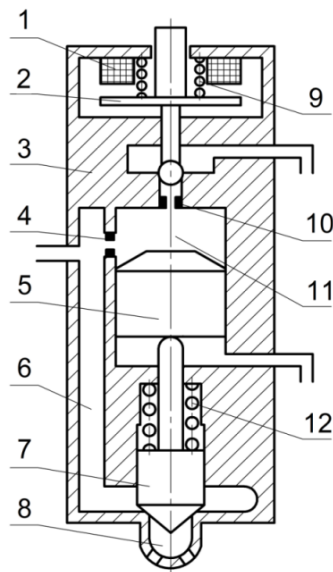


Рис. 2. Схема испытываемой электрогидравлической форсунки:

1 – электромагнит; 2 – управляющий клапан; 3 – корпус форсунки; 4 – наполнительный жиклер; 5 – поршень мультипликатора; 6 – внутренний объем форсунки; 7 – игла распылителя; 8 – подыгольный объем; 9 – пружина управляющего клапана; 10 – выпускной жиклер; 11 – управляющая камера; 12 – пружина иглы

В качестве топлива применена специальная калибровочная жидкость, используемая для испытаний топливной аппаратуры дизелей.

Исследование совместного влияния $p_{ак_су}$ и $\tau_{имп}$ проводилось в условиях однократного впрыскивания топлива при длительности управляющего импульса от 0,3 до 1,3 мс и трех базовых значениях величины давления в топливном аккумуляторе: 50, 150 и 250 МПа.

На изменение противодействия в камере (p_k) положительно влияет поступление топлива из распыливающих отверстий ЭГФ и отрицательно – отток топлива через жиклер, установленный на выходе из камеры перед линией слива (рис. 3).

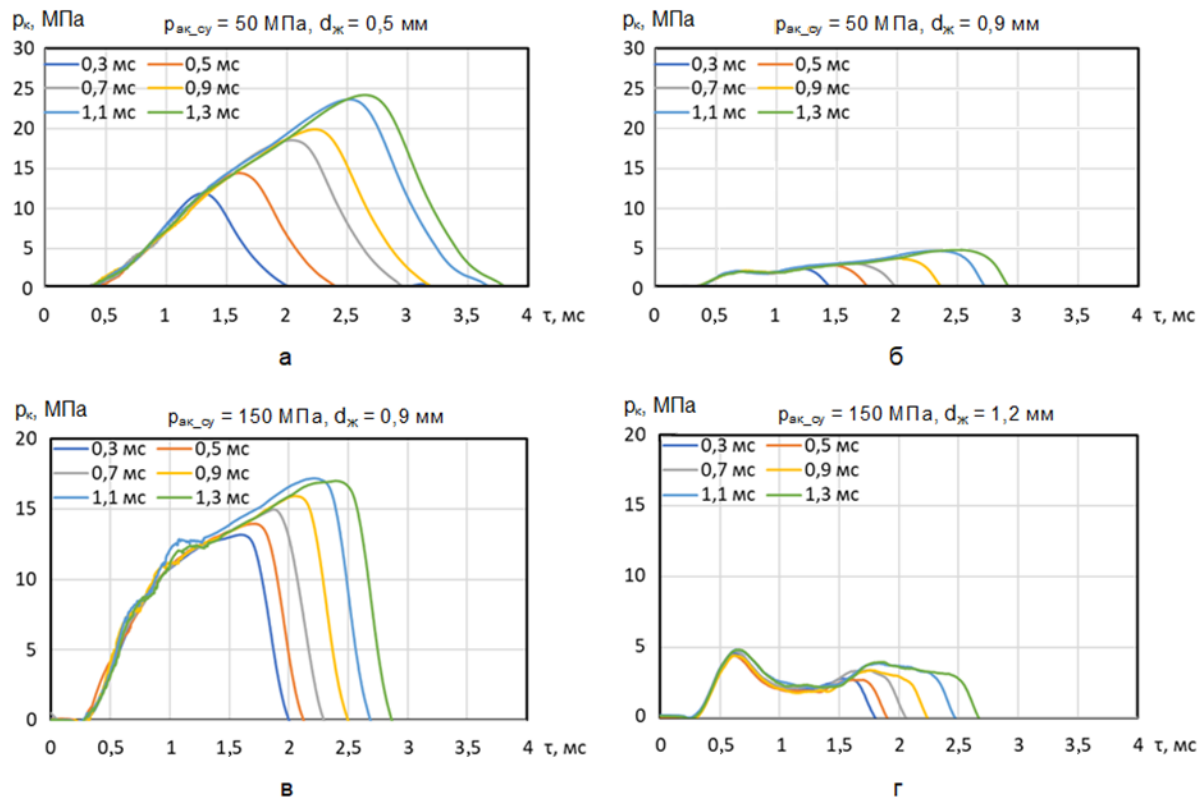


Рис. 3. Изменение давления p_k в камере регистрации характеристик в зависимости от диаметра жиклера

В свою очередь, на скорость свободного истечения топлива через жиклер оказывает влияние эффективное проходное сечение жиклера с диаметром канала $d_{ж}$, а также перепад давления между текущими значениями p_k и давления в линии слива, определяемого регулировкой обратного клапана, установленного на ее конце (рис. 3).

С увеличением диаметра $d_{ж}$ возрастает скорость истечения топлива из камеры, и величина p_k в процессе впрыскивания становится ниже. Возрастание уровня давления в топливном аккумуляторе ($p_{ак_су}$) увеличивает среднюю скорость истечения топлива из распыливающих отверстий, что повышает p_k .

Значения p_k характерна для подачи топлива в конце процесса сжатия для различных дизелей и режимов их работы. Таким образом, противодействие (p_k) в цилиндре оказывает весьма малое влияние на

истечение топлива из распыливающих отверстий, однако чрезвычайно значимо для последующего развития струи в объеме камеры сгорания.

Анализируя результаты экспериментов, а именно повышения давления с 50 до 250 МПа, при одинаковом времени управляющего импульса (например 0,7 мс) (рис. 4), заметно, что увеличение $p_{ак_су}$ приводит к увеличению крутизны переднего фронта дифференциальной характеристики впрыскивания с переносом максимального значения dQ/dt (количества подаваемого топлива в единицу времени) ближе к началу топливopодачи.

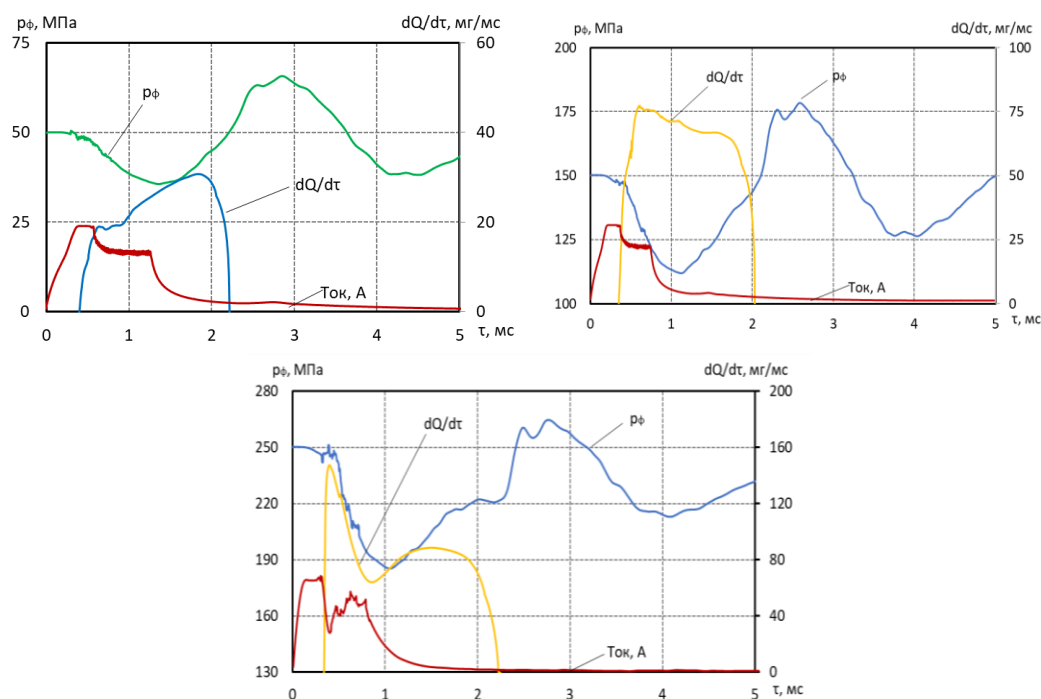


Рис. 4. Давление у штуцера форсунки и дифференциальная характеристика впрыскивания dQ/dt ($p_{ак_су} = 50; 150; 250$ МПа; $\tau_{имп} = 0,7$ мс)

Выводы

Управление $p_{ак_су}$ – значимый параметр для воздействия на форму характеристики впрыскивания и перераспределению количества

подаваемого топлива между начальной и конечной фазами впрыскивания наряду с изменением длительности впрыскивания.

Список литературы

1. Алексеев, И.В. Двигатели автотракторной техники: учебник / И.В. Алексеев, К.А. Морозов, Ю.В. Горшков, С.А. Пришвин, В.В. Синявский, А.Ю. Дунин, А.Л. Яковенко, С.Д. Скороделов, М.Г. Шатров; под. ред. М.Г. Шатрова. – М.: КНОРУС, 2016. – 400 с
2. Мальчук, В. И. Топливоподача и зональное смесеобразование в дизелях / В. И. Мальчук. – Москва: МАДИ, 2009. – 176 с.
3. Дунин, А.Ю. Совершенствование системы совместной подачи двух топлив в камеру сгорания дизеля через одну форсунку / А.Ю. Дунин: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – М., 2006.
4. Wloka, J. A. Injection Spray Visualization for 3000bar Diesel Injection / J. A. Wloka, C. Pötsch, G. Wachtmeister // ILASS – Europe 2011, 24th European conference on liquid atomization and spray systems, Estoril, Portugal, September 2011. – 2011. – 10 p.
5. Vera-Tudela, W. An experimental study of a very high-pressure diesel injector (up to 5000 bar) by means of optical diagnostics / W. Vera-Tudela, R. Haefeli, C. Barro, B. Schneider, K. Boulouchos // Fuel. – 2020. – Vol. 275. – P. 117933.
6. Дунин, А.Ю. Влияние состава топлива на основе масел растительного происхождения на режим работы электрогидравлической форсунки / А.Ю. Дунин, Е.В. Горбачевский, П.В. Душкин, Л.Н. Голубков, И.Е. Иванов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2017. – № 4(58). – С. 48-58.
7. Catania, A. E. Parametric study of hydraulic layout effects on common-rail multiple injections / A. E. Catania, A. Ferrari, M. Manno // Fall Technical Conference of the ASME ICED. – 2005. Paper No. ICEF 2005-1288. – P. 1288.

References

1. Alekseev I.V., Morozov K.A., Gorshkov Y.V., Prishvin S.A., Sinyavsky V.V., Dunin A.Y., Yakovenko A.L., Skorodelov S.D., Shatrov M.G. *Dvigateli avtotraktornoj tekhniki* (Engines of automotive equipment), Moscow, KNORUS, 2016, 400 p.
2. Malchuk V.I. *Toplivopodacha i zonal'noe smeseobrazovanie v dizelyax* (Fuel supply and zonal mixing in diesel engines), Moscow, MADI, 2009, 176 p.
3. Dunin A.Y. *Sovershenstvovanie sistemy`sovmestnoj podachi dvux topliv v kameru sgoraniya dizelya cherez odnu forsunku* (Improvement of the system of joint supply of two fuels to the diesel combustion chamber through one nozzle), PhD thesis, Moscow, MADI, 2006, 196 p.

4. Wloka J. A., Pötsch C., Wachtmeister G. Injection Spray Visualization for 3000bar Diesel Injection // ILASS – Europe 2011, 24th European conference on liquid atomization and spray systems, Estoril, Portugal, September 2011. – 2011. – 10 p.
5. Vera-Tudela W., Haefeli R., Barro C., Schneider B., Boulouchos K. An experimental study of a very high-pressure diesel injector (up to 5000 bar) by means of optical diagnostics // Fuel. – 2020. – Vol. 275. – pp. 117933.
6. Dunin A.Y., Gorbachevsky E.V., Dushkin P.V., Golubkov L.N., Ivanov I.E. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2017, no. 4(58), pp. 48-58.
7. Catania A.E., Ferrari A., Manno M. Parametric study of hydraulic layout effects on common-rail multiple injections // Fall Technical Conference of the ASME ICED. – 2005. Paper No. ICEF 2005-1288. – pp. 1288.

Рецензент: А.Л. Яковенко, канд. техн. наук, доц., МАДИ