

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И МОТОРНЫХ СВОЙСТВ ТОПЛИВА

Н.Н. Патрахальцев, С.В. Страшнов,
Б.А. Корнев, И.С. Мельник

Кафедра теплотехники и тепловых двигателей
Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В работе рассмотрена проблема регулирования рабочего процесса дизеля оперативным (т.е. во время работы двигателя) изменением состава топлива. Состав топлива при этом меняется за счет добавки к основному дизельному топливу различных альтернативных топлив, горючих и негорючих веществ, различных присадок. Для реализации метода применяется система топливоподачи с регулированием начального давления топлива (РНД)

Ключевые слова: дизель, характеристики дизеля, альтернативные топлива, система подачи альтернативных топлив, снижение дымности и токсичности выбросов.

К традиционным методам регулирования рабочего процесса дизеля относятся: изменение углов начала топливоподачи, характеристик впрыскивания топлива; изменение фаз газообмена, вихревого движения заряда в цилиндре, параметров наддувочного воздуха, теплового состояния двигателя; изменение степени сжатия, рабочего объема двигателя и т.д. Метод регулирования дизеля изменением физико-химических и моторных свойств топлива пока значительного применения на практике не нашел прежде всего из-за сложности технических средств для его реализации (далее этот метод для сокращения будем называть методом физико-химического регулирования, ФХР). Существо метода заключается в том, что состав топлива изменяют непосредственно во время работы двигателя.

В определенной степени такой метод можно применить к работе газодизеля со смешанным или внутренним смесеобразованием по газовому и жидкому (запальному) топливам. Смена свойств топлива происходит в ряде судовых или стационарных дизелей, когда двигатель запускается и начинает работать на сравнительно легком дизельном топливе, а после прогрева двигателя дизельное топливо замещают основным — тяжелым топливом, причем во время работы двигателя.

Известные случаи работы дизеля на различных смесевых топливах (например, заранее подготовленные смеси тяжелого и более легкого топлив, заранее подготовленные водо-топливные или спирто-топливные эмульсии, смеси топлива с различными горючими и негорючими, присадками и т.д.) нельзя распространить на выполнение функций регулирования рабочего процесса дизеля именно из-за невозможности менять состав топлива во время работы двигателя.

Метод ФХР в определенной степени можно применить с помощью двойной системы топливоподачи, а также путем ввода добавок на линии низкого давления топлива. Однако в первом случае чрезвычайно возрастает сложность топлив-

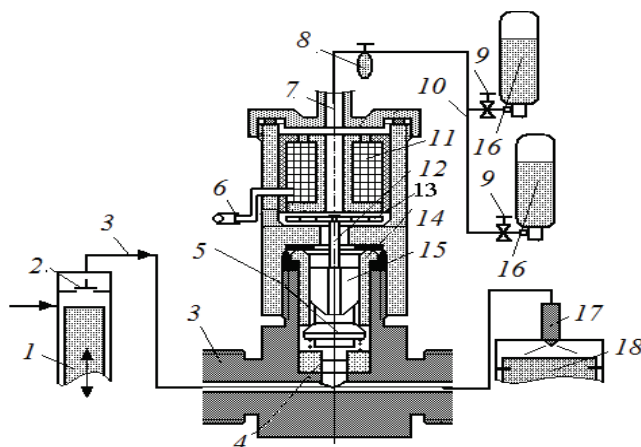
ной системы, а во втором увеличивается инерционность процессов замещения топлив.

Достоинством метода ввода добавки в само топливо вблизи форсунки является возможность совершенствования процесса топливоподачи, улучшения характеристик распыливания и распределения топлива по камере сгорания, а также высокое быстродействие смены состава топлива. Иначе говоря, метод ФХР становится таковым лишь в случаях, когда по своему быстродействию, по своим временным параметрам он может быть сравним с параметрами автоматического регулирования двигателя, например частоты вращения. Следовательно, топливная система, обеспечивающая реализацию метода ФХР, т.е. изменение состава топлива во время работы, должна обладать достаточно высоким быстродействием.

К числу таких систем относится ряд разработок МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАДИ-ГТУ, а также РУДН [1]. Результаты разработки, исследования и экспериментального применения таких на развернутых дизелях приведены в работах [2; 3] и др.

Сущность работы систем этого типа заключается в следующем. С помощью различных клапанов, распределителей различные добавки, присадки вводятся в линии высокого давления топливных систем в максимальной близости к форсунке, где они смешиваются с основным топливом, а затем впрыскиваются штатной форсункой обычным порядком в цилиндры двигателя в виде смесей, растворов, эмульсий.

Схема такой аппаратуры показана на рис. 1. Система работает следующим образом. При отсечке подачи топлива, когда нагнетательный клапан 2 штатного ТНВД 1 при посадке в седло своим разгрузочным пояском формирует в ЛВД 3 волну пониженного давления (или даже разрежения), клапан РНД 5 открывается благодаря возникающему перепаду давления на нем, и добавка из емкости 16 поступает в ЛВД 3.



Система подачи добавок в дизельное топливо для реализации метода физико-химического регулирования:

- 1 — ТНВД; 2 — нагнетательный клапан ТНВД; 3 — линия высокого давления; 4 — ограничитель хода клапана РНД; 5 — клапан РНД; 6 — питание электромагнитной катушки; 7 — ввод добавки, 8 — фильтр; 9 — вентиль; 10 — линия подвода добавки; 11 — электромагнитная катушка; 12 — шток; 13 — магнитная пластина, 14 — седло клапана РНД, 15 — направляющий хвостовик, 16 — баллоны с добавками, 17 — форсунка закрытого типа, 18 — дизель

В ЛВД у форсунки добавка или присадка смешивается с основным дизельным топливом (ДТ), создавая смесевое топливо, которое в очередных циклах топливоподачи обычным порядком впрыскивается штатной форсункой 17 в цилиндр дизеля 18. Для прекращения подачи добавки на режимах, когда эта подача не эффективна, не желательна, подают электропитание на электромагнитную катушку 11. В результате магнитная пластина 13 притягивается к электромагниту и за шток 12 удерживает клапан РНД 5 в закрытом состоянии. Подача добавки прекращается. Осциллограммы на рис. 2 разъясняют работу системы с управляемым клапаном РНД.

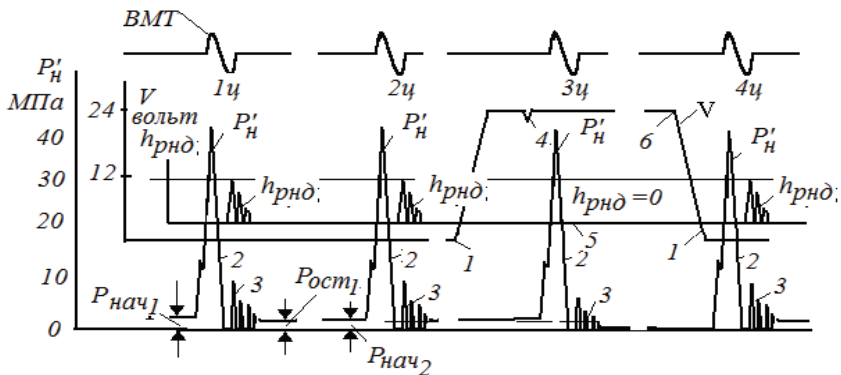


Рис. 2. Схемы осциллограмм, разъясняющих работу выключателя ввода добавки в дизельное топливо в линии высокого давления (ЛВД) системы топливоподачи:

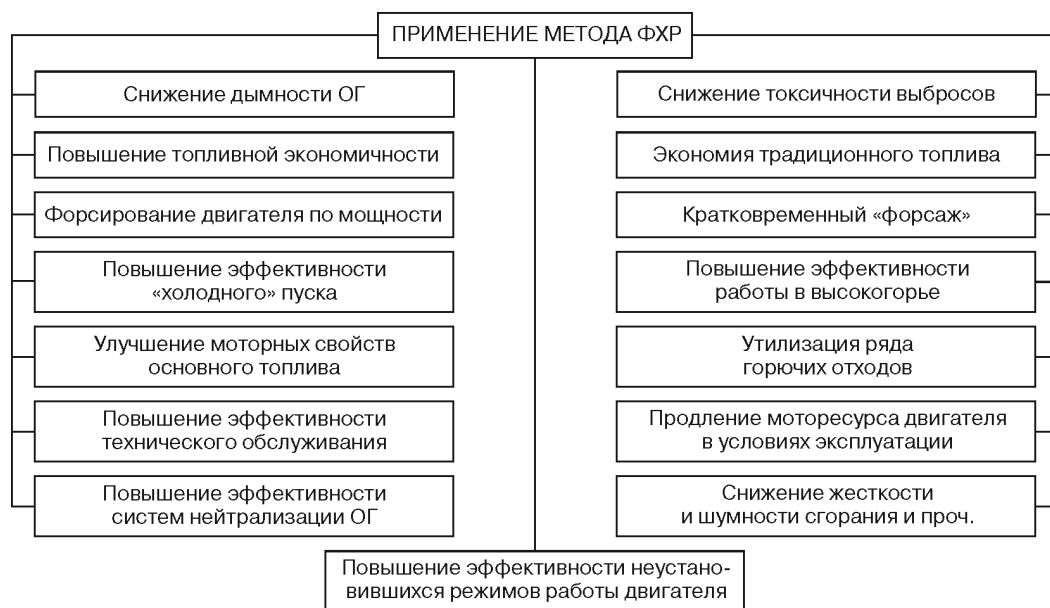
$P'_н$ — давление топлива в штуцере штатного ТНВД; $h_{рнд}$ — ход клапана РНД; V — напряжение питания электромагнитной катушки (11 на рис. 1); 1ц, 2ц, ... 4ц — номера последовательности циклов работы топливной системы; $P_{нач1}$, $P_{нач2}$ — начальные давления топлива в последовательных циклах 1, 2; $P_{ост1}$ — остаточное давление в ЛВД после первого цикла топливоподачи; 1 — изменение напряжения электропитания электромагнитной катушки; 2 — осциллограммы давления топлива в штуцере штатного топливного насоса; 3 — волновой процесс при отсечке подачи; 4 — момент притяжения магнитной пластины (13 на рис. 1) к электромагнитной катушке (11 на рис. 1); 5 — пропуск открытия клапана РНД; 6 — выключение питания электромагнита

Исследование показало, что переходный процесс замещения в каналах форсунки дизельного топлива смесевым составляет 3... 5 циклов.

Исследования проведены методом сравнительного анализа протекания процессов при работе на чистом дизельном топливе (ДТ) и топливе с разными добавками. В качестве добавок к ДТ использованы этанол, бензин А-76, легкие синтетические парафиновые (C_nH_{2n}) углеводороды (ЛСПУ), вода, водные растворы ряда веществ, обладающих каталитическим действием (неорганические, нерастворимые в углеводородном топливе соли ряда металлов, например $BaCl_2$, как антидымная присадка), аммиак, сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан), количество которых варьировалось до 50% от всей цикловой подачи топлива. Кроме того, проведено исследование возможности воздействия на протекание рабочего процесса дизеля растворением в топливе воздуха и природного газа, подаваемых в ЛВД через клапан РНД в количестве до 30% (объемных).

Итак, добавка к основному дизельному топливу ряда альтернативных топлив или даже негорючих веществ способствует снижению дымности ОГ, а в результате

создает возможность форсирования дизеля по составу смеси без превышения установленного заводом — изготовителем предела дымления. Уже сейчас можно перечислить основные цели (рис. 3), достижение которых возможно регулированием рабочего процесса двигателя изменением физико-химических свойств топлива.



Схематическое представление основных целей, достижение которых возможно методом «физико-химического» регулирования

Важнейшими целями являются форсирование, «форсаж», холодный пуск дизеля, совершенствование неустановившихся режимов.

Таким образом, метод физико-химического регулирования реализуется благодаря оперативному изменению состава топлива, т.е. благодаря возможности быстрой замены одного топлива другим, быстрого изменения количества дополнительно вводимого топлива или другой добавки.

При добавке к дизельному топливу сжиженного нефтяного газа или спирта, или диметилэфира, или растворов каталитически активных веществ (например, хлорида бария $BaCl_2$) происходит снижение дымности ОГ. Считая, что форсирование по составу смеси, а значит, и по мощности, ограничено установленным для дизеля пределом дымления, можно форсировать двигатель по составу горючей смеси α , не превышая этого предела. Если ограничением является как дымность, так и теплонапряженность, то следует выбирать, например, водные растворы для использования принципов внутреннего охлаждения. Разъяснение этого положения приведено с использованием нагрузочной характеристики дизеля ЯМЗ-238 (рис. 4).

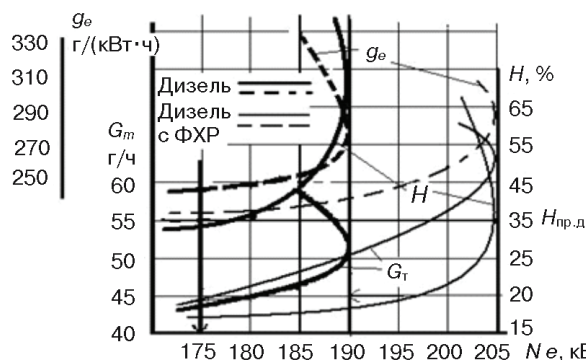


Рис. 4. Нагрузочная характеристика дизеля 8Ч113/14 в дизельном исполнении и при регулировании изменением физико-химических свойств топлива добавкой к нему сжиженного пропана — бутана:

N_e — эффективная мощность; g_e — эффективный удельный расход топлива; G_t — часовой расход топлива; H — дымность по Хартриджу; пр. д — предел дымления

До начала реализации известной перспективы использования альтернативных топлив вместо традиционных нефтяных практическое использование метода и реализующих его средств обеспечивает получение соответствующего практического опыта работы на альтернативных топливах, необходимого для повышения эффективности перспективного использования новых видов топлив.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Патрахальцев Н.Н. Неустановившиеся режимы работы двигателей внутреннего сгорания: Монография. — М.: Изд-во РУДН, 2009.
- [2] Патрахальцев Н.Н., Эммиль М.В. Регулирование дизеля изменением физико-химических свойств топлива // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2000. — № 1. — С. 40—44.
- [3] Патрахальцев Н.Н., Горбунов В.В., Казначевский В.Л. Корректирование внешней скоростной характеристики дизеля добавкой сжиженного топливного пропана — бутана (СПБТ) к основному топливу // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2004. — № 1. — С. 48—51.

REGULATION OF DIESEL BY VARIATION OF PHYSICAL-CHEMICAL AND MOTOR PROPERTIES OF FUEL

N.N. Patrakhaltsev, S.V. Strashnov,
B.A. Kornev, I.S. Melnik

The Department of Heat Engineering and Heat Engines
Engineering Faculty

People's Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

There are examined a problem of diesel regulation by variation of physical-chemical and motor properties of fuel during the working process of engine. The composition of fuel is changed by addition some alternative fuels and other additives to base diesel fuel. The method is realized by using of fuel system with regulation of initial fuel pressure.

Key words: diesel, characteristics of diesel, alternative fuels, fuel systems, reduction of soot and toxic components in exhaust gases.