

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЯВЛЕНИЯХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПРОЦЕССЫ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ И СГОРАНИЯ В ДИЗЕЛЯХ

О.Н. Лебедев, Г.С. Юр

Согласно современным представлениям о механизме рабочего процесса в камере сгорания дизелей, при впрыскивании топлива в цилиндр происходят следующие физические явления [1, 2, 3, 4, 5, 6 и др.]:

- распыливание жидкого горючего;
- распределение капель топлива по объему камеры сгорания;
- тепломассообмен капель топлива по объему камеры сгорания;
- образование паровоздушной смеси и подготовка ее к самовоспламенению.

Описанный механизм смесеобразования не может объяснить получение вполне удовлетворительных экономических (расход топлива) и экологических показателей современных дизелей, т.к. время, отпускаемое на эти процессы, чрезвычайно мало (особенно у ВОД). В связи с этим определенным интересом представляет возможность газификации топлива при его впрыскивании в цилиндр дизеля.

Процессы деструкции и газификации сложных углеводородных соединений, входящих в состав моторных топлив при смесеобразовании, до настоящего времени не рассматривались. Это объясняется тем, что эффективное термическое разложение жидких углеводородов наблюдается только в условиях процесса пиролиза, который осуществляется при температурах свыше 700 °С. Так, термическая деструкция алканов с заметной скоростью протекает при температуре свыше 1000 °С [7], а для газификации моторных топлив в термических газогенераторах необходимо иметь температуру 1200-1500 °С [8].

В камерах сгорания дизелей в процессе смесеобразования температура воздушного заряда с учетом потерь теплоты на испарение топлива и теплообмен со стенками не превышает 500-700 °С. Более того, согласно исследованиям [2, 9 и др.], температура в ядре испарившейся топливной струи снижается на 250-300 °С.

Однако при впрыскивании топлива в цилиндр дизеля многими исследователями [10, 11, 12 и др.] наблюдалось явление кавитации. Как известно [13], при этом происходит резкое локальное увеличение температуры, давления и имеют место процессы, тождественные состоянию низкотемпературной плазмы [14]. Следовательно, возможны процессы разрыва водородно-углеродных молекулярных связей, что подтверждается исследованиями [15], в которых в результате кавитационной обработки различных жидких углеводородов, получены газообразные продукты – водород, метан и др.

Все эти данные позволяют считать, что в процессе смесеобразования в дизелях также имеет место газификация топлива. Для проверки этого предположения был проведен специальный эксперимент. Принципиальная схема опытной установки показана на рис. 1.

Работала установка следующим образом. Дизельное топливо, характеристики которого приведены в табл. 1, из мерной емкости 1 подавалось в насос высокого давления 2, который приводился в действие электродвигателем 3. Затем через форсунку 4, имеющую центральное распыливающее отверстие диаметром 0,25 мм, топливо впрыскивалось в корпус испарителя 5, в котором смонтирован электрический нагреватель 6. Напряжение на клеммах нагревателя регулировалось автотрансформатором 7.

Отбор неиспарившейся жидкой фазы (слив продукта) осуществлялся по патрубку А, а парогазовая смесь по патрубку Б направлялась в холодильник 8, который снабжен медным змеевиком и патрубками для подвода (Г) и отвода (Д) охлаждающей воды.

Температура воды в холодильнике измерялась ртутным термометром. Температура газа внутри корпуса реактора контролировалась хромель-алюмеливой термопарой 9 при помощи потенциометра 10. Давление газа в корпусе реактора – манометром 12.

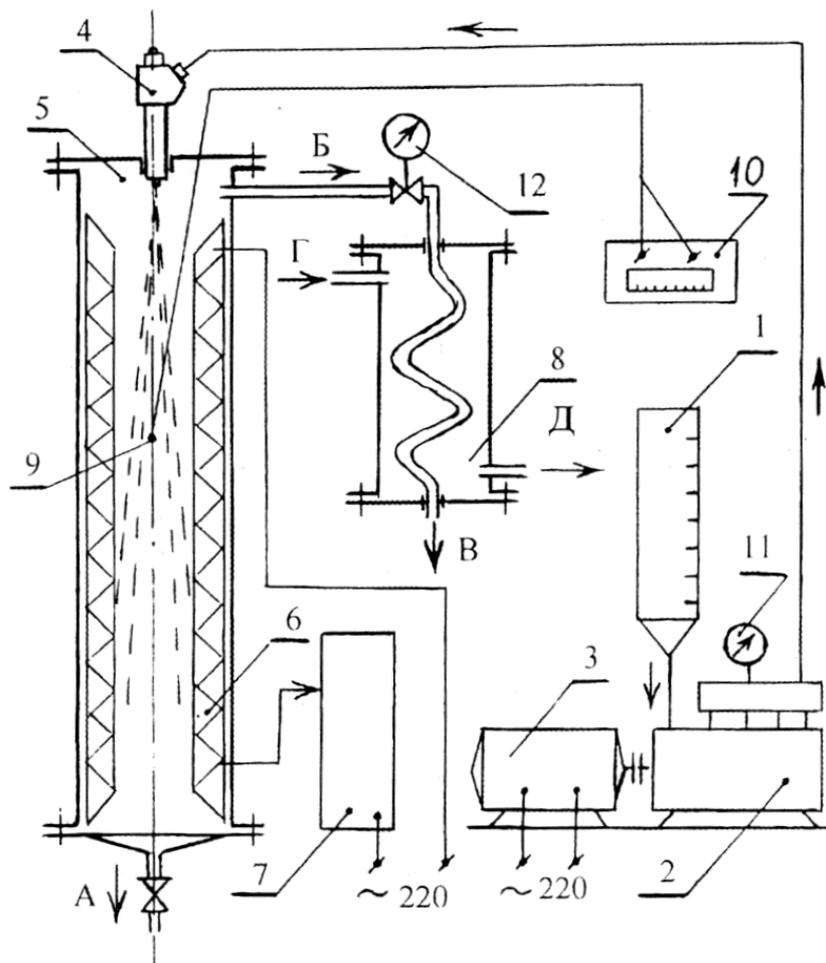


Рис. 1 Принципиальная схема экспериментальной установки

Таблица 1
Основные физико-химические показатели дизельного топлива «Л» ГОСТ 305-82

№	Параметры	Значение
1	Фракционный состав (°С)	
	начало кипения	176
	10 % перегоняется	220
	50 % перегоняется	274
	90 % перегоняется	336
	конец кипения	365
2	Кинематическая вязкость при 20 °С (сСт)	4,9
3	Молекулярная масса	217
4	Групповой углеводородный состав, (%)	
	Алканы	45,1
	Цикланы	36,9
	Ароматики	18
5	Содержание фактических смол (мг на 100 мл топлива)	30
6	Плотность, (г/см ³)	0,838

После окончания каждого опыта проводились измерения количества неиспарившегося топлива (слив) и конденсата, поступившего из холодильника. В табл. 2 приведены результаты этих измерений.

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЯВЛЕНИЯХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ
ПРОЦЕССЫ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ И СГОРАНИЯ В ДИЗЕЛЯХ

Таблица 2

Состав продуктов, полученных в процессе газификации 200 мл дизельного топлива

Компонент	Количество	
	мл	% от первоначального объема
Конденсат	5	2,5
Слив	16	8
Синтез-газ	–	89,5

Газообразные продукты из испарителя отбирались по патрубку В в специальную емкость и направлялись на хроматографический анализ, который проводился в химической лаборатории Института Катализа СО РАН на приборе ЛХМ-8МД. Полученные хроматограммы обрабатывались на компьютере по специальной программе. Результаты этих исследований приведены в табл. 3.

Из табл. 2 видно, что при температуре газовой среды в реакторной зоне, равной 600 °С, и при давлении впрыскивания дизельного топлива, равном 16,0 МПа, в газообразное состояние перешло 89,5 % поданного за опыт топлива.

Проведенный эксперимент убедительно доказывает, что при впрыскивании топлива под высоким давлением при помощи дизельной форсунки в камерах сгорания дизельных двигателей имеют место процессы деструкции жидких углеводородов и их интенсивная газификация. Новизна полученных результатов подтверждена дипломом на научное открытие [16]: Материалы последнего позволяют пересмотреть сложившиеся представления о процессе смесеобразования в дизелях и создавать новую, более современную теорию этого сложнейшего физического процесса.

Таблица 3

Компонентный состав пробы газа, полученной в процессе испарения распыленного топлива, в : молей и в : массы без N₂, CO, CO₂

№	Компонент	% mol	% массы
1	Водород (H ₂)	1,882	0,104
2	Метан (CH ₄)	5,291	2,348
3	Этан (C ₂ H ₆)	19,827	16,496
4	Этилен (C ₂ H ₄)	34,314	26,647
5	Пропан (C ₃ H ₈)	2,788	3,402
6	Пропилен (C ₃ H ₆)	21,789	25,380
7	Изобутан (C ₄ H ₁₀)	0,113	0,181
8	Бутан (C ₄ H ₁₀)	0,227	0,365
9	Бутилен (C ₄ H ₈)	7,399	11,492
10	Изопентан (C ₅ H ₁₀)	1,793	3,590
11	н. Пентен (C ₅ H ₁₀)	0,010	0,020
12	Пентен (C ₅ H ₁₀)	2,292	4,450
13	Изогексаны (C ₆ H ₁₄)	0,383	0,914
14	н. Гексан (C ₆ H ₁₄)	0,142	0,338
15	Гексены (C ₆ H ₁₂)	1,212	2,824
16	Изогептаны (C ₇ H ₁₆)	0,000	0,000
17	н. Гептан (C ₇ H ₁₆)	0,000	0,000
18	Гептены (C ₇ H ₁₄)	0,533	1,449
19	Циклогексан (C ₆ H ₁₂)	0,000	0,000
20	Изооктаны (C ₈ H ₁₈)	0,000	0,000
21	н. Октан (C ₈ H ₁₈)	0,000	0,000
	Всего	100,000	99,896

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 373 с.
2. Свиридов Ю.Б. Смесеобразование и сгорание в дизелях. – Л.: Машиностроение, 1972. – 220 с.
3. Ивин В.И., Будкин А.Ю. (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва). Модель смесеобразования и сгорания в дизеле. Двигатель-97. Материалы международной научно-технической конференции. МГТУ, Москва, 1997. –С.21-22.
4. Разлейцев Н.Ф., ХПИ, г. Харьков, (Украина), Кулешов А.С. (МГТУ им Баумана, г. Москва). Математическая модель смесеобразования и сгорания в дизелях. Двигатель-97. Материалы международной научно-технической конференции. МГТУ, Москва, 1997. – С.27.
5. Zhu G.S., Reitz R.D. Engine fuel droplet high-pressure vaporization modeling. Trans. ASME. J.Eng.Gas Turbines and Power. 2001. 123, N2, p.412-418.
6. An Byeongil, DaishoYasnhiro. Nihon Kikai gakkai ronbunshu. V=Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. B. 2001. 67, N664, p.3169-3174.
7. Химия нефти и газа / Под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. – Л.:Химия, 1989. – 424 с.
8. Смаль Ф.ВВ., Арсенов Е.Е. Перспективные топлива для автомобилей. – М.: Транспорт, 1979. – 151 с.
9. Лебедев О.Н., Чирков С.Н. Теоретические основы процессов смесеобразования в дизелях. Новосибирск. НГАВТ. 1999. – 370 с.
10. Ульянов И.Г. О внутриканальном распаде при распыливании топлива. Изв. АН СССР ОТН, 1954, №8, -С. 3-12.
11. Кутовой В.А. Впрыск топлива в дизелях. – М.: Машиностроение, 1981. –118 с.
12. Tamaki Nobushig, Nislida Keiya, Shimizi Massanori, Hiroyasu Hiroyuki // Nihon Kikai gakkai ronbunshi. V=Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. B. –1977. –63. N613. p. 3144-3149.
13. Перник А.Д. Проблемы кавитации. – Л.: Судостроение. 1966, -439 с.
14. Зубрилов С.П., Селиверстов В.М., Браславский М.И. Ультразвуковая кавитационная обработка топлива на судах. – Л.: Судостроение, 1988. – 80 с.
15. Wilcox R., Tate R. Liquid atomization in high intensity sound field. – Alche Journ. 1965. Vol. 11, N1. p. 17-31.
16. Лебедев О.Н., Юр Г.С. Явление газификации жидкого углеводородного топлива в объеме газовой среды, Диплом №227 на научное открытие, М., 17 марта 2003.