

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА СУРРОГАТНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАРОЖДЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ САЖИ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ*

Г. Л. Агафонов¹, П. А. Власов², О. Б. Рябиков³, В. Н. Смирнов⁴

Аннотация: Методом детального кинетического моделирования (ДКМ) исследовано влияние молекулярной структуры различных суррогатных углеводородных топлив на особенности начальной фазы процесса образования частиц сажи и величину задержки воспламенения в дизеле. Более легкие углеводороды (УВ) в модели представляет *n*-гептан ($n\text{-C}_7\text{H}_{16}$), а более тяжелые — гексадекан ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$). Класс нафтенов (циклоалканов) представляют декалин ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}$) и тетралин ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}$). На первом этапе исследовали влияние указанных выше УВ, вводимых по отдельности в базовое топливо. В качестве базового топлива использовались смеси *n*-гептана и гексадекана. Для него предварительно были рассчитаны величины выхода частиц образующейся сажи, периоды задержки воспламенения (ПЗВ), температуры и давления в виртуальной камере сгорания (КС) в положении, близком к верхней мертвой точке (ВМТ) поршня. Затем в исходную смесь поочередно вводились все испытываемые УВ различных химических классов и подклассов, чтобы определить индивидуальную активность по отношению к фазам зарождения и формирования твердых частиц сажи (ТЧ) (или заметной индифферентности). При добавлении ароматических УВ (бензола, нафталина и антрацена) зависимость задержки от концентрации добавки носит сложный нелинейный характер. С ростом концентрации добавки задержка воспламенения смеси базового топлива с добавкой нафталина уменьшается по сравнению с другими добавляемыми ароматическими УВ, при этом количество сажи, как правило, увеличивается. Более тяжелый ароматический УВ вызывает большее увеличение выхода частиц сажи. На втором этапе составлялись варианты суррогатных топлив для определения синергетического эффекта влияния вводимых в базовое топливо УВ (нафтенов, ароматических УВ и олефинов). Результаты численных экспериментов на данном этапе показали, что при раздельном введении указанных УВ в базовую смесь увеличение концентрации вводимых нафтенов заметно увеличивает содержание частиц сажи, но при этом уменьшает задержку воспламенения смеси. Такого рода численное моделирование позволяет наметить пути создания малотоксичных (по содержанию частиц сажи) суррогатных дизельных топлив (ДТ).

Ключевые слова: кинетика воспламенения; кинетика сажеобразования; численное моделирование; суррогатные дизельные топлива; добавки нафтеновых, ароматических и олефиновых углеводородов; снижение сажеобразования

DOI: 10.30826/CE18110304

Литература

1. *Stöber W.* On the health hazards of particulate Diesel engine exhaust emissions. SAE Paper No. 871988. 1987.
2. *Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.* Токсичность отработавших газов дизелей. — 2-е изд., перераб., доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 376 с.
3. *Свиридов Ю. Б.* Смесеобразование и сгорание в дизелях. — Л.: Машиностроение, 1972. 224 с.
4. *Рябиков О. Б., Сайкин А. М., Журавлев В. Н., Иванов В. К., Яблоков В. Б.* Исследование особенностей развития факела и сгорания топлива расширенного фракционного состава в дизелях АМЗ // Повышение экономичности тракторных и комбайновых двигателей: Тр. НПО ЦНИТА, 1987. Т. 43. С. 40–52.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Российской академии наук на 2013–2010 гг. по теме ИХФ РАН № 47.16. Номер темы ФАНО 0082-2014-0004. Номер Государственной регистрации ЦИТИС: АААА-А17-117040610283-3.

¹Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, agafonov@chph.ras.ru

²Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», iz@chph.ras.ru

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный Институт высоких температур Российской академии наук, butnami@front.ru

⁴Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vns1951@yandex.ru

5. Рябиков О. Б., Павлович Л. М., Пономарев Е. Г., Кушнер А. Ф. Особенности работы тракторного дизеля с неразделенной камерой сгорания, имеющей турбулизирующие кромки // Двигателестроение, 1989. Т. 10. С. 3–5.
6. Васильева Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы. — М.: Наука-Пресс, 2003. 421 с.
7. Агафонов Г. Л., Билера И. В., Власов П. А., Колбановский Ю. А., Смирнов В. Н., Тереза А. М. Образование сажи при пиролизе и окислении ацетилена и этилена в ударных волнах // Кинетика и катализ, 2015. Т. 56. № 1. С. 15–35.
8. Агафонов Г. Л., Билера И. В., Власов П. А., Жильцова И. В., Колбановский Ю. А., Смирнов В. Н., Тереза А. М. Единая кинетическая модель сажеобразования при пиролизе и окислении алифатических и ароматических углеводородов в ударных волнах // Кинетика и катализ, 2016. Т. 57. № 5. С. 571–587.
9. Агафонов Г. Л., Власов П. А., Рябиков О. Б. Численное моделирование снижения образования твердых частиц сажи в камере сгорания дизеля // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 3. С. 15–21.
10. Deuflhard P., Wulkow M. Computational treatment of polyreaction kinetics by orthogonal polynomials of a discrete variable // Impact Computing Sci. Eng., 1989. Vol. 1. P. 269–301.
11. Взоров Б. А. Тракторные дизели: Справочник. — М.: Машиностроение, 1981. 535 с.
12. Dec J. E. A conceptual model of DI Diesel combustion based on laser-sheet imaging. SAE Paper 970873, 1997.

Поступила в редакцию 18.01.18