

Рис. 2. Зависимость величины условной начальной энергии активации ДМЭ от массовой доли ДМЭ в смеси топлива

– разработанные модели и методика расчета процесса сгорания в двигателях с воспламенением от сжатия при нестационарном тепло- и массообмене позволяют производить поисковые исследования рабочего цикла НСЦИ двигателей при работе на двухкомпонентном топливе, состоящем из ДМЭ и природного газа, и рабочих процессов других двигателей с воспламенением от сжатия.

Литература:

1. Камалтдинов В.Г. Уточненная методика расчета параметров рабочего тела на пусковых режимах дизеля // Двигателестроение. 2008. №2. С. 31–34.
2. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 232 с.
3. Основы практической теории горения: Учебное пособие / Под ред. В.В. Померанцева. Л.: Энергия, 1973. 263с.
4. HCCI Combustion: Analysis and Experiments / S.M. Aceves, D. Flowers, J. Martinez-Frias et al. // SAE Technical Paper Series. 2001. № 2001-01-2077. P. 1-10.
5. Камалтдинов В.Г., Абелиович Е.В., Терехов А.С. Моделирование процесса сгорания в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением гомогенного заряда от сжатия // Вестник ЮУрГУ. Машиностроение. 2007. Вып. 10. № 25. С. 44–47.
6. Камалтдинов В.Г., Абелиович Е.В. Влияние состава двухкомпонентного топлива на процесс сгорания в двигателе с объемным самовоспламенением от сжатия // Вестник ЮУрГУ. Машиностроение. 2008. Вып. 12. № 23. С. 46–53.
7. Chen Z., Konno M., Oguma M. et al. Experimental Study of CI Natural-Gas / DME Homogeneous Charge Engine // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-0329. P. 1-10.

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА И СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Марков В.А., Стремяков А.В., Мизев К.С. (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
Девянин С.Н. (МГАУ им. В.П. Горячкина), Поздняков Е.Ф. (НЗТА)

Удовлетворение современных жестких требований к показателям топливной экономичности и токсичности отработавших газов (ОГ) дизелей невозможно без дальнейшего совершенствования процессов распыливания топлива и последующе-

го смесеобразования [1,2]. В ряде работ показано, что для повышения качества этих процессов желательно обеспечить высокую турбулизацию потока топлива в проточной части распылителя форсунки [3,4]. Это особенно важно при адаптации дизелей к работе на биотопливах на основе растительных масел, которые по своим физико-химическим свойствам отличаются от свойств стандартного дизельного топлива (ДТ) [5,6]. Одним из способов турбулизации потока топлива в проточной части распылителя форсунки является выполнение дополнительных гидравлических сопротивлений на носке иглы распылителя форсунки. Такими гидравлическими сопротивлениями являются резкие сужения и расширения потока топлива в щели между запорными конусами иглы и седла распылителя, канавки, проточки и уступы, выполненные на носке распылителя. Авторами предложено несколько вариантов выполнения таких местных гидравлических сопротивлений, представленных на рис. 1.

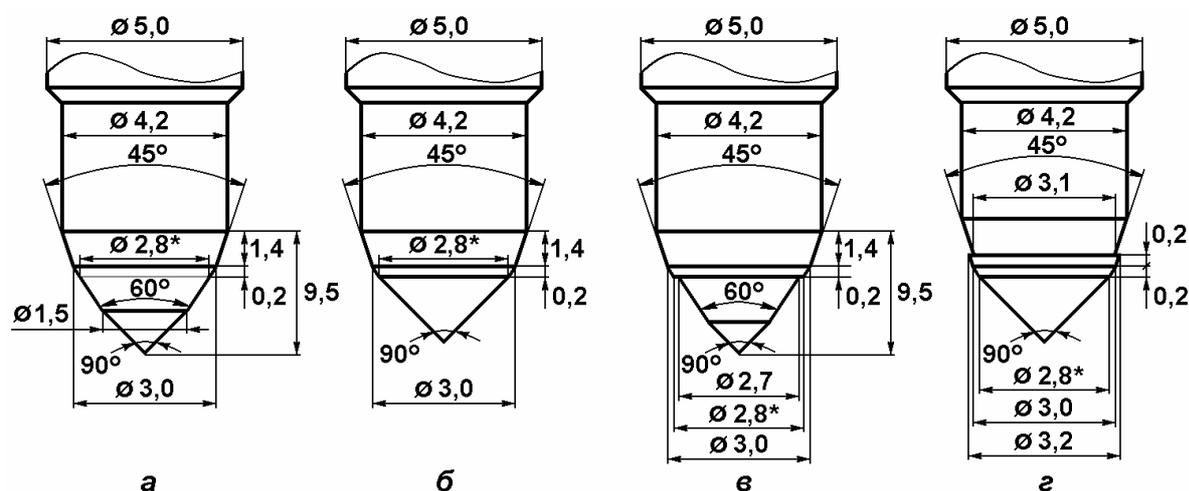


Рис. 1. Конструктивные схемы носка иглы распылителя: *a* – серийный распылитель типа 145; *б* - опытный распылитель по варианту 1; *в* – опытный распылитель по варианту 2; *г* – опытный распылитель по варианту 3

В качестве базового варианта топливоподающей аппаратуры использована серийная аппаратура дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5), включающая форсунку ФДМ-22. В этой форсунке используется распылитель типа 145 производства Ногинского завода топливной аппаратуры (НЗТА). Серийный распылитель типа 145 выполнен с пятью распыливающими отверстиями диаметром $d_p=0,32$ мм, входные кромки которых расположены в колодце распылителя диаметром $d_k=1,2$ мм. Диаметр распыливающих отверстий равен $d_p=0,32$ мм, а суммарная эффективная площадь распылителя в сборе – $\mu_p f_p=0,278$ мм². Конструктивная схема носка иглы серийного распылителя представлена на рис. 1, *a*. Распылитель имеет иглу с диаметром $d_{и}=5,0$ мм (по направляющей) и максимальным ходом $h_{и}=0,26$ мм. Хвостовик распылителя имеет три конусных участка с различными углами этих конусов, равными 45, 60 и 90°. Посадка иглы на седло распылителя осуществляется по диаметру $d_{и}=2,8$ мм, расположенному на участке с углом конуса 60° (на рис. 1 этот диаметр обозначен звездочкой «*»).

Для создания в проточной части распылителя форсунки местных гидравлических сопротивлений изготовлено три комплекта опытных распылителей. В опытном распылителе по варианту № 1 (рис. 1, *б*) произведена подрезка части хвостовика иглы серийного распылителя, расположенной ниже посадочного диаметра $d_{и}=2,8$ мм, под углом конуса 90°. Такая подрезка носка распылителя приводит к

тому, что топливо, протекающее через дросселирующее сечение $\mu_{\text{ш}}f_{\text{ш}}$, далее расширяется более интенсивно, чем в серийном распылителе, в котором ниже посадочного диаметра $d_{\text{п}}=2,8$ мм хвостовик имеет конусную часть с углом конуса 60° .

В опытном распылителе по варианту № 2 (рис. 1, в) конусная часть хвостовика иглы серийного распылителя с углом конуса 60° сточена на 0,1 мм (по диаметру) ниже посадочного диаметра $d_{\text{п}}=2,8$ мм с таким же углом конуса (60°). В результате такой дообработки на хвостовике иглы образуется горизонтальный кольцевой уступ, имеющий наружный и внутренним диаметры 2,8 и 2,7 мм. Опытный распылитель по варианту № 3 (рис. 1, з) получен в результате дообработки опытного распылителя по варианту 1 (рис. 1, б). Эта дообработка заключалась в том, что конусная часть хвостовика иглы с углом конуса 45° сточена на 0,1 мм (по диаметру) выше диаметра $d=3,2$ мм с таким же углом конуса (45°). В результате указанной дообработки на хвостовике иглы образуется горизонтальный кольцевой уступ, имеющий наружный и внутренним диаметры 3,2 и 3,1 мм.

Предварительные безмоторные испытания распылителей на установке единичного впрыскивания показали, что наиболее объемные струи топлива обеспечивает опытный распылитель по варианту № 3.

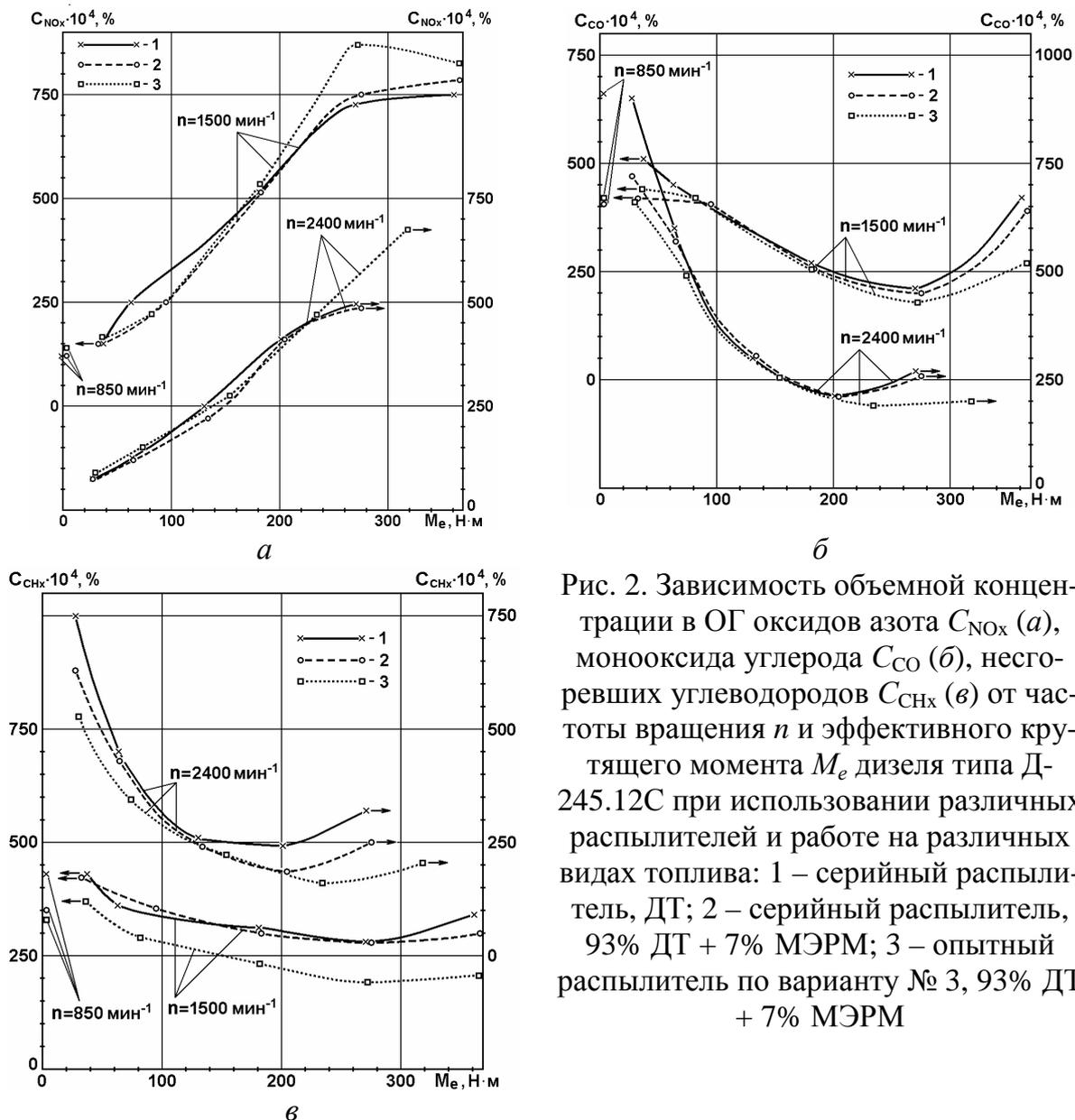


Рис. 2. Зависимость объемной концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (а), монооксида углерода C_{CO} (б), несгоревших углеводородов $C_{\text{СН}_x}$ (в) от частоты вращения n и эффективного крутящего момента M_e дизеля типа Д-245.12С при использовании различных распылителей и работе на различных видах топлива: 1 – серийный распылитель, ДТ; 2 – серийный распылитель, 93% ДТ + 7% МЭРМ; 3 – опытный распылитель по варианту № 3, 93% ДТ + 7% МЭРМ

Для оценки эффективности использования рассмотренных опытных распылителей проведены экспериментальные моторные исследования дизеля типа Д-245.12С. Дизель исследован с установочным углом опережения впрыскивания топлива $\theta=13^\circ$ поворота коленчатого вала до ВМТ и неизменным положением упора дозирующей рейки (упора максимальной подачи топлива). На первом предварительном этапе исследований дизеля типа Д-245.12С с различными распылителями использовалось ДТ, а на втором этапе исследований дизель работал на смеси 93% (объемные доли) ДТ и 7% метилового эфира рапсового масла (МЭРМ).

Испытания показали, что оснащение дизеля типа Д-245.12С опытными распылителями по варианту № 3 и использование смеси 93% ДТ и 7% МЭРМ позволили заметно снизить дымность ОГ по сравнению с базовым вариантом (серийные распылители и работа на ДТ) на всех режимах внешней скоростной характеристики. По результатам экспериментальных исследований дизеля на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла, представленных на рис. 2, рассчитаны интегральные удельные массовые выбросы токсичных компонентов на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла ЕСЕ R49, представленные в таблице. Там же приведены данные по условным (интегральным на режимах указанного цикла) удельному эффективному расходу топлива $g_{\text{усл}}$ и эффективному КПД $\eta_{\text{усл}}$

Таблица. Значения параметров работы дизеля типа Д-245.12С на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла при установке различных распылителей и работе на ДТ и смеси 93% ДТ и 7% МЭРМ

Тип распылителя, вид топлива	Условный удельный эффективный расход топлива $g_{\text{усл}}$, г/(кВт·ч)	Условный удельный эффективный КПД $\eta_{\text{усл}}$	Удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ, г/(кВт·ч)		
			e_{NOx}	e_{CO}	e_{CHx}
Серийный распылитель, ДТ	248,12	0,341	6,610	3,612	1,638
Серийный распылитель, смесь 93% ДТ + 7% МЭРМ	241,98	0,353	6,470	3,027	1,409
Опытный распылитель № 1, смесь 93% ДТ + 7% МЭРМ	246,45	0,346	6,961	2,775	1,110
Опытный распылитель № 2, смесь 93% ДТ + 7% МЭРМ	246,71	0,346	6,310	2,853	1,181
Опытный распылитель № 3, смесь 93% ДТ + 7% МЭРМ	242,70	0,352	7,121	2,522	1,083

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что одновременная установка опытных распылителей по варианту № 3 и использование смесового биотоплива, содержащего 93% ДТ и 7% МЭРМ, позволяет значительно улучшить

показатели токсичности ОГ. Так, удельный массовый выброс монооксида углерода e_{CO} снижается с 3,612 г/(кВт·ч) в базовом двигателе до 2,522 г/(кВт·ч) в дизеле с опытными распылителями № 3, работающем на смесевом биотопливе, т.е. на 30,2%. При этом удельный массовый выброс несгоревших углеводородов e_{CHx} уменьшается от 1,638 до 1,083 г/(кВт·ч), т.е. на 33,9%. Дымность ОГ на режиме максимальной мощности при $n=2400$ мин⁻¹ снижается с 16 до 10% по шкале Хартриджа (на 37,5%), а на режиме максимального крутящего момента при $n=1500$ мин⁻¹ – с 28,0 до 24,5% по шкале Хартриджа (на 12,5%). Условный средний на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла эффективный КПД дизеля увеличивается $\eta_{еусл}$ с 0,341 до 0,352 (на 3,2%). И лишь выброс оксидов азота e_{NOx} возрастает с 6,610 до 7,121 г/(кВт·ч), т.е. на 7,7%. Однако, такое увеличение эмиссии оксидов азота может быть легко компенсировано оптимизацией (уменьшением) угла опережения впрыскивания топлива.

В целом, проведенные исследования показали эффективность использования опытных распылителей по варианту № 3 в дизеле, работающем на смесевом биотопливе (смеси 93% ДТ и 7% МЭРМ).

Литература:

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для ВУЗов. Второе издание. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2005. 344 с.
2. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.
3. Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.И. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. 360 с.
4. Кутовой В.А. Впрыск топлива в дизелях. М.: Машиностроение, 1981. 119 с.
5. Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие // В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов и др. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. 464 с.
6. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. 340 с.

ДИНАМИКА НАПОЛНЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ В ПРОЦЕССЕ ГАЗООБМЕНА

Матюхин Л.М. (МАДИ (ГТУ))

Анализ соотношений парциальных объемов компонентов *рабочей* смеси позволяет проследить динамику изменения состава этой смеси в процессе наполнения, а также оценить влияние фаз газообмена на величину коэффициента наполнения.

Парциальные объемы и соответствующие им значения объемных долей остаточных газов (ОГ) и газов рециркуляционных (РГ), а также воздуха и газообразного топлива определяются формулами, приведенными в табл.1 (на основании [1] и [2]). В таблице индексы при параметрах относятся к соответствующим точкам индикаторной диаграммы.

Фигурирующий в формулах коэффициент $A = \frac{\mu_T \alpha L_0}{(\mu_T \alpha L_0 + 1)}$ есть некий «коэффициент вытеснения воздуха», учитывающий влияние на наполнение цилиндра мо-