

А.В. Еськов, канд. техн. наук, А.Е. Свистула, канд. техн. наук, Д.Д. Матиевский, д-р техн. наук, И.В. Огнев, канд. техн. наук

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПЫЛЕННОГО ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКОЙ

Изучение процесса впрыска при дизельном смесеобразовании требует наличия достоверной информации о связи скоростных характеристик топливной струи с динамикой цикла топливоподачи. Оптические методы исследования не разрушают структуру топливного факела и позволяют получить информацию о структуре и динамике развития факела. Подобные исследования являются важным и перспективным этапом изучения процессов смесеобразования и сгорания.

Исследования топливной струи проводились с целью уточнения зависимостей, описывающих развитие топливного факела для топливной аппаратуры, установленной на дизелях семейства ЧН 15/18, а также для оценки влияния давления впрыска на параметры топливной струи. На экспериментальном стенде определения скоростных характеристик топливных струй на базе лабораторной установки [1] были получены данные изменения оптической плотности в двух сечениях потока на расстояниях 50 мм и 110 мм от сопла распылителя. Объектом исследования выбрана закрытая форсунка с восьмидырчатым распылителем с диаметрами сопловых отверстий 0,25 мм. В ходе эксперимента увеличивалась частота вращения кулачкового вала ТНВД, вследствие чего увеличивалась скорость объемной подачи и максимальное давление топлива перед форсункой. При увеличении частоты вращения кулачкового вала с 500 до 850 мин⁻¹ максимальное давление топлива перед форсункой возросло с 39,6 до 54,8 МПа (на 38 %) за счет возрастания объемной скорости вытеснения топлива плунжером и снижения утечек по пяти циклам. Средняя скорость фронта увеличилась с 76,7 до 90,6 м/с (на 18 %). При увеличении давления впрыска на 38 % скорость фронта возрастает в 1,18

раза.

Для оценки результатов экспериментального исследования проведен анализ ряда работ посвященных изучению топливной струи. В работе [2] приведены экспериментально полученные значения скорости вершины факела на оси струи, лежащие в интервале от 20 до 80 м/с для дизеля 2Д70. Значения скорости вершины факела на оси струи в интервале от 20 до 100 м/с приведены в [3], что подтверждает соответствие экспериментально полученных значений скорости фронта общеизвестным исследованиям.

Анализ распределений капель потока по скоростям, полученного в результате обработки экспериментальных данных по методике [4], выявил: при увеличении частоты вращения вследствие роста давления топлива перед форсункой наблюдается перераспределение скоростей частиц топливного потока в зависимости от массы. С возрастанием давления топлива перед форсункой происходит увеличение количества массы топлива, движущейся с большими скоростями (например, при $n_{кул} = 500$ мин⁻¹ около 26 % массы топлива движется со скоростью больше 50 м/с, а при $n_{кул} = 850$ мин⁻¹ уже 52 %).

Теоретический расчет и моделирование по зависимостям, предложенных Лышевским А.С. [5] по определению характеристик движения вершины струи распыленного топлива (ее длина и скорость), сведенные в таблицу, показывают некоторое несоответствие. На рис. 1 представлена экспериментальная и расчетная зависимости скорости фронта топливной струи от давления впрыска топлива. Проведенные исследования выявили необходимость введения поправочного коэффициента k для скорости движения топливного потока.

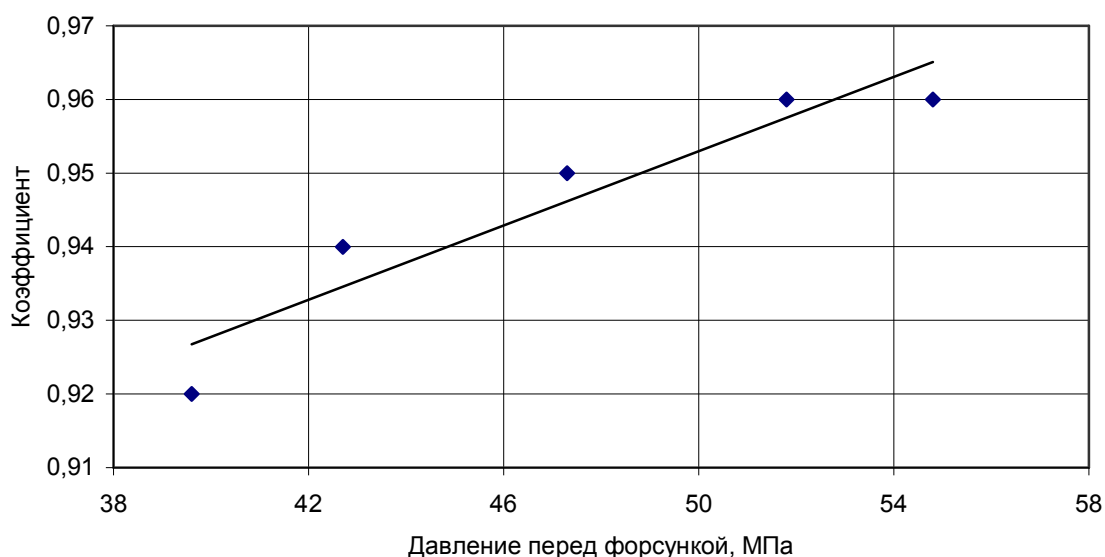


Рис. 1. Зависимость поправочного коэффициента k от давления впрыска топлива

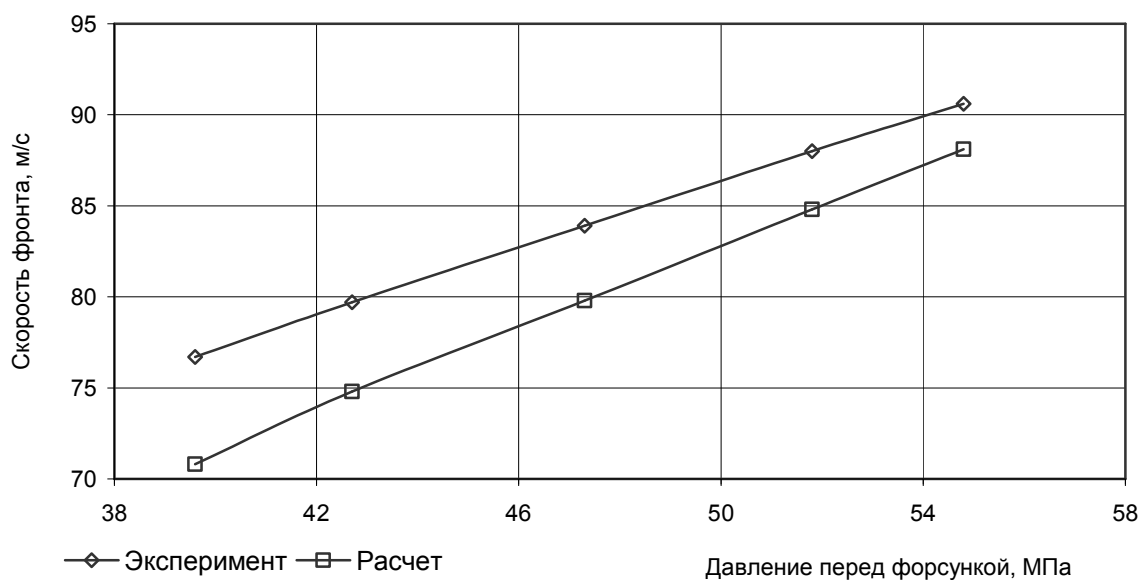


Рис. 2. Зависимость скорости фронта топливной струи от давления впрыска топлива

В ходе исследований было установлено, что поправочный коэффициент k зависит от конструкции ТА (объема под иглой, площади дифференциальной площадки и др.). Исследовалось влияние на коэффициент k давления топлива (рисунок 2), применительно к конкретной ТА, что показало изменение коэффициента k при впрыске в среду с малым противо-

давлением для топливной аппаратуры дизеля ЧН 15/18 в диапазоне от 0,92 до 0,96.

Теоретическое значение скорости струи распыленного топлива U_m , полученного применительно к описанию процесса распыления в [5], находится из экспериментального U_s , используя коэффициент k ,

$$u_m = u_s \cdot k.$$

Таблица 1. Результаты теоретического и экспериментального исследования топливной струи.

Параметр \ Частота вращения,	600 мин ⁻¹	650 мин ⁻¹	700 мин ⁻¹	750 мин ⁻¹	850 мин ⁻¹
Давление впрыска топлива, МПа	27,0	29,1	32,2	35,3	37,3
Скорость впрыска, м/с	150,4	156,2	164,3	172	176,9
Длина вершины струи x , мм	82,7	82,9	84,9	86,4	87,1
Скорость фронта эксперим., м/с	76,7	79,7	83,9	88,0	90,6
Скорость фронта теоретич., м/с	70,8	74,8	79,8	84,8	88,1
Коэффициент k	0,92	0,94	0,95	0,96	0,96

В таблице 1 сведены экспериментальные и расчетные значения характеристик струи распыленного топлива, откуда видно изменение коэффициента k от частоты вращения вала топливного насоса. Однако, для большинства случаев значение коэффициента можно принять 0,95.

На основании проведенных исследований и вычислений можно сделать вывод, что для исследуемой топливной аппаратуры получено выражение для определения поправочного коэффициента k в зависимости от давления впрыска топлива.

При оценке влияния уменьшения продолжительности впрыска за счет увеличения давления топлива при форсировании дизеля ЧН 15/15 на экспериментальной моторной установке для анализа ОГ на дымность и содержание токсических компонентов выявилось следующее. При сокращении продолжительности впрыска топлива и одновременном согласовании параметров ТА с геометрией КС происходит улучшение экономических параметров цикла дизеля, повышается эффективность сгорания топлива, содержание токсичных компонентов в отработавших газах снижается. Рекомендуется использовать коэф-

фициент k при математическом моделировании рабочего процесса.

Список литературы:

1. Матиевский Д.Д., Свистула А.Е., Еськов А.В., Клочков А.В. Экспериментальный стенд диагностики и контроля характеристик массопереноса распыленного топлива дизельной форсункой. / Двигатели внутреннего сгорания // Всеукраинский научно-технический журнал. Харьков: НТУ "ХПИ". - 2004, №2(5). - 156 с. С.90-91.
2. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. - Харьков: «Вища школа», 1980. - 170 с.
3. Калужин С. А., Романов С. А., Свиридов Ю. Б. Экспериментальное исследование скоростей движения жидкой и газообразной фаз в дизельном топливном факеле // Двигателестроение. - 1980. - N 7. С. 5-8.
4. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Еськов А.В. Способ определения скорости импульсного аэродисперсного потока — Патент RU №2147749. Оpubл. в БИМП №11 20.04.2000. с. 226-227.
5. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях. - Л.: Судостроение, 1971. - 248 с.