

Рис. 4. Влияние локальных добавок метана на стабильность рабочего процесса: 1 – без добавок метана; 2 – с добавками метана

## ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКА РАСПЫЛЕННОГО ТОПЛИВА ВРЕМЯПРОЛЕТНЫМ МЕТОДОМ

**Еськов А.В., Матиевский Д.Д., Свистула А.Е.**

*Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул*

Для увеличения эффективности использования воздушного заряда цилиндра, лучшего распределения топлива по окислителю необходимо использование специальных методов исследования развития топливной струи, взаимодействия ее с окружающей средой и стенками камеры сгорания, позволяющими установить взаимосвязь между параметрами топливной струи, геометрией камеры сгорания и др. с показателем эффективности использования воздушного заряда цилиндра. От скорости частиц в струе зависит доля топлива, попавшая на стенки камеры сгорания и определяющая процесс догорания.

В Алтайском государственном техническом университете на кафедре Экспериментальной физики совместно с кафедрой ДВС на базе топливного стенда MIRKEZ разработан и апробирован измерительный стенд для получения скоростных характеристик топливного потока [1]. На топливном стенде MIRKEZ 1 установлен насос высокого давления 2 (см. рисунок 1.а). Топливо под давлением по трубопроводу 3 поступает в форсунку 5, установленную на штативе 4. Распылитель форсунки генерирует дисперсный

топливный поток 6, развивающийся через сечения 7 и 8. Сечение состоит из кольца, в котором оппозитно друг другу расположены светоизлучатель и фотодатчик. С фотодатчика электрический сигнал поступает на цифровой осциллограф 11 (С9-8), и далее в цифровой форме в ЭВМ 12. Параллельно осуществляется регистрация динамики изменения давления тензодатчиком 9, сигнал с которого обрабатывается на специальном тензометрическом усилителе 10 (УТ4-1) и подается на вход цифрового осциллографа 11. С осциллографа сигналы передаются в ЭВМ 12 для дальнейшей обработки и получения результатов. Работа осциллографа синхронизируется от вала топливного насоса 2, установленного на топливный стенд Mirkez. На рисунке так же отображен индуктивный датчик хода иглы распылителя 13, который подключался к другому каналу тензометрического усилителя 10.

На рисунке 2 изображено изменение оптической плотности топливного потока в сечениях на расстоянии 5 см и 10,3 см от носика по оси распылителя Алтайского завода прецизионных изделий с 5 сопловыми отверстиями  $d=0,25$  мм, установленный на форсунку ФД-22. Опыты проводились при атмосферных условиях с частотой вращения вала топливного насоса  $500 \text{ мин}^{-1}$  и расходом топлива  $100 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ .

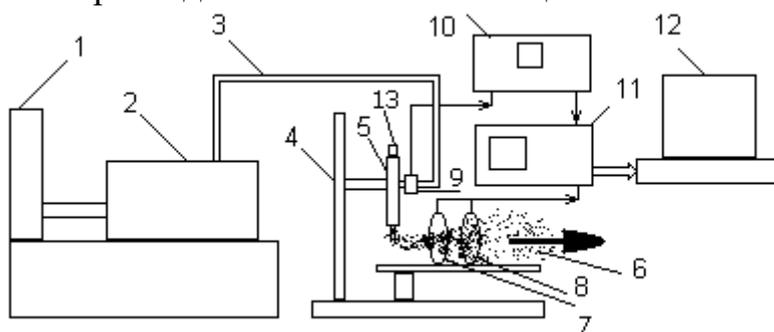


Рис. 1. Схема стенда определения скоростных характеристик топливного потока.

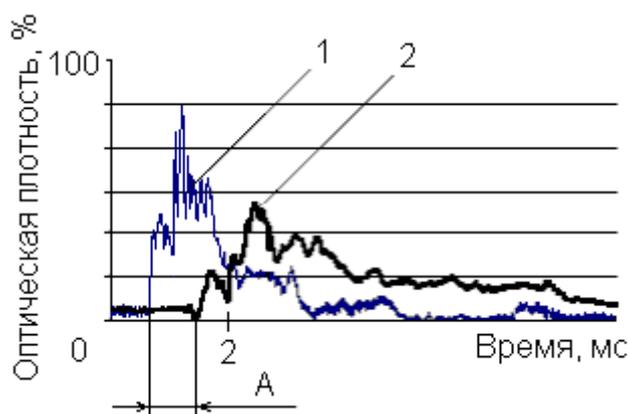


Рис. 2. Изменение оптической плотности топливного потока в сечении на расстоянии 5 см и 10,3 см от носика распылителя; А - время для определения скорости фронта.

Из рисунка 2 видно, что начало впрыска сопровождается резким (80 градаций за 200 мкс) уменьшением интенсивности световой волны, регистрируемой фотодатчиком. В результате наблюдается подъем напряжения на выходе схемы обработки сигнала от фотодатчика по причине прохождения уплотненной головной части струи с высокой концентрацией капель топлива. Спад же сигнала в конце впрыска относительно плавный (80 градаций за 2 мс), что объясняется процессом распада жидкой струи и образованием шлейфа из мелких капель, следующих за основной массой потока.

После пролета основной части потока через сечения, мелкая фракция топлива в хвосте потока движется с относительно малой скоростью и образует топливо-воздушную взвесь, остающуюся от части в диагностической камере. Избавиться от этого недостатка поможет применение продувания диагностической камеры с оптическими сечениями воздухом с минимальной скоростью топливного потока. Экспериментально полученные значения скорости вершины факела на оси струи [2, 3], лежащие в интервале от 20 до 80 м/с для дизеля 2Д70, позволяют сделать вывод о соответствии экспериментально полученных значений скорости фронта общеизвестным исследованиям [5].

Регистрация динамики давления топлива в трубопроводе перед форсункой позволит объяснить получаемые результаты распределения скоростей топливных масс в потоке. На рисунке 3 приводится изменение давления в трубопроводе перед форсункой по времени. График имеет два максимума, что свидетельствует о сложном характере впрыска - с провалом давления и возможным подвпрыском при частоте вала топливного насоса  $500 \text{ мин}^{-1}$ . С увеличением частоты высота второго максимума уменьшается и при  $750 \text{ мин}^{-1}$  провал давления исчезает вовсе.

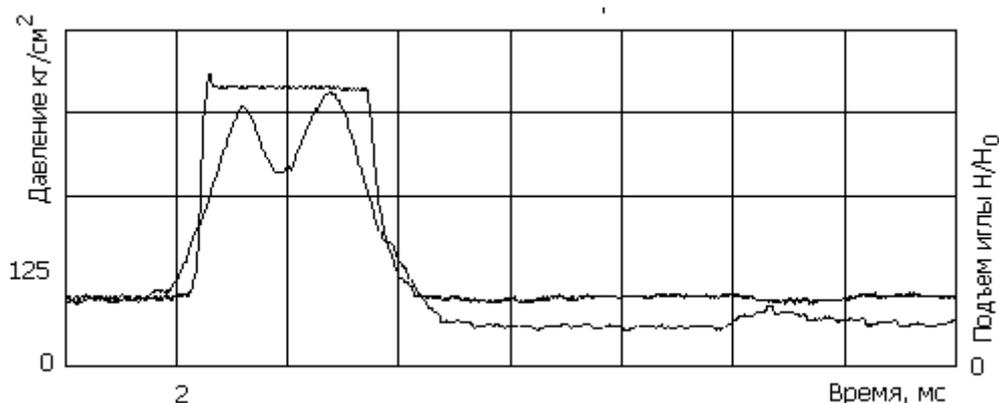


Рис. 3. Изменение давления в трубопроводе перед форсункой и характеристика подъема иглы распылителя.

Исследование скорости топливного потока по зарегистрированному изменению интенсивности световой волны дает интегральную характеристику впрыска - изменение массы потока, проходящего через выбранные

сечения (см. рисунок 4). Из интегральной характеристики определяются времена задержек порций масс топлива, выраженных в %, и зная базовое расстояние, строится гистограмма распределения скоростей масс топливного потока.

Из рисунка 2 видно, что основная масса частиц, вероятно находящаяся в головной части топливного потока, встречая сопротивление неподвижной среды, движется со скоростью 10-20 м/с. Частицы топлива, находящиеся в шлейфе потока, могут двигаться с большими скоростями, но их масса на много меньше частиц во фронте. Большая масса частиц в головной части свидетельствует о переобогащении этой зоны топливом.

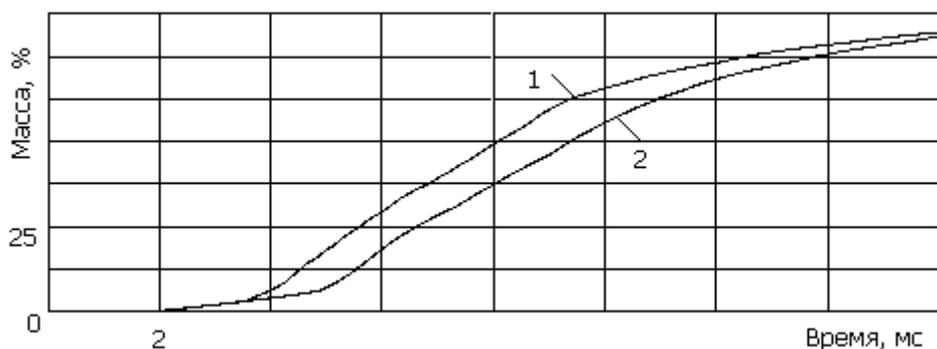


Рис. 4. Изменение массы потока в первом и во втором сечениях соответственно.

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<sup>-1</sup> 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, а средняя скорость фронта увеличилась с 76,7 до 90,6 м/с (на 18 %).

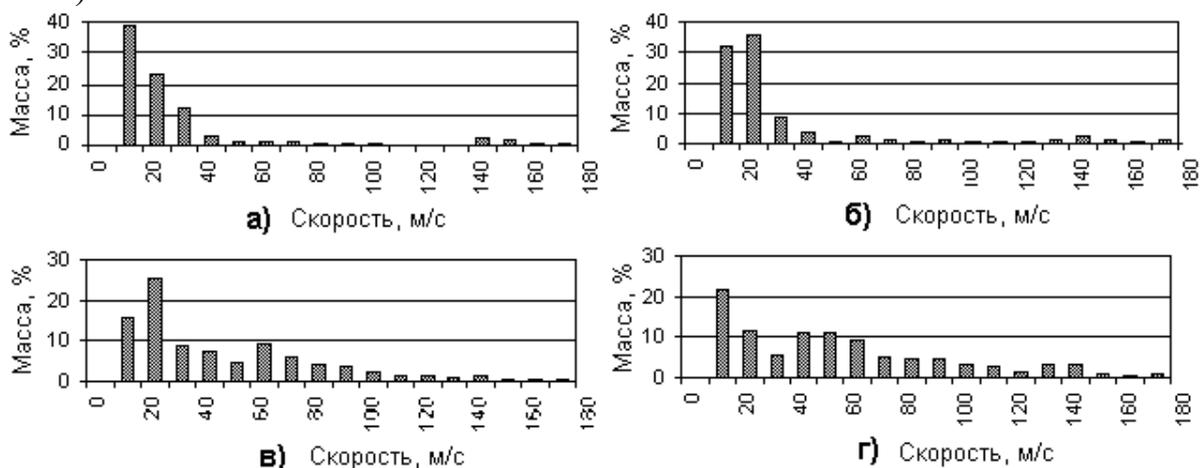


Рис. 5. Гистограмма распределения масс топлива в потоке по скоростям: а)  $n_{\text{кул}}=500 \text{ мин}^{-1}$ ; б)  $n_{\text{кул}}=650 \text{ мин}^{-1}$ ; в)  $n_{\text{кул}}=750 \text{ мин}^{-1}$ ; г)  $n_{\text{кул}}=850 \text{ мин}^{-1}$ .

Анализ гистограмм распределения частиц потока по скоростям для различных частот вращения вала ТНВД [4], полученного в результате обработки экспериментальных данных (рисунок 5) 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  $n_{кул} = 500 \text{ мин}^{-1}$  около 26 % массы топлива движется со скоростью больше 50 м/с, а при  $n_{кул} = 850 \text{ мин}^{-1}$  уже 52 %).

Приведенная методика определения скоростных характеристик массопереноса топливного потока дает предпосылки к созданию стенда комплексной диагностики топливных распылителей в условиях массового производства с целью разбивки их на группы однотипных параметров. Такой подход предполагает принятие производственного эталона - распылителя и топливного насоса с наилучшей скоростной характеристикой впрыска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матиевский Д.Д. Экспериментальный стенд диагностики и контроля характеристик массопереноса распыленного топлива дизельной форсункой. / Матиевский Д.Д., Свистула А.Е., Еськов А.В., Ключков А.В. // 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. Экспериментальное исследование скоростей движения жидкой и газообразной фаз в дизельном топливном факеле / Калужин С. А., Романов С. А., Свиридов Ю. Б. // Двигателестроение. - 1980. - N 7. С. 5-8.
4. Евстигнеев В.В. Способ определения скорости импульсного аэродисперсного потока / Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Еськов А.В. // Патент RU №2147749. Опубл. в БИМП №11 20.04.2000. с. 226-227.
5. Матиевский Д.Д. Исследование повторяемости и определение скорости фронта импульсного дисперсного потока жидкого топлива. / Матиевский Д.Д., Свистула А.Е., Еськов А.В., Огнев И.В. // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения: Труды Международной научно-технической конференции. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003, - 263 с. С. 116-118.