

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПОТОКА РАСПЫЛЕННОЙ ЖИДКОСТИ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В.В. Евстигнеев, А.В. Еськов, А.В. Клочков, Е.С. Силаев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Непрерывное повышение экономических и экологических требований к современным двигателям внутреннего сгорания стимулирует развитие методов исследования процессов смесеобразования – сгорания происходящих в двигателях внутреннего сгорания. Одним из основных процессов, является процесс впрыска топлива в камеру сгорания.

Создание новых типов двигателей внутреннего сгорания с прогрессивными технико-экономическими характеристиками и большой мощностью, а также возможность форсирования существующих конструкций дизелей неразрывно связаны с проблемой качественной организации рабочего процесса, который во многом определяет надежность и экономичность работы двигателя. Успешное решение задач снижения расхода топлива, полноты сгорания, экологически чистой и надежной работы двигателей внутреннего сгорания, турбин, топок, реактивных и ракетных установок требует разработки современной методологии анализа эффективности рабочих циклов на базе фундаментальных законов технической термодинамики и специальных исследований закономерностей внутри-цилиндровых процессов.

Принято считать, что создание новых типов дизелей с прогрессивными технико-экономическими характеристиками и большой мощностью, а также возможность форсирования и перевода существующих дизельных установок на тяжелые марки топлива неразрывно связаны с проблемой организации процессов сгорания, которые во многом определяют надежность и экономичность работы двигателей. Так как скорость химических реакций определяется локальными значениями концентраций температур и скоростей капель в этой локальной зоне, следовательно первой фундаментальной проблемой сгорания в дизелях является исследование чрезвычайно сложного аэродинамического процесса смесеобразования, который сопровождается интенсивными фазовыми превращениями и межфазовым теплообменом. Аналитическое исследование данной задачи в общем виде в

настоящее время не представляется возможным, а упрощения, обычно используемые при этом, приводят либо к заметному искажению исследуемого явления, либо касаются частных вопросов. Хорошо известно, что и комплексное экспериментальное изучение процессов смесеобразования ввиду их не стационарности и быстротечности (2-8 мс) исключительно затруднено.

К настоящему времени разработано большое количество методов исследования характеристик двухфазных топливных потоков. Большинство из них требуют специфического оборудования и условий проведения эксперимента. Наиболее перспективными из них являются оптические методы.

Необходима организация смесеобразования, исключающая глубокую неоднородность топливно-воздушной смеси. 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.

Для обеспечения быстрого и полного сгорания жидкого топлива необходимо в процессе впрыска топлива обеспечить максимальное увеличение поверхности контакта жидкости с воздухом для интенсивного теплообмена и наибольший объем, охваченный факелом, для более полного использования воздуха. От скорости частиц в струе зависит доля топлива, попавшая на стенки камеры сгорания и определяющая крекинг топлива. Создание обобщенной модели фазообразования продуктов в процессах дизельного смесеобразования требует наличия достоверной информации о связи тонкой пространственно-скоростной и дисперсионной структуры топливной струи с

динамикой цикла топливоподачи в реакционной системе.

В Алтайском государственном техническом университете на кафедре экспериментальной физики совместно с кафедрой ДВС ведутся исследования и работа по созданию цифровых систем на базе интегральных мало и среднеформатных фотодиодных структур.

Предлагаемый метод исследования позволяет исследовать дисперсные характеристики потока в режиме реального времени. Схема измерения, реализующая данный метод, приведена на рисунке 1.

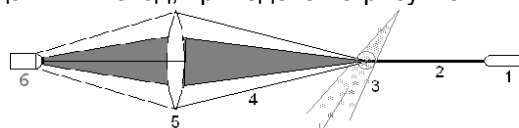


Рис. 1. Схема измерения

Движущийся поток распыленного топлива нормально к направлению распространения пронизывает световое излучение, где качестве источника направленного излучения применен лазер 1. Лазерное излучение 2 рассеиваются на топливном потоке 3, а рассеянное излучение 4 фокусируется линзой 5 на фотодиод 6, сигнал с которого преобразуется в цифровую форму и передается на ЭВМ. Чтобы исключить из измерений нерассеянную часть лазерный излучения, прошедшего через сечение потока 3, на его пути ставится непрозрачный экран либо центральная часть линзы фотодиода зачерняется.

Прохождение света через среду сопровождается поглощением и рассеянием. Коэффициент рассеяния определяется из теории мутных сред и описывается выражением

$$\beta_{pac} = \frac{I(\Omega)}{I_0} = N \int_0^\infty \alpha(\lambda, \delta) f(\delta) d\delta, \quad (1)$$

где $\alpha = \alpha(\lambda, \delta) = K(\rho) \frac{\pi \delta^2}{4}$, $\rho = \frac{\pi \delta}{\lambda}$.

Здесь δ - размер капель жидкости, λ - длина волны рассеиваемого излучения.

Коэффициенты $K(\rho)$ табулированы в литературе. Чтобы найти $\alpha(\lambda, \delta)$ необходимо знать N и δ . Концентрация N определяется из закона Бугера-Ламберта-Бера $I = I_0 \exp\{-lk(\lambda)N\}$.

Из априорных данных по распыливанию топлива в атмосферу известно, что размер

капель δ лежит в пределах $\delta \in \{10, 100\}$ мкм, то есть $\lambda \ll \delta$. При таких условиях интенсивность излучения, рассеянного полидисперсной системой, в зависимости от углов рассеяния приведено на рис. 2. Для частиц, размеры которых намного больше длины волны, дифрагированный или рассеянный свет концентрируется вблизи направления падающего излучения и часть его попадает на входной зрачок фотоприемника.

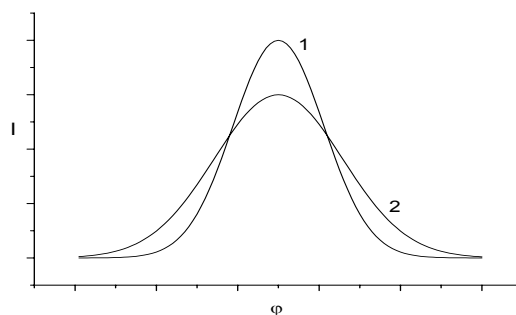


Рис. 2. Зависимость интенсивности рассеянного излучения от дисперсности рассеивающей среды:

- 1 - преобладают крупные частицы;
- 2 - преобладают мелкие частицы

Как видно из рис. 1 оптическая система улавливает рассеянное излучение в строго фиксированном телесном угле. Следовательно, сравнение интенсивности излучения, рассеянного исследуемым распылителем, с интенсивностью от эталонного, приводит к той же зависимости для их объемных коэффициентов рассеяния.

$$K = \frac{I_{pac}}{I_{эм}} = \frac{\beta_{ucc}}{\beta_{эм}}$$

Выходной сигнал $U(t)$ фотодатчика равен:

$$U(t) = SI_{pac}(t), \quad (2)$$

где S - чувствительность фотодатчика.

Данный метод осуществляет контроль качества распылителей топлива форсунками при их массовом производстве. Контроль осуществляется путем сравнения значения сигнала с фотодатчика при определении I_{pac} светового излучения на дисперсном топливном потоке, генерируемом тестируемым распылителем, с $I_{эт}$ светового излучения от эталонного распылителя. Эталонный распылитель выбирается на предприятии в результате испытаний на стендах и стендовых двигателях по

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПОТОКА РАСПЫЛЕННОЙ ЖИДКОСТИ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

установленным техническим
характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев П.Ю., Еськов А.В., Евстигнеев В.В., Карпов И.Е., Яковлев В.И. Патент RU №2183509, МПК⁷ В 05 В1/00, 12/00 Способ определения качества распыливания жидкости распылителем.
2. Стефановский Б.С., Скобцов Е.А., Корси Е.К. и др. Испытания двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1972. - 368 с.
3. Шифрин К. С. Рассеяние света в мутной среде. - М.: Гостехиздат, 1951. - 288 с.