

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ СТРУКТУРЫ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ И СКОРОСТИ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАСПЫЛИВАНИЯ

А.В. Еськов, А.В. Маецкий

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена изучению зависимости изображения топливной струи от различных характеристик процесса распыливания топлива и теплотыделения двигателя.

Ключевые слова: распыливание топлива, обработка изображения, контроль качества, видеокамера

От качества процесса распыливания топлива зависит последующее сгорание рабочей смеси, а значит выходные характеристики двигателя в целом: экономичность, экологичность, мощность и другие. Качество распыливания топлива дизельной форсункой определяется мелкостью и однородностью его дисперсии, а также равномерностью распределения капель топлива в объеме струи ([1, с. 23], [2, с. 143]). При визуальном наблюдении качественно распыливаемое топливо должно быть туманообразным, без сплошных струек и легко различимых местных сгущений [3]. Один цикл распыливания длится от 1 до 6 мс, поэтому без специальной высокоскоростной аппаратуры оценить качество распыливания практически невозможно.

С целью изучения процесса распыливания топлива была поставлена задача с использованием имеющихся приборов и устройств, усовершенствовать метод скоростной кино-фотосъемки и реализовать на его основе средство диагностики и контроля качества распыливания. Для контроля процесса распыливания топлива был разработан стенд на базе скоростной видеокамеры «Видео-Спринт» производства ЗАО «НПК Видеоскан» [4]. Стенд представляет собой приставку к топливному стенду и состоит из скоростной видеокамеры «Видеоспринт», датчика давления, распылителя, осветительного устройства, управляющего ЭВМ, синхронизатора «Синхро-М», экрана и ЭВМ, записывающей процесс распыливания [5].

Для обработки полученных видеоизображений топливных струй был разработан пакет программ в среде Delphi, который, в частности, позволяет: отбирать требуемые кадры пользователем или автоматически по номерам и содержанию, сохранять выбранные кадры в исходном (неизмененном) виде, ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №2 2012

а также производить форматирование размеров и содержимого кадров по маске, загруженной пользователем, сохранять форматированные кадры в различных графических форматах, устранять шум на изображениях и повышать контраст, рассчитывать яркостный порог для каждого кадра несколькими методами, производить визуализацию сегментации, расчет площадей яркостных зон (оптических неоднородностей) с сохранением полученных данных, строить гистограммы и графики, оценивать погрешность эксперимента [6, 7, 8]. В ходе апробации программно-технического комплекса оптического контроля качества распыливания топлива по критерию оптической неоднородности изображений топливных струй были получены результаты, согласующиеся с литературными данными (например, [2, с. 146-148], [9, с. 43-47]). В частности: 1) рапсовое масло при прочих равных условиях распыливается хуже дизельного топлива; 2) увеличение оборотов двигателя при использовании штатной топливной аппаратуры способствует улучшению качества распыливания для обоих видов топлив; 3) нагревание рапсового масла в сопряжении с повышением оборотов двигателя способствует улучшению качества распыливания [10].

Была установлена предварительная зависимость динамики изменения площадей яркостных зон струи с важнейшим показателем двигателя – скоростью теплотыделения. Исходные данные экспериментов: дизельное топливо с пилотной топливоподачей в системе Common Rail, частота вращения вала двигателя 1750 мин⁻¹, четырехдырчатый распылитель с $\mu_f = 0,22$ мм², давления впрыска от 60 до 140 МПа с шагом 20 МПа (скорость съемки видео 7042 кадра в секунду). Скорость теплотыделения рассчитана по индикаторным диаграммам, снятым на работаю-

щей двигателе, яркостные зоны рассчитаны по кадрам из видеофайлов, на которых снято распыливание топлива в атмосферу.

Яркостный диапазон струи от 0 до 180 градаций АЦП был разбит на 6 яркостных зон, были подсчитаны площади каждой яркостной зоны, нормированные к общей максимальной площади струи и построены графики динамики изменения площадей всех шести зон. На рисунке 1 приведена динамика изменения шести яркостных зон струи при давлении впрыска 120 МПа, а на рисунке 2 – динамика изменения скорости тепловыделения при том же давлении впрыска.

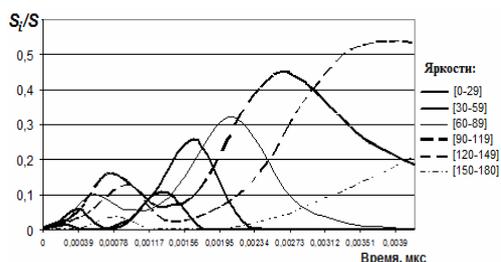


Рисунок 1 – Изменение площадей яркостных зон струи во времени

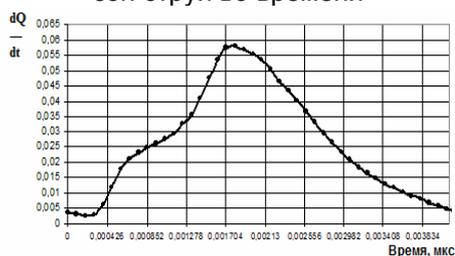


Рисунок 2 – Изменение скорости тепловыделения двигателя во времени

Путем корреляционного анализа удалось установить устойчивую прямую связь изменения площадей яркостных зон №№ 2, 3 с изменением скорости тепловыделения для всех давлений впрыска. При разбиении яркостного диапазона не на 6, а на 4 яркостных зоны, устойчивую связь со скоростью тепловыделения выдает яркостная зона № 2. Очевидно, объясняется это тем, что указанные яркостные зоны присутствуют на всем протяжении распыливания топлива, в то время как самые яркие зоны появляются ближе к концу распыливания, а самая темная зона – напротив, к концу распыливания распадается.

Установление связи изменения поведения яркостных зон струи с поведением скорости тепловыделения позволяет решить важную научную задачу – спрогнозировать скорость тепловыделения на основе изучения структуры струи, распыливаемой в атмосферу, т.е. не проводя экспериментов с двигателем, что значительно упрощает дизельные

исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разлейцев, В.Н. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях : монография / В.Н. Разлейцев. – Харьков: Вища школа, 1980. – 169 с.
2. Шароглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов : учебник / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
3. ГОСТ 10579-88. Форсунки дизелей. Общие технические условия. – Введ. 1990-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 8 с.
4. Камера скоростной видеосъемки «Видео-Спринт» // Видеоскан [Электронный ресурс]: [сайт] / ЗАО НПК «Видеоскан». Электрон. дан. – М., 2012. – Режим доступа: <http://videoscan.ru/page/731>. – Загл. с экрана.
5. Еськов, А.В. Экспериментальный оптический стенд для исследования процесса распыливания дизтоплива и рапсового масла / А.В. Еськов, А.М. Сагалаков, А.В. Маецкий. // Вестник Алтайской науки. – 2012. – № 1. – С. 131-134.
6. Программа для раскадровки и обрезки кадров видеоизображений топливных струй : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / А.В. Еськов, А.В. Маецкий; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». – № 2012615905; дата поступления 04.05.2012; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.06.2012.
7. Маецкий, А.В. Программное обеспечение оптического комплекса исследования и контроля качества струи распыленного топлива / А.В. Маецкий // Материалы Международной заочной научной конференции «Технические науки: теория и практика» (апрель 2012). – Чита: Изд-во «Молодой ученый», 2012. – С. 16-19.
8. Программа для обработки изображений топливных струй и расчета площадей оптических неоднородностей : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / А.В. Маецкий, А.В. Еськов, С.И. Гибельгауз; заявитель и правообладатель Маецкий А.В. – № 2012616678; дата поступления 01.06.2012; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 25.07.2012.
9. Кutowой, В.А. Впрыск топлива в дизелях / В.А. Кutowой. – М.: Машиностроение, 1981. – 120 с.
10. Еськов, А.В. Экспериментальные результаты оптического контроля качества распыливания топлива с использованием скоростной видеосъемки / А.В. Еськов, А.В. Маецкий, С.В. Яковлев // Материалы XI международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике» (г. Новосибирск, 25 июня 2012 г.). – Новосибирск: Изд-во «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. – С. 91-96.

Еськов Александр Васильевич – д.т.н., профессор, тел.:(3852) 29-09-26; e-mail: alesc72@mail.ru; **Маецкий Александр Владимирович** – программист 1 категории.