

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБЪЕМНОГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ДВИГАТЕЛЕ С ПРОЗРАЧНЫМИ ОКНАМИ

М.Г. Крупский, к.т.н., доц., В.Ю. Рудаков, инж.

Коломенский институт (филиал) Московского государственного открытого университета

Представлены результаты исследований особенностей протекания процессов объемного смесеобразования на двигателе с прозрачными окнами. Проведенные исследования позволили разработать и предложить для практического использования конструкции камер сгорания и соответствующие им схемы объемного смесеобразования.

Еще в 1970-х гг. в Коломенском филиале ВЗПИ (ныне КИ МГОУ) были проведены всесторонние испытания [1] четырехтактного дизеля 1Ч12,5/14 (Д-20) с электрогидравлической аккумуляторной системой топливоподачи (ЭГСТ). Тогда же была отработана методика проведения исследований рабочего процесса дизелей с ЭГСТ и убедительно доказаны преимущества последней перед традиционными гидромеханическими системами.

Возможности ЭГСТ и потребность в более глубоком изучении особенностей протекания процессов смесеобразования и сгорания топлива в камерах сгорания (КС) дизелей предопределили создание в институте установки [2] на базе двигателя с прозрачными окнами (ДПО).

Установка снабжена оптическим шпирен-теновым прибором ИАБ-451, автономной системой высокого наддува и ЭГСТ с возможностью обеспечения П-образных законов подачи топлива с крутыми передним и задним фронтами. Размеры прямоугольного поршня (130×50 мм), рассчитанного под одно сопловое отверстие распылителя форсунки, обеспечили возможность проведения цикла исследований применительно к дизелям достаточно большой размерности, в частности, типа ЧН21/21, ЧН26/26 и ЧН30/38. Использование соплового наконечника с двумя распыливающими отверстиями, расположенного по отношению к прямоугольному поршню в центре, обеспечивает возможность проведения исследований особенностей протекания рабочего процесса и в КС дизелей автотракторного типа.

Наличие регулируемого наддува и подогрева воздуха на впуске позволяло (независимо от ве-

личины степени сжатия) обеспечивать практически любые желаемые параметры воздушного заряда в конце такта сжатия. Последнее обстоятельство и обязательный предварительный прогрев всех элементов ДПО горячим воздухом при его прокрутке электродвигателем способствуют повышению качества моделирования реальных процессов смесеобразования и сгорания топлива в КС среднеоборотных дизелей (СОД).

Необходимо отметить, что значения коэффициентов избытка воздуха (α) вычислялись с учетом реальных утечек рабочего тела, обусловленных трудностями уплотнения прямоугольного поршня. Для проведения более качественного сравнительного анализа из всего многообразия исследований подбирались циклы только со схожими исходными параметрами при $\alpha = 1,65 \dots 1,7$. При этом период задержки воспламенения определялся с учетом частоты кадров при съемке с возможной ошибкой $\pm 0,12$ мс.

Первоначально были проведены многочисленные исследования ДПО с КС типа глубокий «Гессельман», которые стали отправной точкой для выявления некоторых общих закономерностей в процессах объемного смесеобразования, воспламенения и горения топлива.

Для примера на рис. 1 представлены кинокадры вышеуказанных процессов для одного из характерных режимов.

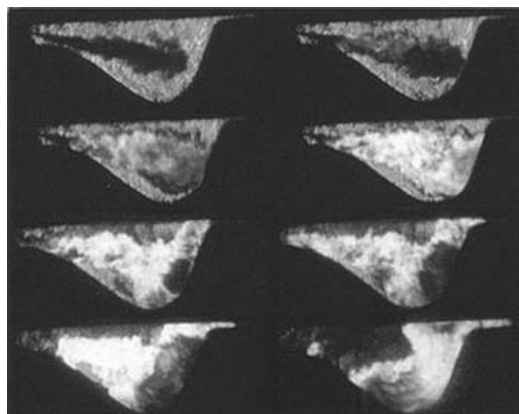


Рис. 1. Характерные кинокадры процессов смесеобразования, воспламенения и горения топлива при использовании КС типа глубокий «Гессельман»

В данном конкретном случае истинный период задержки воспламенения составил 1,55 мс. Еще до начала интенсивного тепловыделения капли топлива в соответствии с классическими представлениями проникли в периферийную зону КС, где сосредоточена наибольшая часть воздуха. Практически во всех случаях первичные очаги воспламенения возникали на расстоянии 20–40 мм от соплового отверстия распылителя. При этом средняя скорость распространения пламени к периферии КС в момент подачи топлива (с учетом зарождения новых очагов) всегда превышала 100 м/с и была практически на порядок больше, чем в обратном направлении. Объясняется последнее воздействием спутного газового потока, образованного летящими каплями топлива.

После окончания впрыска средняя скорость распространения пламени к сопловому накопнику возросла в несколько раз.

При достаточно высоком значении α на периферии камеры сгорания в зонах с повышенным содержанием топлива отмечалось интенсивное образование сажи. После воспламенения значительная часть топлива попадает в надпоршневой зазор также с заметным образованием сажи. Последнему обстоятельству в значительной степени способствует наличие соседствующих относительно холодных стенок поршня и крышки цилиндра.

За счет переноса топлива к периферии в центральной части КС воздушный заряд используется недостаточно эффективно. При этом отсутствие специальных мер для создания интенсивного направленного движения воздушного заряда естественно оказало заметное негативное влияние на процесс сгорания топлива.

Рассмотрим некоторые особенности использования КС типа мелкий «Гессельман». В этом случае увеличенный надпоршневой зазор способствует более полному использованию периферийной части воздушного заряда для горения топлива. Одновременно с этим возрастает температура периферийной зоны поршня, включая зону первого компрессионного кольца. Кроме того, в центральной части поршня увеличивается масса неиспользованного для горения воздушного заряда по сравнению с КС типа глубокий «Гессельман».

В процессе испытаний дизеля 1С12,5/14 [1] и многочисленных других исследований было убедительно доказано положительное влияние на протекание рабочего процесса двухфазного впрыска. Однако причина такого улучшения в значительной степени остается нераскрытой. Определенную ясность в физику этого явления внесли подобные испытания на ДПО. При этом была отмечена одна общая и достаточно

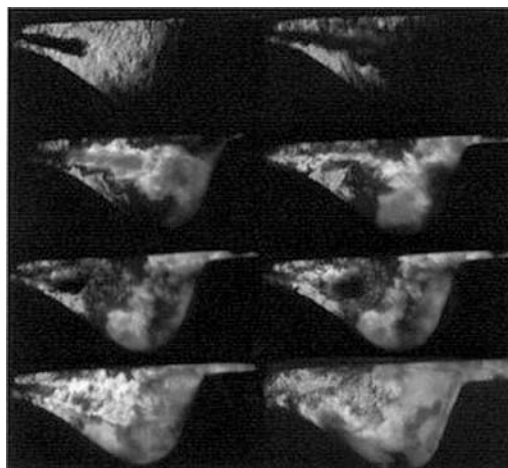


Рис. 2. Характерные кинокадры процессов смесеобразования, воспламенения и горения топлива при двухфазном впрыске

существенная для всех случаев особенность цикла с двухфазным впрыском.

Анализ кинокадров одного из таких циклов (рис. 2) показал, что задержка воспламенения первой дозы в нашем конкретном случае составила 1,55 мс, а второй практически на порядок меньше.

Малая задержка воспламенения второй дозы топлива объясняется высокой температурой воздушного заряда и продуктов сгорания после их прогрева теплом от сгорания первой дозы топлива. При этом быстрое воспламенение второй дозы топлива способствует более полному использованию воздуха центральной зоны КС и улучшению процесса тепловыделения в целом.

В общем случае при многофазном впрыске за счет изменения продолжительности подачи и пауз между ними возможно управляемое перераспределение количества паров топлива во времени и пространстве в процессе горения, что в конечном итоге позволяет оказывать заметное влияние на качество процесса тепловыделения в целом.

Использование для горения топлива центральной зоны КС и практически полное устранение его попадания в надпоршневой зазор возможны за счет организации процесса смесеобразования, кадры кинорегистрации которого представлены на рис. 3. Кинокадры были получены с использованием «бомбы», внутри которой был размещен жестяной отбойник, обеспечивающий разворот струи распыленного топлива (СРТ) практически на 180°. При этом впрыск топлива осуществлялся в воздух с плотностью 16 кг/м³ и температурой окружающей среды.

Следует согласиться с результатами работы [3], в которой говорится, что решающую роль в процессе контакта СРТ со стенками КС авторы отводят взаимодействию последней с попутным



Рис. 3. Характерные кинокадры процесса смесеобразования с разворотом СРТ

газовым потоком. При этом пристеночная топливная струя рассматривается как капельная струя в обтекающей стенку газовом потоке.

Из рассмотрения кинограммы видно, что даже при развороте СРТ в среде холодного воздуха в значительной степени сохраняется ее целостность. Подтверждением последнего служит и факт окончательного сбора основной доли топлива в зоне расположения соплового отверстия.

Исследование подобного действительного цикла на ДПО (рис. 4) показали, что основная масса топлива, как и при использовании КС типа «Гессельман», выгорает в пристеночной зоне. После чего под действием инерционных сил СРТ и разогретого попутного потока воздуха и продуктов сгорания оставшееся несгоревшее топливо транспортируется в центральную зону КС, тем самым способствуя более полному использованию воздушного заряда. Очевидно, что в этом случае надпоршневой зазор, по возможности, необходимо выбирать минимальным. Обладая значительной кинетической энергией, СРТ создает мощное вихревое движение газового потока в вертикальной плоскости, что способствует активизации процесса горения топлива. К потенциальному недостатку рассмотренной схемы следует отнести факт отсутствия реального влияния воздушного заряда в надпоршневом зазоре на процессы смесеобразования и сгорания топлива.

Более совершенной в этом плане является схема смесеобразования, работу которой целесообразно пояснить с помощью рис. 5. Существенной отличительной особенностью рассматриваемой схемы является возможность обеспечения строго

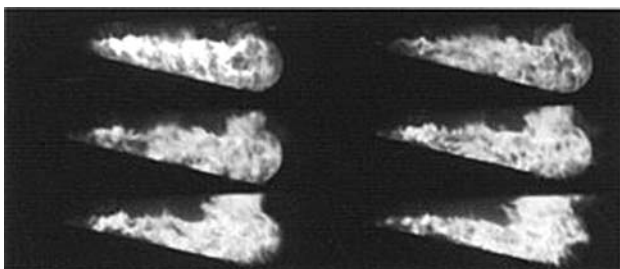


Рис. 4. Характерные кинокадры процесса горения топлива в КС с разворотом СРТ

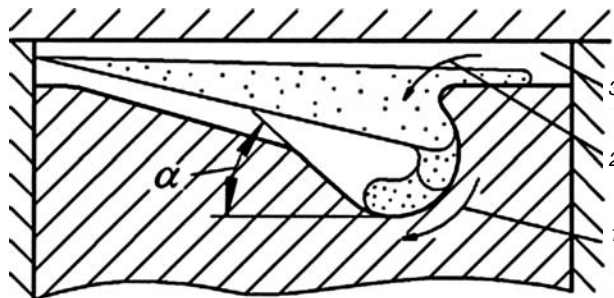


Рис. 5. Форма КС и схема объемного смесеобразования:

1 — направление вращения вихря, образованного СРТ; 2 — направление вращения воздушного вихря; 3 — место дозированной подачи наиболее мелких капель СРТ

дозированной подачи наиболее мелких капель СРТ в надпоршневой зазор.

При этом встречное направление вращения двух вихрей способствует более качественному перемешиванию топлива с воздухом и, следовательно, улучшению качества процесса сгорания. Весомое влияние на процесс тепловыделения может оказать также направление движения вихря 1 к центру КС, которое определяется выбором угла α . Для иллюстрации возможностей такой схемы смесеобразования на рис. 6 представлен фрагмент кинограммы процесса горения топлива одного из действительных циклов, полученных при испытаниях на ДПО.

Проведенный цикл исследований показал, что смесеобразование практически всегда начинается одновременно с началом впрыскивания топлива и заканчивается в момент окончания его горения. При этом интенсивность тепловыделения на всех этапах горения, кроме начального, лимитируется, прежде всего, скоростью испарения и характером распределения в КС воздуха, паров топлива и продуктов сгорания.

Эксперименты показали, что в зависимости от конфигурации КС за счет кинетической энергии СРТ возможно улучшение процесса тепловыделения в целом за счет создания достаточно мощного направленного (в любой желаемой плоскости) вихревого движения попутного газового потока с парами топлива и продуктами сгорания.

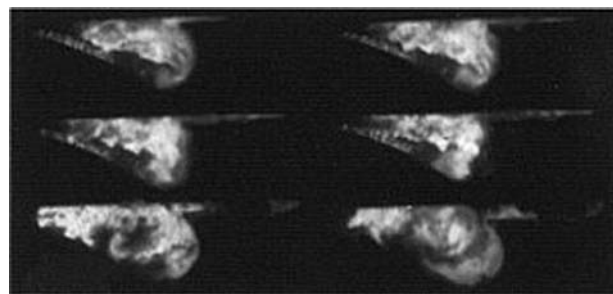


Рис. 6. Характерные кинокадры процесса горения топлива, полученные при испытаниях на ДПО

Была установлена также возможность активного использования кинетической энергии СРТ для оптимизации процессов смесеобразования и горения топлива даже при отсутствии специальных мер по организации направленного движения воздушного заряда.

На основании результатов проведенных исследований были разработаны и предложены для практического использования конструкции КС СОД и соответствующие им схемы процессов объемного смесеобразования.

Литература

1. Пинский Ф.Е., Крупский М.Г., Кузин В.Е., Сулиз Б.Н. Двигатели внутреннего сгорания // (НИИ-ИНФОРМТЯЖМАШ). — 1975. — № 8. — С. 1–30.
2. Никитин Е.А., Никонов Г.В., Крупский М.Г., Куянов Ю.Ф. Установка для исследования процессов, протекающих в камере сгорания дизеля // Двигателестроение. — 1988. — № 1. — С. 8–9.
3. Шукин П.А. Комплексная математическая модель рабочего процесса дизеля с объемным смесеобразованием: дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 1999. — 158 с.

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

«ТРАНСМАШХОЛДИНГ» И ОАО «АТОМЭНЕРГОМАШ» НАМЕРНЫ РАЗВИВАТЬ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ СОЗДАНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ЗАО «Трансмашхолдинг» и ОАО «Атомное и энергетическое машиностроение» (ОАО «Атомэнергомаш») заключили соглашение о сотрудничестве.

Стороны планируют проводить совместную работу в сфере обеспечения действующих и вновь вводимых в эксплуатацию атомных электростанций дизель-генераторными установками (ДГУ), предназначенными для аварийного энергоснабжения станций. В соответствии с достигнутыми договоренностями, «Трансмашхолдинг» и «Атомэнергомаш» планируют совместно осуществлять разработку, производство, пусконаладочные работы и обслуживание данного типа оборудования.

Цель совместной деятельности — решение комплексной задачи по обеспечению атомной энергетики России дизель-генераторными установками, соответствующими современным и перспективным требованиям.

В соответствии с соглашением, в течение ближайшего месяца будет создана совместная рабочая группа, которая займется детальной проработкой всех вопросов в рамках сотрудничества ОАО «Атомэнергомаш» и ЗАО «Трансмашхолдинг».

Дизель-генераторные установки атомных электростанций, которые стали предметом подписанного соглашения, будут производиться на входящем в состав «Трансмашхолдинга» Коломенском заводе. Предприятие имеет лицензии на право конструирования и изготовления обо-

рудования для АЭС. В частности, на заводе созданы ДГУ для атомной станции «Бушер-1» в Иране.

«Наша цель — комплексное решение вопросов обеспечения атомных станций резервными системами электроснабжения, — сообщил во время церемонии подписания соглашения генеральный директор ОАО «Атомэнергомаш» Владимир Кашенко. — Нам предстоит на долгие годы вперед обеспечить российскую атомную энергетику современными высококачественными дизель-генераторными установками отечественного производства».

«Объединив усилия с коллегами из ОАО «Атомэнергомаш», мы сможем обеспечить не только необходимую номенклатуру и объем выпуска, но и непрерывное совершенствование дизель-генераторных установок, а также высокий уровень сервисного обслуживания в течение всего жизненного цикла изделия» — заявил генеральный директор «Трансмашхолдинга» Андрей Андреев.

Соглашение подписано сроком на один год и предполагает возможность ежегодной автоматической пролонгации.

*Артем Леденев, директор департамента по связям с общественностью ЗАО «Трансмашхолдинг»
Каррыев Азад, начальник отдела стратегических коммуникаций ОАО «Атомэнергомаш»*