

В. М. Бойко, О. Г. Куделин, О. Н. Лебедев,
Г. Е. Луцаев, А. А. Плесовских

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА СВЕТОВОГО «НОЖА» ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ

Оптимизация рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания (ДВС), как известно, неразрывно связана со знанием закономерностей изменения движения воздушного заряда в камерах сгорания (КС) на протяжении всего периода сжатия как подготовительной стадии перед смесеобразованием и сгоранием топлива. Этот вопрос до сих пор остается до конца не изученным, хотя им интенсивно занималось не одно поколение исследователей в разных странах мира [1—5 и др.]. По мнению многих из них, его можно свести к двум проблемам, отражающим основное затруднение в экспериментальном изучении: выбор методов измерений, организация оптического доступа в КС.

Из современных способов измерений необходимо выделить те, которые основаны на бесконтактных оптических принципах. Так, в сравнении с традиционными контактными методами [6, 7] им присущи высокая точность, что особенно важно, и отсутствие каких-либо возмущений, вносимых в процесс сжатия. По этой причине их вполне можно использовать для изучения столь сложных аэродинамических процессов в КС ДВС. Среди получивших практическое применение выделяется метод светового «ножа» [8]. В данной работе такой выбор обусловлен значительными его преимуществами перед другими способами.

Техническая реализация оптического доступа непосредственно в КС, расположенную в поршне, — чрезвычайно сложная задача. Традиционные методы решения этой проблемы рассмотрим на следующих примерах. В [9] приведено описание модели поршня, днище которого выполнялось в виде прозрачной вставки, а юбка снабжалась прорезью. Внутри поршня в зоне прорези под углом к его продольной оси жестко закреплялось зеркало. При этом в цилиндре имелось оптически прозрачное окно, напротив которого размещалась киноаппаратура. Погрешности, вносимые преломлением световых лучей на искривленной поверхности, а также большие технологические сложности изготовления затрудняют применение такой установки для изучения аэродинамических качеств полуразделенных КС дизелей.

В [10] использовалась динамическая установка, в корпусе которой размещался поршень с головкой прямоугольного сечения. В боковых стенках КС соосно оптическим трубам Теплера [8], расположенным в верхней части гильзы цилиндра, находились плоскопараллельные прозрачные окна. Кроме большой сложности изготовления, установка обладает и другим существенным недостатком — невозможностью получения достоверной информации об изучаемых процессах, ввиду того что форма КС далека от реальной.

В основу нашего экспериментального исследования была положена одноцилиндровая модель дизеля 1Ч 8,5/11, представленная на рис. 1.

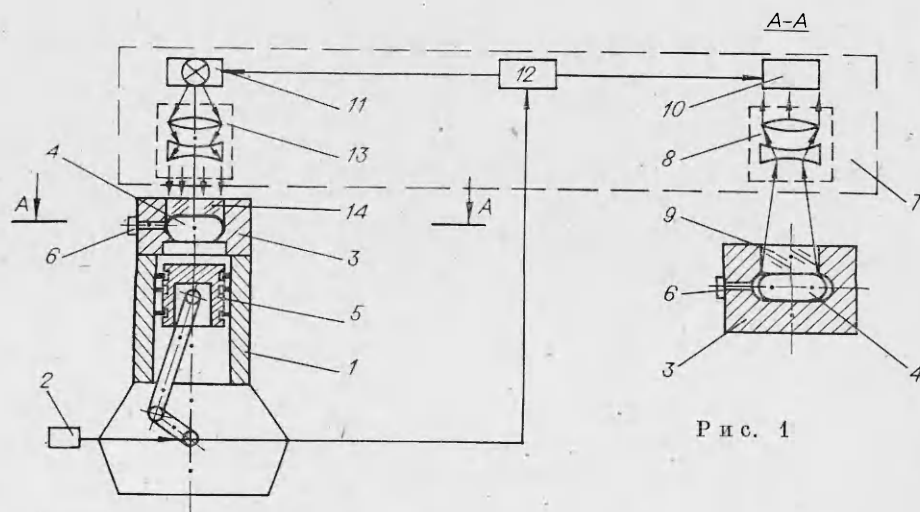
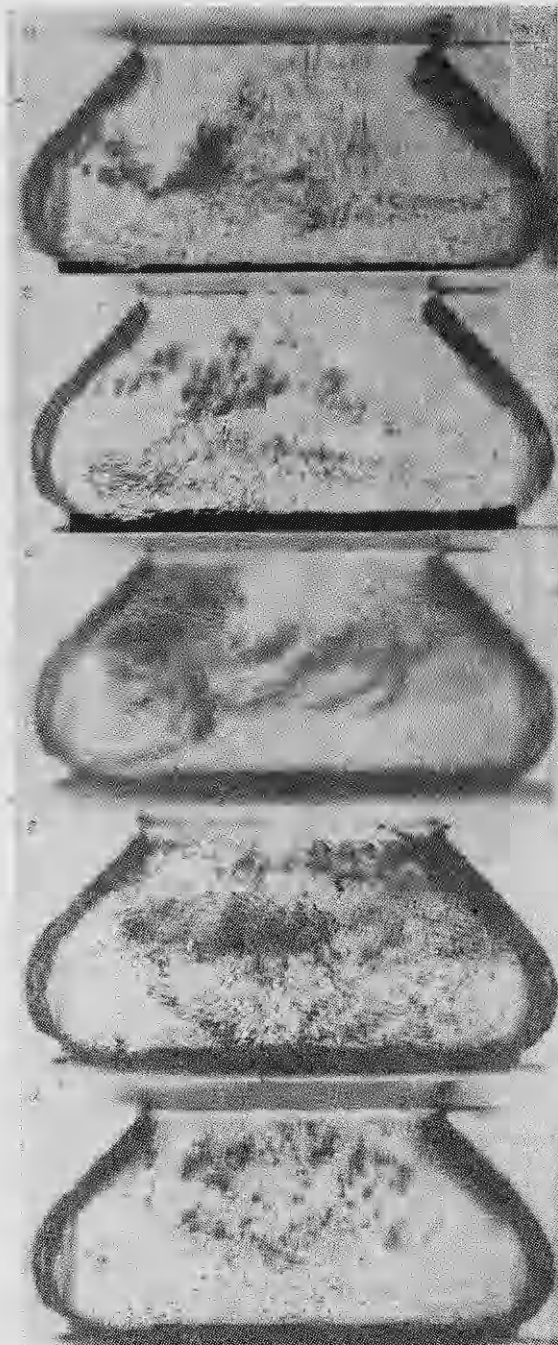


Рис. 1

Она состоит из моторной установки 1, приводимой во вращение электромотором с регулируемой системой питания 2, крышки цилиндра 3 с КС 4, поршня 5, системы запыливания светорассеивающим аэрозолем 6, аппаратного комплекса съема информации 7. Для облегчения оптического доступа непосредственно в КС внутренняя конфигурация крышки цилиндра выполнена подобно геометрии днища поршня, а конфигурация днища — подобно геометрии внутренней поверхности крышки модельной установки двигателя. При этом объем модельной КС, показанной на рис. 2, и площадь ее проходного сечения определялись согласно теории подобия. Аппаратурный комплекс включал в себя (рис. 1): оптическую вставку 8, систему фокусирующих линз 9, фоторегистрирующую аппаратуру 10, импульсный источник света (ИИС) 11, датчик угла поворота коленчатого вала (УПКВ) 12, систему цилиндрических линз 13, оптически прозрачное щелевое окно 14.

Измерения проводились в следующем порядке. При определенном угле поворота коленчатого вала срабатывал датчик УПКВ, выходным сигналом которого одновременно включались ИИС и фоторегистрирующая аппаратура. Подсветка центральной части КС осуществлялась через окно плоскопараллельным лучом света, сформированным системой линз. Световой поток, рассеянный на частицах аэрозоля, впрыснутых в КС перед началом эксперимента, через оптическую вставку и систему линз фиксировался фоторегистратором. Скорость потока в осевом сечении КС определялась по длине треков светорассеивающих частиц с учетом заданной длительности импульса подсветки.

Суммарная погрешность измерений осевой составляющей скорости воздушного заряда оценивалась величиной порядка 26 %, которая складывалась из погрешности отслеживания запыливающих частиц мелкодисперсного ликоподия в потоке (25 %) [8] и погрешности за счет изменения относительного расположения поверхностей поршня и крышки цилиндра (1 %) [11].



Р и с. 2

Цель работы — изучить распределение поля скорости в широко пространственной КС системы ЦНИДИ на стадии сжатия. На рис. 2 приведены изображения профиля КС и треков светорассеивающих частиц при повороте коленчатого вала (ПКВ) от 80° ПКВ перед верхней мертвой точкой (ВМТ) до 20° ПКВ после ВМТ. Испытания проводились при частоте вращения коленчатого вала $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ и степени сжатия $\varepsilon = 10$. Анализируя фотоматериалы, отметим, что при положениях поршня, соответствующих 80° ПКВ и 60° ПКВ до ВМТ (рис. 2, а, б), имеет место мощное поступление воздушного заряда в КС. Воздушный поток, отрываясь от кромки горловины, движется главным образом в центральной части КС. Около днища поток изменяет свое направление и далее, двигаясь вдоль границы КС, завершает замкнутый цикл, закладывая таким образом предпосылки образования тороидального вихря, который хорошо виден на рис. 2, в (20° ПКВ до ВМТ). При нахождении поршня в ВМТ, согласно рис. 2, г, когда поступление воздушного заряда в КС заканчивается, наблюдается прецессия вихря в направлении оси симметрии, которая вызвана нестационарным уровнем турбулентности и сохранившимся в этой области разрежением. Наконец, при перемещении поршня на 20° ПКВ за ВМТ (рис. 2, д) вихревое движение практически вырождается. Воздушный заряд выходит из КС в надпоршневое пространство дизеля. На этом стадия сжатия заканчивается.

Проведенное с помощью светового «ножа» исследование аэродинамических особенностей КС системы ЦНИДИ позволило получить достаточную информацию для выбора момента начала и направления впрыскивания топлива с целью улучшения качества смесеобразования.

В заключение отметим, что конструктивная простота используемой модельной установки с применением крышки цилиндра с расположенными в ней легко заменяемыми вставками, имитирующими профили различных КС, позволит в будущем определить основные направления по оптимизации аэродинамических качеств КС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shad-Xi Ph. D., Shu-Lang Liu. A study of air swirl and particle movement in diesel combustion chambers // XVIIIth Intern. symp. on combustion, Waterloo, Canada, 1981.
2. Masatoshi Shimodo, Takashi Suzuki, Tadakazu Shiozaki. Analysis of in-cylinder air motion and combustion characteristics in diesel engine // J. Jap. Soc. Automobile Engrs.— 1980.— V. 34, N 11.
3. Cole J. B., Swords M. D. Laser Doppler anemometry measurements in an engine // Appl. Optics.— 1979.— V. 18, N 10.
4. Nakayama Y., Aoki K., Kajiyama K., Ohta H. Flow visualization in the combustion chambers by spark tracing method // Proc. XIIIth Intern. Congr. on high speed photography and photonics, Tokyo, 1979.
5. Семенов Б. Н., Завлин М. Я. Метод скоростного фотографирования процессов смесеобразования и сгорания в дизелях // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематографии.— 1975.— Т. 20, № 2.
6. Камфер Г. М., Роговой С. М., Мезенцев С. В. Некоторые результаты исследований скорости движения воздушного заряда в камере сгорания в поршне // Тр. МАДИ.— 1979.— Вып. 178.
7. Кривенков Д. В., Роговой С. М., Хачиян С. М. Исследование движения заряда в камере сгорания дизелей // Изв. вузов. Машиностроение.— 1979.— № 5.
8. Клишкин В. Ф., Папырин А. Н., Солоухин Р. И. Оптические методы регистрации быстротекающих процессов.— Новосибирск: Наука, 1980.
9. А. с. 1029025 СССР. Устройство для кинорегистрации процесса смесеобразования и сгорания в дизельном двигателе/В. П. Штоль, Э. М. Кононенко, В. Т. Толстов // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 26.
10. А. с. 373572 СССР. Установка для исследования рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания/Н. И. Рудаков, Н. С. Золотарев, В. А. Терентьев // Бюлл. изобретений.— 1973.— № 14.
11. Лойцянский А. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1978.

г. Новосибирск

Поступила 28/IV 1988 г.,

в окончательном варианте — 18/VIII 1988 г.