

**Шульгин Павел Владиславович**

канд. техн. наук, доцент

**Мамошин Александр Игоревич**

курсант

**Реймхе Андрей Игоревич**

курсант

ФГКВОУ ВПО «Пермский военный институт

внутренних войск МВД России»

г. Пермь, Пермский край

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ВПРЫСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

***Аннотация:** в представленной статье авторами систематизированы данные об эксплуатационных характеристиках дизельных двигателей и его конструктивных элементов. Авторами определены пути достижения оптимальных соотношений между основными эксплуатационными характеристиками.*

***Ключевые слова:** дизельный двигатель, топливная система, система впрыска, процесс сгорания, топливный насос, высокое давление, форсунка.*

Современный дизельный двигатель имеет следующие достоинства:

- низкий расход топлива (на 30% ниже, чем бензиновый аналог);
- высокий КПД (до 50%, что на 20–35% выше бензиновых аналогов);
- низкое содержание вредных веществ в отработанных газах (значение коэффициента остаточных газов 0,03–0,04 против 0,05–0,09 у бензиновых двигателей);
- высокий крутящий момент, реализуемый в полном объеме на низких оборотах и достигаемый за счет высокой степени сжатия (17:1 против 10:1 у бензиновых двигателей), обеспечивает отличную тягу, необходимую при перевозке тяжелых грузов;
- долговечность (пробег до капитального ремонта составляет до 1000000 км против 350000 км у бензиновых двигателей).

К недостаткам дизельных двигателей относят следующие эксплуатационные параметры:

- необходимость использования стартера большой мощности;
- шум и вибрация двигателя;
- запуск и работа в морозную погоду;
- более высокая стоимость обслуживания и ремонта в сравнении с бензиновыми двигателями;
- сложность ремонта топливной аппаратуры дизельного двигателя, т.к. насосы высокого давления изготавливаются с высокой точностью;
- высокое давление при воспламенении дизельного топлива обуславливает необходимость более прочной конструкции блока цилиндров и других элементов двигателя, что ведет к увеличению веса и габаритов двигателя;
- меньшая экологичность (выбросы частиц и окислов азота) в сравнении с бензиновыми двигателями;
- чувствительность топливной аппаратуры к загрязнению топлива механическими частицами и водой.

При этом удельная мощность дизельных и бензиновых двигателей находится на одном уровне.

Топливная система является кровеносной системой двигателя. Одним из основных ее элементов является система впрыска топлива, отвечающая за подачу топлива в дизельный двигатель и призванная обеспечить качество впрыска, влияющего на характеристики двигателя. Регулирование мощности двигателя осуществляется регулированием количества впрыскиваемого топлива. Процесс сгорания в дизельном двигателе зависит от количества впрыскиваемого топлива и от метода подачи этого топлива в камеру сгорания и определяется следующими критериями:

- момент впрыска;
- продолжительность впрыска;
- распределение топлива в камере сгорания;
- момент времени, когда начинается сгорание;

- количество топлива, подаваемое к двигателю за  $1^\circ$  поворота коленвала;
- общее количество впрыскиваемого топлива в соответствии с нагрузкой двигателя.

Рабочий цикл дизельного двигателя состоит из следующих друг за другом процессов:

- такт впуска – из воздухоочистителя в полость цилиндра через открытый впускной клапан поступает атмосферный воздух вследствие образующегося разрежения (в конце такта впуска давление в цилиндре в среднем составляет 0,08 – 0,095 МПа, а температура 30 – 50°C);

- такт сжатия – сжатие воздуха до температуры, превышающей температуру самовоспламенения топлива, при закрытых впускном и выпускном клапанах (благодаря высокой степени сжатия давление в цилиндре повышается до 4 МПа, а воздух нагревается до температуры 600°C);

- такт расширения, или рабочий ход, – самовоспламенение топлива, поданного топливным насосом высокого давления через форсунку и перемешанного с нагретым воздухом, и его сгорание, характеризующееся быстрым повышением температуры и давления (температура газов при сгорании достигает 2000°C, давление повышается до 8 МПа);

- такт выпуска – через открытый выпускной клапан отработавшие газы выталкиваются из дизельного двигателя.

После окончания такта выпуска рабочий цикл повторяется в приведенной последовательности.

Для рабочих процессов используются неразделенная камера сгорания для двигателей с непосредственным впрыском топлива в цилиндр и разделенная камера сгорания. Использование двигателей с непосредственным впрыском топлива неуклонно возрастает за счет их преимуществ перед использованием разделенных камер сгорания:

- снижение расхода топлива на 15–20% при рабочих оборотах двигателя 4500 об/мин;

- отсутствие потерь, имеющихся в разделенных камерах сгорания при подаче смеси из форкамеры или вихревой камеры в камеру сгорания;

- меньшие тепловые потери;

- более высокий тепловой КПД;

- снижение удельного расхода топлива до 160–200 г/кВтч;

- экологичность.

- В современных дизельных двигателях с неразделенной камерой сгорания используют следующие системы впрыска:

- система насос-форсунки;

- аккумуляторная система Common Rail.

Система впрыска насос-форсунки имеет следующие отличительные особенности: во-первых, подача и впрыск топливной смеси осуществляется под высоким давлением, а во-вторых, в устройстве насос-форсунки объединены функции создание давления и впрыск. Конструктивным недостатком данной системы является оснащение насоса не отключаемым от распределительного вала двигателя приводом постоянного типа, что приводит к быстрому износу конструкции.

В системе впрыска Common Rail топливо подается к топливным форсункам от рампы, называемой аккумулятором высокого давления, а процесс впрыска разделен на три этапа – предварительный, основной и дополнительный, что позволяет снизить шум и вибрации двигателя, процесс самовоспламенения топлива сделать более эффективными, а также уменьшить количество вредных выбросов.

Одним из основных конструктивных элементов системы впрыска дизельного двигателя является топливный насос высокого давления. В системе впрыска насос-форсунки насос выполняет нагнетание под давлением определенного количества топлива и регулирование необходимого момента начала впрыскивания. В системах впрыска Common Rail функция регулирования момента впрыска возложена на управляемые электроникой форсунки.

Другим конструктивным элементом системы впрыска является форсунка, предназначенная для дозированной подачи топлива, его распыления в камере сгорания и образования топливно-воздушной смеси.

Электрогидравлическая форсунка используется на всех дизельных двигателях с неразделенной камерой сгорания. Принцип работы ее основан на использовании давления топлива, как при впрыске, так и при его прекращении.

На дизельных двигателях, оборудованных системой впрыска Common Rail, устанавливаются также пьезоэлектрические форсунки. Преимуществами пьезофорсунок являются быстрота срабатывания (в 4 раза быстрее электромагнитного клапана), многократный впрыск топлива в течение одного цикла и точная дозировка впрыскиваемого топлива. Принцип работы ее основан на использовании пьезоэффекта в управлении форсункой.

Для управления системами впрыска на дизельных двигателях предусмотрено наличие механических и электронных устройств. Механические устройства контролируют рабочее давление, объем и момент впрыска топлива, а электронные обеспечивают эффективное управление дизельными двигателями в целом.

В неразделенных камерах сгорания для двигателей с непосредственным впрыском топлива возникают следующие проблемы:

- неполная очистка от продуктов сгорания в цилиндре;
- запуск двигателя при низких температурах;
- затруднение охлаждения камеры сгорания;
- изготовление конструктивно сложных впускных каналов особой формы;
- разные формы каналов многоклапанных конструкций;
- повышенная чувствительность к гидравлическому сопротивлению элементов системы питания;
- износ конструктивных элементов, нарушающих равномерность и момент подачи топлива к форсунке;
- необходимость регулирования параметров топливной аппаратуры в зависимости от технического состояния двигателя.

Таким образом, оптимальное соотношение между расходом топлива, выбросом экологически опасных компонентов и уровнем шума обеспечивается с помощью регулировки точности подачи топлива в зависимости от потребности двигателя.

### *Список литературы*

1. Гюнтер Г. Диагностика дизельных двигателей [Текст] / Пер. с нем. Ю.Г. Грудского. – М.: Книжное издательство «За рулем», 2011. – 176 с.
2. Дизельные двигатели. Руководство по обслуживанию, диагностике и ремонту дизельных двигателей автомобилей [Текст] / М. Рэндалл. – СПб.: Алфамер Паблишинг, 2006. – 168 с.
3. Ховах М.С., Маслов Г.С. Автомобильные двигатели [Текст]. – М.: Машиностроение, 1971. – 456 с.
4. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов [Текст]: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.