

ГОРЕНИЕ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ, ИЛИ СКРЫТЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОРШНЕВЫХ МОТОРОВ

Игорь Викторович Ниппард, главный конструктор ООО "Урарту"

Есть ряд тематик, содержание которых представляется всем понятным и общеупотребительным. Но при внимательном рассмотрении становятся видны подробности и детали, сильно влияющие на общее состояние дел. РЕДАКЦИЯ

Параметры традиционных моторов в значительной степени зависят от полноты сгорания и скорости горения топливно-воздушной смеси в цилиндре. Процесс обычного горения - **дефлаграция** - хорошо изучен.

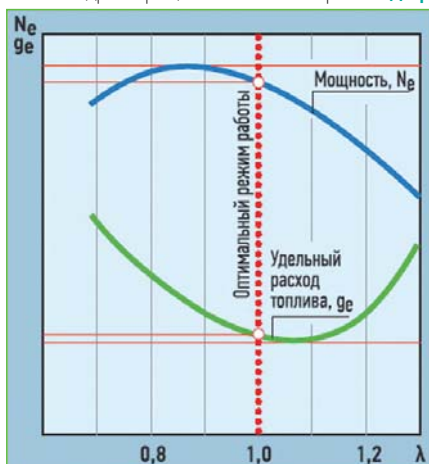


Рис. 1 Внешняя скоростная характеристика

Данный процесс довольно вялый, скорость дефлаграции в цилиндре 10...25 м/сек. и сильно зависит от соотношения в рабочей смеси массы воздуха и горючего. Смесь из 14,7 г воздуха и 1 г бензина называют стехиометрической. Отклонения от этого идеала для удобства оценивают коэффициентом избытка воздуха λ. Если λ больше единицы, смесь называют бедной, меньше - богатой. При λ = 1 возможна полноценная окислительная реакция, не оставляющая неиспользованных компонентов. В отработавших газах два основных продукта сгорания - углекислый газ CO₂ (13,7 % по объему) и водяной пар H₂O (13,1 %).



Рис. 2 Состав воздуха

азотом и немного другими газами.

В переобогащённых смесях λ < 0,65 горение (цепная реакция окисления) прекращается ввиду нехватки кислорода. В переобеднённых смесях λ > 1,3 концентрация молекул топлива мала, расстояния между молекулами велики для достаточного обмена теплом.



Рис. 3 Капля сгораемого топлива

Цепная экзотермическая реакция окисления молекул углеводорода кислородом воздуха и есть горение. Подведенное тепло к молекуле углеводорода запускает эту реакцию. При окислении молекула выделяет тепло и делится им с соседними молекулами, соседи поступают также, таким образом расширяется круг молекул, вовлечённых в реакцию окисления и выделения тепла. Скорость передачи тепла от молекулы к молекуле и скорость протекания реакции окисления определяют скорость распространения фронта пламени. Данный процесс довольно

неравномерно. Даже при сжигании стехиометрической смеси в отработавших газах присутствуют СО (до 0,7 %) и СН (до 0,2 %), - не хватило кислорода. А на режимах с высокими температурами могут появиться и более токсичные оксиды азота NO_x - около 0,1 %. Кислород - сильный окислитель и Создатель воздуха щедро его разбавил

Дизель работает при гетерогенном смесеобразовании и самовоспламенении полученной смеси от высокой температуры воздуха, возникшей в процессе сжатия. При гетерогенной смеси в цилиндре дизеля локальные коэффициенты избытка воздуха имеют весь диапазон значений от λ = 0 (чистое топливо) до λ = 1 (чистый воздух).

Из этого следует, что при тон-

ком распыливании (много мелких капель), высоком коэффициенте избытка воздуха возникает множество локальных зон с необходимыми значениями λ, обеспечивающими самовоспламенение. Это потенциально создаёт предпосылки к хорошей полноте сгорания. Плохо, что процесс впрыска, испарения, смесеобразования и горения сильно растянуты по времени.

При частоте вращения коленчатого вала 50 об/сек (это 3000 об/мин), один оборот происходит за 0,02 сек. Если предположить, что горение должно произойти на протяжении 30° поворота коленчатого вала, то время для горения составляет 0,00166...сек.

Вывод:

1. Для обеспечения высокой полноты сгорания в топливно-воздушной смеси должно быть большое количество воздуха, т.е. она должна быть бедной.

2. Для обеспечения высокой скорости горения рабочую смесь нужно приготовить, т.е. испарить топливо и хорошо перемешать с воздухом вне цилиндра (моторы утилизируют много тепла, его можно использовать для испарения топлива). В цилиндре обеспечить необходимую температуру для самовоспламенения отдельных молекул углеводорода, аналогично дизелям.

Данные мероприятия создают предпосылки к переходу на более совершенный термодинамический цикл подвода тепла - изохорный (цикл Хамфри). Он позволит поднять термический КПД мотора, а значит и мощность на 20...30% без увеличения расхода топлива.



Рис. 4 Термодинамические циклы

Но для этого нужно провести ещё три мероприятия:

1. Обеспечить постоянство объема камеры сгорания на момент горения. Наиболее просто реализовать это требование в двухтактном двигателе с противоположно движущимися поршнями (два поршня между головками образуют камеру сгорания).

[См. - "Двигатель" №2 2018, "История двигателей 5ТД..." - РЕД.]

2. Можно задать фазы движения поршней. При сдвиге фаз вращения одного коленчатого вала относительно другого складывается возможность сохранить постоянным объём между поршнями на протяжении угла сдвига, первый поршень прошёл ВМТ, а второй только движется к ВМТ;

3. Обеспечить начало реакции окисления молекулы топлива (самовоспламенения) в определённый момент времени. Для этого нужно управлять температурой смеси в конце такта сжатия т.е. степенью сжатия или ходом поршней. В технике это требование хорошо реализуется в аксиальных машинах. В аксиальном двухтактном двигателе с противоположно движущимися поршнями можно плавно управлять ходами

каждого из поршней выхлопа и продувки.

Решение данных задач позволит создать многотопливный двигатель с высоким КПД. В данном направлении с различными вариантами работают ведущие фирмы разных стран. Получены весьма обнадеживающие результаты.

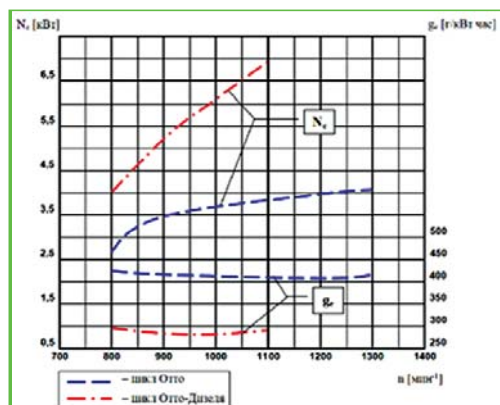


Рис. 5 Внешние скоростные характеристики двигателей, работающих по различным циклам

Связь с автором: nippard@rambler.ru

Вся графика - из отчёта по исследованиям в МГТУ "МАМИ".