

Глазунов Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЙНОГО ХАРАКТЕРА НАПОЛНЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ И ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ КАМЕР СГОРАНИЯ НА ПРОЦЕСС СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ

D.V. Glazunov

THE STUDY OF THE JET CHARACTER OF THE FILLING OF THE CYLINDERS OF THE ENGINE AND THE INFLUENCE OF THE SHAPE OF COMBUSTION CHAMBERS IN THE PROCESS OF MIXING

УДК: 621.43.019.2

В статье проведено предварительное исследование струйного характера наполнения цилиндров двигателя горючей смесью. Проведен анализ различных камер сгорания на процесс смесеобразования и структуру пламени. Приведены расчетные схемы камер сгорания двигателя.

In this paper a preliminary study of the nature of the jet filling the cylinders of the engine fuel mixture. The analysis of various combustion chambers on the process of mixing and flame structure. The calculated scheme engine combustion chambers.

А.А. Соколик считает, что струйный характер наполнения и создаваемые при этом градиенты скоростей являются основным источником, генерирующим турбулентность в цилиндре двигателя.

Максимальные значения скорости и ее градиентов растут с частотой вращения вала и степенью открытия дросселя. В ходе сжатия исчезает струйный характер течения газа и скорость турбулентных пульсаций снижается. К ВМТ интенсивность турбулентности снова возрастает благодаря частичному перераспределению энергии крупных вихрей на пульсации высоких частот при уменьшении объема камеры. На возрастание энергии турбулентных пульсаций в единицу объема заряда оказывает также влияние повышение плотности газа у ВМТ. Таким образом, несмотря на непрерывное рассеивание энергии на ходу сжатия, интенсивность турбулентных пульсаций оказывается недостаточно высокой вблизи ВМТ, чем обеспечивается высокая скорость горения. В ходе расширения происходит резкое ослабление турбулентности.

В камере сгорания с вытеснителем в конце сжатия имеет место интенсивное струйное течение газа со скоростями 20...30 м/с, которое способствует многократному увеличению скорости распространения турбулентного пламени.

В предлагаемой математической модели процесса сгорания последовательно рассчитываются турбулентности, генерируемые с помощью вытеснителя в конце процесса сжатия. Фаза видимого горения в модели делится на два периода. В первом периоде скорость сгорания определяется

крупномасштабными турбулентными пульсациями, созданными струйным течением заряда через щель впускного клапана. Расчет скоростей в этом периоде ведется по уравнению (1). Во втором периоде видимого горения скорость сгорания зависит от скорости струйного течения заряда, создаваемого вытеснителем. Последняя рассчитывается по уравнению (2). При наличии организованного струйного течения заряда перенос пламени осуществляется этим течением, следовательно, и скорость распространения турбулентного пламени определяется в основном скоростью струйного движения. Если газовый поток движется со средней скоростью W , то абсолютная скорость перемещения турбулентного пламени будет равна

$$V_{m} = W + U_T, \quad (1)$$

Проведены эксперименты по определению скоростей струйного течения в одноцилиндровом экспериментальном двигателе с камерой сгорания без вытеснителя [4]. Измерение скорости произведено при помощи флажкового датчика размером 3x3 мм с полупроводниковым тензорезистором типа Ю-8А-2. Аппаратура регистрации состоит из ионизационного генератора, усилителя и осциллографа. Устройство крепления датчика позволяет перемещать его вдоль оси цилиндра и перемещать флажок вокруг оси. На рис. 1 представлены осциллограммы скоростей движения газа, полученные на режиме полного дросселя при $n=1500$ мин⁻¹.

Экспериментальные графики скоростей струйного течения в конце сжатия и в начале расширения приближенно аппроксимируются уравнением:

$$W \approx A(1 - \cos 2\varphi), \quad (2)$$

где A - коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности заряда и от скорости потока во впускном отверстии.

Плотность смеси во впускном отверстии пропорциональна коэффициенту наполнения, а средняя скорость смеси во впускном отверстии пропорциональна скорости вращения коленчатого вала и обратно пропорциональна среднему удельному проходному сечению клапана d_{cp}/V_n :

$$W = \frac{n}{30d_{cp}} * \frac{\varepsilon - \frac{P_r T_a}{P_a T_r}}{\varepsilon - 1} \quad (3)$$

На рис. 2 представлены графики скоростей струйного движения, рассчитанные по этому уравнению для разных скоростных режимов работы двигателя.

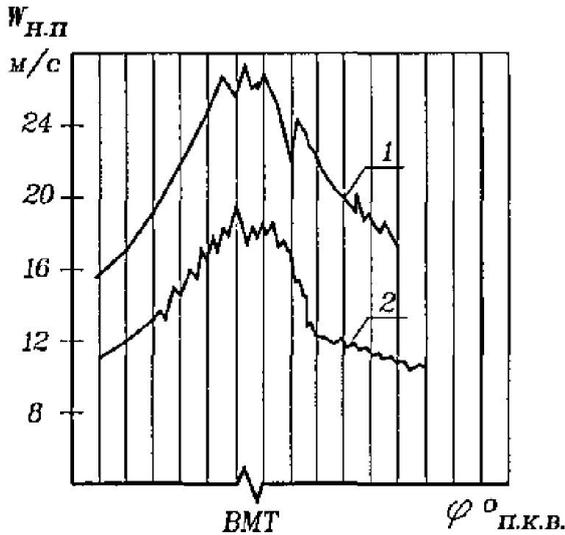


Рис. 1. Оциллограммы скоростей вихревых движений заряда в цилиндре экспериментального двигателя:
1 - при $n = 3500$ мин-1;
2 - при $n = 1500$ мин-1. Нагрузка - 100%

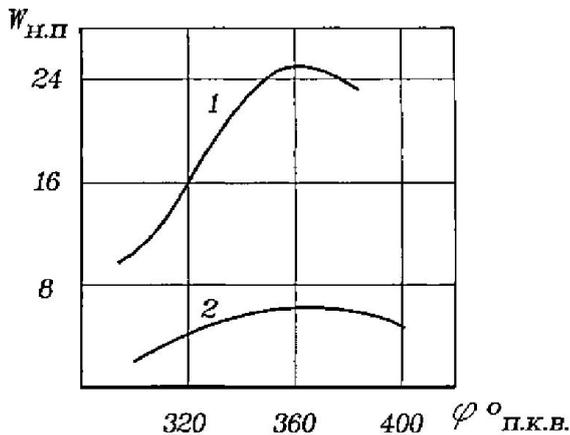


Рис. 2. Расчетные скорости вихревых движений заряда в цилиндре двигателя
P4 F/,=2,445 л: 1 - при $n = 4000$ мин-1;
2 - при $n = 1000$ мин-1. Нагрузка - 100%

Взятые в основу уравнения (1) предпосылки о влиянии на скорость струйного течения газа нагрузочного и скоростного режимов работы двигателя подтверждаются результатами экспериментальных исследований, проведенных различными исследователями на двигателях с помощью электроанемометров.

Во втором периоде видимого горения скорость распространения определяется скоростью струйного течения заряда, создаваемого вытеснителем. Возможен расчетный анализ скоростей и направлений потоков, создаваемых вытеснителем.

На рис. 3 представлена расчетная схема полуклиновой камеры сгорания с развитым вытеснителем.

Скорость изменения массы газа в объеме вытеснителя описывается двумя дифференциальными уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM_{\text{выт}}}{d\tau} &= \frac{M_a}{V_2} \left(V \frac{dV_{\text{выт}}}{d\tau} - V_{\text{выт}} \frac{dV}{d\tau} \right) \\ \frac{dM_{\text{выт}}}{d\tau} &= -W_{\text{выт}} f \rho \end{aligned} \right\}$$

Текущее значение проходного сечения для газа у порожка вытеснителя равно $f = l_{\text{выт}}(\Delta + R_{кр}\sigma)$,

$$\sigma = (1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda}{4} (\cos 2\varphi);$$

где:

- $l_{\text{выт}}$ - длина порожка вытеснителя;
- Δ - зазор между головкой и поршнем в ВМТ;
- $R_{кр}$ - радиус кривошипа.

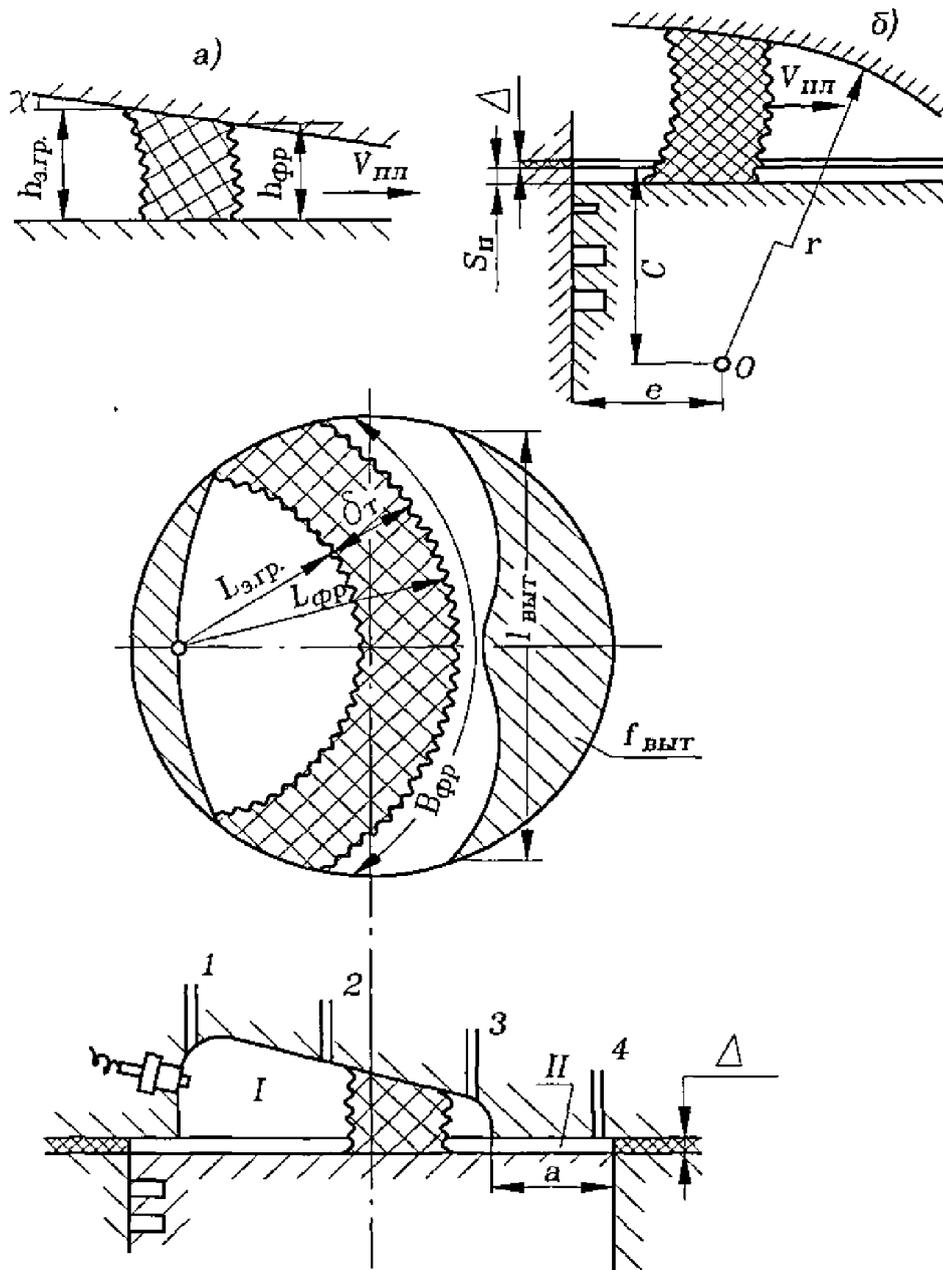


Рис. 3. Расчетные схемы камер сгорания:

a – размер вытеснителя; $b_{фр}$ – ширина пламени; $\delta_{г}$ – глубина пламени;
 h – высота камер сгорания в плоскостях фронта и задней границы пламени;
 α – угол свода камеры; r – радиус сферы, образующей свод камеры.

Получено следующее выражение для скорости движения смеси в сечении щели у порожка вытеснителя:

$$W_{\text{выт}} = 0,1047 \frac{f_{\text{выт}}}{l_{\text{дсн}}} n \left(\frac{1}{\frac{2}{\varepsilon-1} + \sigma} + \frac{1}{\frac{\Delta}{R_{\text{кр}}} + \sigma} \right) \sigma^l, \quad (4)$$

где: $\sigma = \sin\varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi$;

$d_{\text{выт}}$ – площадь вытеснителя.

Полученное выражение (4) можно широко использовать при анализе скорости движения горючей смеси.

Литература

1. Апашев М.Д., Михаленко В.Д. Уравнение, связывающее скорость турбулентного горения с видимой скоростью распространения пламени в двигателе. В кн.: Сб. трудов ВЗПИ. Серия. Двигатели внутреннего сгорания, 1973, вып. 8.
2. Вахошин Л.И. О некоторых особенностях рабочего процесса бензиновых двигателей с вихревым движением

- заряда. - Тр. НАМИ, 1979, вып. 3, с. 15-26.
3. Вибе И.И. Расчет рабочего цикла двигателей с учетом скорости сгорания и угла опережения воспламенения. - Автомобильная и тракторная промышленность, 1967, № 1, с. 15-23.
 4. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. - М.: Машиностроение, 1977. - 277 с.
 5. Воинов А.Н., Скорodelов Д.И. Изучение особенностей развития пред-пламенных процессов и воспламенения углеводородов различного строения. В кн.: Сборник Кинетика и Катализ. М.: АН СССР, 1967. т. 8, вып. 2, 3, с. 493 -505.
 6. Генкин К.И., Хазанов З.С. Исследование механизма сгорания в двигателе. - В кн.: Горение и взрыв. Материалы третьего всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. М.: 1972, с. 409 – 415.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Асанов А.