

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ПЛЕНОК В КОЛЛЕКТОРАХ ДВС С/Х НАЗНАЧЕНИЯ

О.Д. Черепов

В статье рассматриваются условия течения топливной пленки в коллекторе ДВС. Приведены характеристики текущей пленки и зависимость скорости срыва капель от действующих ускорений.

Ключевые слова: ДВС, смесеобразование, коллектор.

В большинстве случаев наблюдается ламинарное течение пленки в коллекторе ($Re = w'\delta/\nu' \leq 100...400$).

В этом случае, для вертикального участка коллектора можно записать (пренебрегая кривизной поверхности по отношению к толщине пленки, ее течение можно рассматривать как течение на плоскости)

$$\frac{\partial p'}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

$$g'_x \rho' - \frac{\partial p'}{\partial x} + \mu' \frac{\partial^2 w'_x}{\partial y^2} = \rho' \left(\frac{\partial w'_x}{\partial \tau} + w'_x \frac{\partial w'_x}{\partial y} + w'_y \frac{\partial w'_x}{\partial y} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial w'_x}{\partial x} + \frac{\partial w'_y}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

где p - гидродинамическое давление;

ρ - плотность;

g'_x - массовые силы, отнесенные к единице массы (проекция на ось x);

w - скорость;

x, y - текущие значения координат; γ - удельный вес;

μ - коэффициент динамической вязкости;

ξ - коэффициент сопротивления трению на границе раздела фаз.

Индексы: ' - жидкая фаза, '' - газообразная фаза. Скорость пленки на границе раздела фаз может быть представлена в виде [1]

$$w'_{гр} = \pm \xi'' \frac{\gamma'' w''_{отн}{}^2}{2g\mu'} \delta + \frac{\gamma' - \gamma''}{2\mu'} \delta^2, \quad (4)$$

где $w''_{отн} = w'' - w'_{гр}$, δ - толщина пленки.

Знак + соответствует случаю течения пленки и смеси в одном направлении, - в разных направлениях.

Учитывая, что $\rho' \gg \rho''$, медленное течение пленки по отношению к смеси, и уравнение (2), можно представить массовый рас-

ход пленки на единицу ширины в следующем виде:

$$m' = \xi'' \frac{\rho''}{4\nu'} w''^2 \delta^2 + \frac{\rho' g'}{3\nu'} \delta^3. \quad (5)$$

В уравнении (5) первое слагаемое учитывает аэродинамические силы (поверхностные), а второе - гравитационные (массовые). Численный анализ показывает, что второе слагаемое на порядок меньше первого. Это позволяет сделать вывод о применимости, в первом приближении, уравнения (5) к участку, расположенному в пространстве произвольно, что подтверждается также выводами работы [3].

В этой работе показано, что процессы, происходящие в коллекторе двигателя, могут рассматриваться, как квазистационарные. Отмечается возможность "квазистационарным" способом расчета напряжений в пленке, которые являются определяющим фактором при течении и массообмене. т.е. подтверждается возможность использования приводимых выше уравнений для расчета процессов в коллекторе двигателя.

Коростелев Б.Я. на основании экспериментов получил уравнения, позволяющие оценить в стационарных условиях основные параметры процесса течения пленки [3].

Средняя толщина пленки:

$$\delta_{cp} = 0,055 (3\nu_1^2 / g)^{0,333} Re_{кр}^{0,95} (\nu_2 / \nu_1)^{-0,20}. \quad (6)$$

Средняя скорость течения пленки:

$$V_1 = 35,2 (g\nu_1)^{0,333} (\nu_1 / \nu_2)^{0,40} Re_{кр}^{-0,24}. \quad (7)$$

Высота волн:

$$h = 0,204 V^{-1,64}, \quad (8)$$

где $Re_{кр} = Q_{кр} / \nu_1$,

$Q_{кр}$ - плотность орошения. (объемная).

В работе показано, что в случае, когда высота волны такова, что пленка проникает в турбулентное ядро потока смеси достаточно

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ПЛЕНОК В КОЛЛЕКТОРАХ ДВС С/Х НАЗНАЧЕНИЯ

глубоко, происходит срыв капель с поверхности пленки.

Из гидродинамики известно, что толщина ламинарного слоя, отделяющая поверхность коллектора от турбулентного ядра, может быть вычислена на основании известной из гидродинамики зависимости (толщиной пограничного слоя, как величиной второго порядка малости пренебрегаем):

$$\delta = \frac{30d}{\text{Re}\sqrt{\lambda}} = \frac{120R}{\text{Re}\sqrt{\lambda}}. \quad (9)$$

где R - гидравлический радиус,

Re- критерий Рейнольдса,

λ - коэффициент сопротивления трению.

О.С.Кутателадзе и А.С.Стырикович дают для вычисления критической скорости, при которой происходит срыв капель, зависимость:

$$V''_{кр} \approx 2,1 \sqrt{\frac{\sigma\gamma'}{g\gamma''(\gamma' - \gamma'')}} \sqrt[3]{\frac{\gamma'}{\mu'}}. \quad (10)$$

Учитывая, что $\gamma' - \gamma'' \cong \gamma'$ и $\mu' = \nu'\rho'$, а $\gamma' = \rho'g$ получим, применительно к рассматриваемому случаю,

$$V = 2,1g^{-0,667} \sigma^{0,5} (\rho'')^{-0,5} (\nu')^{-0,333}. \quad (11)$$

Сопоставление результатов расчетов, выполненных по приведенным зависимостям, показывает, что заметный срыв капель происходит с волнообразно текущей пленки при значительной глубине ее проникновения в турбулентное ядро, что может быть объяснено необходимостью затрат энергии на преодоление сил поверхностного натяжения, препятствующих разрыву пленки. (В случае неустановившихся режимов, вместо g в последней зависимости (11) должна быть учтена действующая вдоль оси двигателя массовая сила, отнесенная к единице массы: $j_x = du_x/dt$)

Тогда,

$$V_{кр} \approx 0,45j_x^{-0,667} \sigma^{0,5} (\rho'')^{-0,5} (\nu')^{-0,333}. \quad (12)$$

Из этой зависимости следует, что критическая скорость срыва капель будет зависеть от действующих ускорений; это существенно усложняет картину процессов, происходящих в коллекторе.

Расчеты показывают, что практически на всех режимах, кроме некоторых случаев работы на оборотах минимального холостого хода, в коллекторе наблюдается срыв капель с поверхности текущей пленки. Вследствие кривизны поверхности коллектора и наличия тангенциальной составляющей скорости потока смеси, частицы, срываемые с поверхности, вновь осаждаются на стенки, питая пленку.

Особенности течения пленки связаны, таким образом, с процессом вторичного распыливания, срываемых с поверхности капель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидравлика газожидкостных систем. -М.,Л.: Госэнергоиздат, 1958. -232с.
2. Коваль В.А., Лавренюк В.С. Анализ процессов смесеобразования в карбюраторных двигателях внутреннего сгорания. -Винница.: Винницк. политехн. ин-т., 1983. -73с.
3. Карастелев Б.Я. Исследование устойчивости пленок жидкости при взаимодействии со спутным потоком газа в элементах энергетических установок: Автореф. дисс... к.т.н. -Владивосток, 1975. - 24с.

Черепов О.Д., д.т.н., проф., кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852) 29-08-01.