

УДК 621.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЕ

Е. В. КУЗНЕЦОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На современном этапе развития науки выбор основных параметров технического изделия осуществляют, как правило, на основе математического моделирования протекающих процессов. Так, для обоснованного выбора параметров двигателя внутреннего сгорания (ДВС) важно правильно моделировать процесс горения топлива [1].

Массу топлива, соответствующую цикловой подаче за каждый интервал времени dt , можно описать линейной функцией, что соответствует нормально работающей топливной аппаратуре:

$$dm_{\tau} = dt g_{\tau}, \quad (1)$$

где g_{τ} – массовый расход топлива через форсунку.

В начале процесса подачи топлива следует определить период задержки воспламенения (период индукции). На основе законов химической кинетики

$$\tau_i = 0,001 \frac{e^{700/T_c}}{\sqrt{p_c}}, \quad (2)$$

где T_c , p_c – температура и давление рабочего тела в камере сгорания в начале подачи топлива.

Заметим, что для товарного топлива $\tau_i = 0,0005 \dots 0,003$ с.

По истечении τ_i происходит воспламенение топлива. Среднюю скорость реакции горения на интервале dt можно определить по зависимости

$$v_r = \frac{g_{\tau}}{V} \sqrt{p} e^{T/1500}, \quad (3)$$

где V , p , T – объем рабочего тела над поршнем, давление и температура газа.

Для серийно выпускаемых ДВС на номинальном режиме работы наибольшая скорость реакции $v_r^{\max} = 0,1 \dots 0,25$ кг/с.

Проведенные исследования показали, что τ_i и v_r существенно зависят от угла опережения подачи топлива (опережения зажигания).

Масса сгоревшего за период dt топлива определится произведением

$$dm_{Tr} = v_r dt. \quad (4)$$

При этом существует два ограничения:

$$dm_{Tr} = m_T \text{ при } dm_{Tr} > m_T; \quad (5)$$

$$dm_{Tr} = m_B / k_r \text{ при } dm_{Tr} > m_B / k_r, \quad (6)$$

где k_r – стехиометрический коэффициент реакции окисления топлива.

Выражение (5) является ограничением по наличию в цилиндре топлива, а (6) – по наличию воздуха.

Зная массу сгоревшего топлива за dt , можно определить количество выделившейся теплоты

$$dQ = H_u dm_{Tr}, \quad (7)$$

где H_u – низшая теплота сгорания топлива.

Далее оценивается теплоёмкость воздуха mc_B около факела, количество израсходованных на реакцию молей воздуха μ_B и температура в факеле T_ϕ :

$$mc_B = 20 + 0,002 T; \quad (8)$$

$$\mu_B = k_r \cdot dm_{Tr} / R_B; \quad (9)$$

$$T_\phi = \frac{dQ}{mc_B \cdot \mu_{\%_0}}, \quad (10)$$

где R_B – газовая постоянная воздуха.

Среднюю температуру рабочего тела в цилиндре вычисляем из отношения

$$T_{cp} = \frac{(k_r + 1) m_{Tr} T_\phi + (m_B + m_r + m) T}{(k_r + 1) m_{Tr} + m_B + m_r + m}. \quad (11)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузнецов, Е. В.** Основы теории и проектирования ДВС / Е. В. Кузнецов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – 323 с.