

УДК 621.43

Машкур Махмуд Атала (асп., каф. ДВС), А.Ю. Шабанов, к.т.н., доц.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИК К ИССЛЕДОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В ГАЗОВОЗДУШНЫХ КАНАЛАХ ДВС

Технико-экономические показатели двигателей в значительной степени зависят от газодинамического совершенства их впускных и выпускных систем.

Конструктивная сложность систем впуска и выпуска двигателей, а также цикличность в их работе, обуславливают сложный нестационарный характер течения газа. Перестройка структуры потока происходит при изменении направления течения газа, в местных сопротивлениях, под воздействием волновых процессов. Таким образом, при конструировании впускных и выпускных систем двигателей внутреннего сгорания все большее значение приобретают расчетные исследования на ЭВМ с использованием численных методов.

С целью изучения нестационарных явлений во впускных и выпускных трубопроводах ДВС предложена замкнутая математическая модель, описывающая термодинамические явления в каналах и коллекторах систем впуска и выпуска. Исходной является гиперболическая система уравнений неразрывности, количества движения и энергии в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{u}{F} \frac{dF}{dx} &= 0; \quad F = \frac{\pi}{4} D^2; \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{4f}{D} \frac{u^2}{2} \frac{u}{|u|} &= 0; \quad f = \frac{\tau_w}{0,5\rho u^2}; \\ \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} - a^2 \frac{\partial \rho}{\partial x} - (k-1)\rho \left[q + u \frac{4f}{D} \frac{u^2}{2} \frac{u}{|u|} \right] &= 0; \quad a^2 = \frac{kp}{\rho}. \end{aligned}$$

где a – скорость звука; ρ – плотность газа; q – плотность теплового потока в стенки; u – скорость потока вдоль оси x ; t – время; p – давление; f – коэффициент трения; D – диаметр трубопровода; τ_w – касательное напряжение трения, k – показатель адиабаты.

На основе метода характеристик разработан численный алгоритм для расчета параметров газоздушных потоков в каналах ДВС. Алгоритм имеет блочную структуру. Центральным элементом является блок расчета газодинамики трубопроводов методом характеристик с учетом трения, теплоотдачи, изменения теплоемкости, энтропии потока и площади сечения канала. Расчетный шаг по времени определяется критерием устойчивости схемы:

$$\Delta t \leq \frac{1}{|u| + a},$$

где знаменатель $|u| + a$ принимается максимальным для всей расчетной области.

Математическая модель замкнутого рабочего цикла комбинированного турбопоршневого двигателя включает в себя расчетные соотношения, описывающие процессы в цилиндрах двигателя и частях впускных и выпускных систем. В результате расчета могут быть получены локальные мгновенные распределения скоростей, температур и давлений рабочего тела по всем элементам впускной и выпускной системы двигателя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ. / Р.М. Петриченко, С.А. Батулин, Ю.Н. Исаков и др.; под общ. ред. Р.М. Петриченко. – Л.: Машиностроение, 1990. – 328 с.: ил.
2. Takizawa M., Uno T., Tadayoshi Y. A study of gas exchange process simulation of an automotive multi-cylinder internal combustion engine // SAE 820410-1982.
3. Low S.C., Benson R.S., Winterbone D.E. Computer aided design package for diesel engine manifold system // SAE 790277-1979.