

ВЛИЯНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА КОНЦЕНТРАЦИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛ КИСЛОРОДА И АЗОТА В ВОЗДУШНОМ ВИХРЕ

*Пилатов Александр Юрьевич, Герцик Сергей Григорьевич
Научный руководитель - канд. техн. наук, доцент Г.А. Вершина
(Белорусский национальный технический университет)*

В данной работе дано математическое описание основ физического перемешивания основных газовых составляющих воздуха (азота и кислорода), молекулы которых находятся одновременно в хаотическом тепловом и упорядоченном вращательном движении. В зависимости от температуры в вихре и частоты вращения газового вихря изменяются концентрации отдельных компонентов в различных зонах вращающегося воздуха.

Работа современных дизельных двигателей во многом определяется циркуляцией по их газоздушным трактам (система подачи воздуха) вихревого движения воздушной массы. В равновесном состоянии любая смесь с точки зрения распределения концентраций в выделенном объеме является однородной. Концентрационный состав смеси в любой точке выделенного объема одинаков.

При появлении упорядоченного движения и образования потока в газе каждая из молекул в воздухе может одновременно находиться в хаотическом тепловом, и упорядоченном движении со средней скоростью потока. Упорядоченное движение обуславливается передачей молекуле среднего упорядоченного импульса движения от других молекул в потоке.

Выделим во вращательном потоке два основных направления: по радиусу (радиальное) и по направлению скорости упорядоченного вращающегося потока (тангенциальное). Импульс каждой молекулы, в движущемся потоке складывается из

импульса, присущего хаотическому движению молекулы $P_{\text{хаот}}$, и импульса $P_{\text{окр}}$ упорядоченного движения по какой-либо окружности вихревого потока радиусом r_{max} .

Переноса вещества между различными вращающимися потоками не будет (другими словами концентрационное соотношение молекул компонентов) в радиальном направлении, если

$$\frac{dP_r}{dt} = 0, \quad (1)$$

где P_r – суммарный импульс потока, находящегося одновременно со всеми молекулами в вихревом вращательном движении.

Обозначим $\Psi = N_1 / N_2$ (отношение числа молекул первой компоненты в некотором элементарном объёме к числу молекул второй компоненты) и $\varphi = dN_2 / N_2$ (относительное приращение числа молекул второй компоненты).

Следующее уравнение можно составить исходя из тех рассуждений, что каждая из компонентов газовой смеси в объёме dV полностью заполняют площадку dS без учёта числа и массы молекул другой компоненты в газовой смеси.

$$\left(m_1^0 \cdot n_1 + m_2^0 \cdot n_2 \right) \cdot dV \cdot \omega^2 \cdot r \cdot dr = (n_1 \cdot k \cdot T + n_2 \cdot k \cdot T) \cdot dS \cdot dr, \quad (2)$$

где $\left(m_1^0 \cdot n_1 + m_2^0 \cdot n_2 \right)$ – представляет собой плотность смеси газов;

dV – элементарный объём;

$\omega^2 \cdot r$ – радиальное (центробежное) ускорение частицы;

dr – перемещение, за которое центробежная сила совершает работу по сжатию газа.

Совместное решение уравнений (1) и (2) даёт одно дифференциальное уравнение относительно Ψ (отношение числа молекул первой компоненты к числу молекул второй компоненты).

$$\begin{aligned}
 & (m_1^0 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a_1 + (b_1 - c_1) \cdot k \cdot T) \cdot \psi^2 + \psi \cdot (m_1^0 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a_2 + \\
 & + m_2^0 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a_1) + \psi \cdot ((b_1 - c_1) \cdot k \cdot T + (b_2 - c_2) \cdot k \cdot T) + (a_1 \cdot k \cdot T - \\
 & - a_2 \cdot k \cdot T) \cdot \frac{d\psi}{dr} + (m_2^0 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a_2 + (b_2 - c_2) \cdot k \cdot T) = 0.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Функцию Ψ из дифференциального уравнения (3) можно определить путём численного интегрирования.

С применением данной методикой расчёта распределения молекулярных концентраций азота и кислорода в вихре, попадающем в камеру сгорания двигателя, рассчитывается закон топливоподачи в двигателе внутреннего сгорания, обеспечивающий наименьшее из всех возможных или полное отсутствие токсичных выбросов (оксидов азота) без ухудшения экономичности и мощности при работе двигателя.

Изменение концентраций кислорода и азота от радиуса вихря ($T=600\text{K}, n=2400\text{ об/мин}, H=22$)

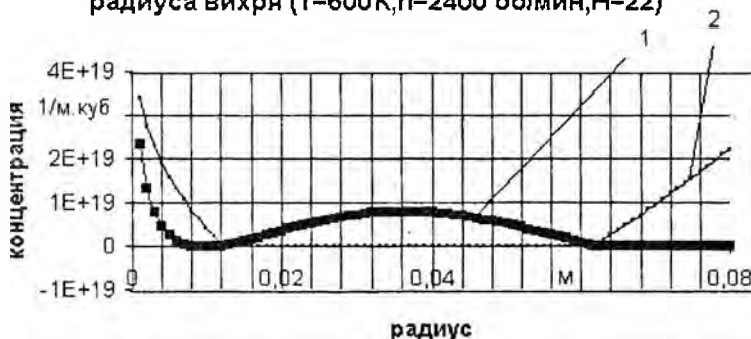


Рис.1. Зависимость концентраций кислорода и азота от радиуса вихря ($T=600\text{ K}, n=2400\text{ об/мин}$): 1-кислород; 2-азот

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. - М.:Наука, 1987.- 432 с.