

толщине одного бислоя. Во-вторых, из дальнего действия электрических сил следует возможность образования нескольких бислойных адсорбционных слоев на поверхности мембраны. Следует отметить, что упорядоченность адсорбции с увеличением количества слоев будет ухудшаться. Вследствие экранировки заряда клетки предыдущими слоями, упорядочивающее его значение будет снижаться, возрастет разрыхленность последующих слоев и молекулы липидов будут занимать большую площадь, чем в более глубоких слоях; степень свободы их с клеткой возрастет, и они будут легче переходить в раствор. Другими словами, энергия

связи с поверхностью клетки каждого последующего слоя будет ниже, чем предыдущего, что приведет, в конце концов, к эффекту насыщения, когда толщина мембраны уже не будет возрастать, несмотря на дальнейшее увеличение концентрации липидов в окружающем растворе [1, 4].

Из вышеизложенного следует, что применение ЭМП с определенными биотропными параметрами будет влиять на прочность плазматической мембраны за счет молекул липидов раствора желтка или других веществ при криоконсервации спермы животных.

Литература

1. Осташко Ф.И. Биотехнология воспроизводства крупного рогатого скота [Текст] / Ф.И. Осташко.- К.: Аграрна Наука, 1995. - 172 с.
2. Милованов В.К. Химическая природа антиоксидантов и их действие при замораживании семени баранов [Текст] / В.К. Милованов, Е. Кольцова, И. Н. Шайдуллин // Животноводство, 1981. – № 9. – С. 45 – 46.
3. Осташко Ф.И. Харьковская технология криоконсервации спермы животных [Текст] / Ф.И. Осташко, Н.П. Павленко, Г.Н. Кузнецов // Теоретические и прикладные аспекты биотехнологии, 1991. – С. 32-33.
4. Zahler W. L. Isolation of outer acrosomal membranes from bull sperm [Текст] / W. L. Zahler, G. A. Doak // Biochim. Biophys. Acta, 1975. – 406. – P. 479 – 488.

На підставі законів термодинаміки показаний вплив зміни ентропії на тривалість індукційного періоду згоряння та формування факелу

Ключові слова: факел, індукційний період згоряння, ентропія, камера згоряння, хімічний потенціал

На основе законов термодинамики показано влияние изменения энтропии на продолжительность индукционного периода сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания и формирование факела

Ключевые слова: факел, индукционный период сгорания, энтропия, камера сгорания, химический потенциал

On the basis of the laws of thermodynamics the effect of change entropy on the duration of the induction period of combustion in internal combustion engines and formation of flare are shown

Keywords: flare, induction period of combustion, entropy, combustion chamber, chemical potential

УДК 621.43.01(075.8)

ВЛИЯНИЕ ЭНТРОПИИ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИНДУКЦИОННОГО ПЕРИОДА СГОРАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ФАКЕЛА

Л. В. Кнауб

Доктор технічних наук, доцент, професор
Кафедра ракетно-артилерійського озброєння*
Контактний тел.: 067-682-86-70
E-mail: knaubludmila@gmail.com

Н. Я. Маслич

Кандидат технічних наук, доцент, доцент
Кафедра електротехніки та інженерної механіки
*Одеська Військова академія
вул. Фонтанська дорога, 14, м. Одеса, Україна,
65062
Контактний тел.: 097-170 40 47
E-mail: maslich_natalia@mail.ru

1. Введение

Процессы внешнего и внутреннего смесеобразования в поршневых двигателях внутреннего сгорания определяют скорость и полноту выгорания топлива, которые являются показателями перехода теплоты в работу.

В научных литературных источниках по вопросам смесеобразования в двигателях приведен ряд разработок, касающихся гидродинамики течения двухфазных потоков от карбюратора до заполнения надпоршневого объема, процессов испарения топлива и конденсации по всасывающему тракту, волновых процессов возмущения, вызываемых перемещением поршня к объему камеры сгорания и ряд других решенных задач по совершенствованию двигателей, использующих легкие топлива.

Процессы подвода, смесеобразования и выгорания, при форсировании по частоте с использованием дизельного и высоковязкого топлив ужесточают требования, из-за меньшего интервала времени отводимого на предпламенные процессы, к системам топливоподачи, оформлению камер сгорания и к физико-химическим и термогазодинамическим процессам.

Совершенствования как внешнего, так и внутреннего смесеобразования целенаправленны на повышение КПД двигателей. Положенный в основу факел топлива как источник энергии позволит решить эту проблему более экономичнее и в кратчайшее время.

Задача данной работы показать динамику формирования факела в индукционный период сгорания.

2. Основная часть

Факел, независимо от характера горения невидимого или открыто-видимого, линейного, поверхностного или объемного, изменения скоростей, параметров, энергетических уровней компонент от начала горения до полного выгорания, установившегося окисления или с внешними возмущениями, претерпевает внутреннюю неравновесность в микро- и макрообъемах во времени и по координатам. Если химические реакции в факеле считаются необратимыми, при самых идеальных условиях, созданных для обратного по направлению течения реакций с отнятием молекул кислорода, то принципиально (только теоретически), обратимость может быть достигнута. Равновесность процессов принципиально недостижима, и связано это, на основе законов сохранения массы, импульса и энергии, как указывают авторы [1,2], анализируя баланс энтропии, такими обстоятельствами:

- переменным пространственно-временным источником и стоком энтропии в элемент объема;
- наличием переменного источника энтропии внутри элемента объема за счет необратимых процессов.

На наш взгляд, неравновесность производства энтропии в момент окисления компонент при фазовых переходах в факеле является основным аргументом. И еще, нелинейные газодинамические функции факела, связывающие локально параметры состояния факела, процессов внутри и на границах не дают полного основания для оценки интенсивности производства энтропии при стоке и источнике переменных субстанций

факела в процессах формирования и выгорания, тем более при внешних возмущениях его – переменных подводах работы и теплоты.

Внешние возмущения факела, вызванные ограничениями в виде стенок камеры сгорания или притоками и оттоками теплоты набегающих потоков, в которых параметры состояния отличные от параметров локальных микрообъемов факела усиливают неравновесность состояния и производства энтропии вследствие роста нелинейностей массо- и теплопереноса.

Рассмотрим законы термодинамики для условий, когда протекает формирование факела за индукционный период сгорания.

Принимая закон изменения массы микрообъема за V [3], в котором протекают химические реакции, определяем изменения плотностей диффузионных процессов от скоростей химических реакций

$$\int_V \frac{\partial \rho_i}{\partial \tau} dV = - \int_S \rho_i w_i dS + \sum_{i=1}^n \int_V v_{ij} J_j dV, \quad (1)$$

где ρ_i – плотность i -ой компоненты;

w_i – скорость компоненты;

S – нормальный вектор стока и источника субстанций к поверхности микрообъема (положительный из объема, отрицательный в объем);

J_j – диффузионный поток (скорость химической реакции);

$v_i = \frac{v_{ij}}{M_i}$, j –

скорость j -ой реакции, M_i – молекулярная масса i -ой компоненты).

В уравнении (1) величины ρ_i , w_i , J_j – функции времени и координат. Выразив J_j , w как диффузионный поток через концентрацию

$$\left. \begin{aligned} J_i &= \rho_i (w_i - w); \\ w &= \sum_{i=1}^n \frac{\rho_i w_i}{\rho}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$C_i = \frac{\rho_i}{\rho}; \quad \sum_{i=1}^n C_i = 1,$$

уравнение (1) можно заменить более простым изображением:

$$\rho \frac{dC_i}{d\tau} = -\text{div} J_i + \sum_{j=1}^n v_{ij} J_j, \quad (3)$$

где $v_{ij} J_j$ – скорость образования i -ой компоненты в j -ой реакции на единицу объема;

C_i – концентрация i -ой компоненты.

Индукционный период сгорания формирующегося и сформировавшегося факела характерен одновременным протеканием эндо- и экзотермических химических реакций вследствие фазовых переходов и смешения с затратой теплоты в выделенном микрообъеме.

В этих случаях баланс энтропии для выбранного объема записывается в виде [4, 5, 6]

$$dS = \frac{1}{T} \left(du + dl - \sum_{i=1}^i \mu_i dC_i \right), \quad (4)$$

где μ_i – химический потенциал i -ой компоненты;
 u – внутренняя энергия;
 l – работа расширения (увеличения объема факела $dl = p \cdot dv$);
 C_i – концентрации i -х компонент фазового перехода и химических реакций.

Скорость изменения энтропии в объемах факела за индукционный период

$$\frac{dS}{d\tau_i} = \frac{1}{T} \left(\frac{du}{d\tau} + \frac{dl}{d\tau} - \sum_{i=1}^i \mu_i \frac{dc_i}{d\tau} \right), \quad (5)$$

где τ_i – продолжительность индукционного периода.

Изменение энтропии от взаимодействия компонент топлива в факеле с окислителем (воздухом), когда внутренняя энергия факела принимается по усредненной температуре внутренних и внешних возмущений, можно оценить по переменному объему и давлению, т.е. проинтегрировать $\left(\frac{dS}{dV} \right)_{u=const}$ и $\left(\frac{dS}{dp} \right)_{u=const}$ как

предлагают авторы работ [5,6], тогда для факела в индукционный период можно записать выражение:

$$dS_{\tau_i} = \frac{\partial S}{\partial u} du_{\tau_i} + \frac{\partial S}{\partial V} dV_{\tau_i} + \frac{\partial S}{\partial p} dp_{\tau_i} + \frac{\partial S}{\partial w} dw_{\tau_i} + \dots + \frac{\partial S}{\partial T} dT_{\tau_i} \quad (6)$$

В уравнениях (5, 6) значение τ_i является зависимой величиной от параметров состояния, выраженных связями фундаментальных соотношений Гиббса u, J, F, G [6]: внутренней энергии, теплосодержания, свободной энергии и свободной энтальпии:

$$\left. \begin{aligned} du|_{\tau=\tau_i} &= TdS + \sum_i p dV + \sum_i \mu_i dn_i; \\ dJ|_{\tau=\tau_i} &= TdS - \sum_i p dV + \sum_i \mu_i n_i; \\ dF|_{\tau=\tau_i} &= -SdT + \sum_i p dV + \sum_i \mu_i n_i; \\ dG|_{\tau=\tau_i} &= -SdT - \sum_i p dV + \sum_i \mu_i n_i. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

В реальных условиях сгорания факела неравновесность и необратимость процессов усиливаются внешними возмущениями из-за источника и стока массы, импульса и энергии i -ой компонентой при химических реакциях, фазовых переходах и смешении. Тогда системе (7) можно представить следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} +TdS|_{\tau=\tau_i} &= +du - \sum_i (p + \Delta p) dV - \sum_i (\mu_i + \Delta \mu_i) dn_i; \\ +TdS|_{\tau=\tau_i} &= (dJ + dJ_b) + \sum_i (p \pm \Delta p) dV - \sum_i (\mu_i + \Delta \mu_i) dn_i; \\ +SdT|_{\tau=\tau_i} &= -(dF + \Delta F) + \sum_i (p \pm \Delta p_b) dV + \sum_i (\mu_i + \Delta \mu_i) n_i; \\ SdT|_{\tau=\tau_i} &= -(dG + \Delta G) - \sum_i (p \pm \Delta p) dV + \sum_i (\mu_i + \Delta \mu_i) n_i, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где значения $\Delta(p, F, \mu_i, G)$ – изменения за счет внешних и внутренних возмущений;

τ_i – длительность индукционного периода отдельной компоненты.

Суммарное изменение энтропии (8) не учитывает изменение энтропии при фазовых переходах второго рода [5], верхний предел интегрирования, когда $\tau = \tau_i$ – есть начало открытого горения, дополнительный приток энергии микрообъема от стенок камеры сгорания ($T_c > T_{\text{ф}}$) можно считать добавочной свободной энергией, приводящей к повышению температуры микрообъема, что способствует увеличению температуропроизводности факела. Это принципиально важно для повышения импульсной частоты объемного воспроизведения энтропии.

3. Выводы

Мы показали динамику формирования факела в начальный период сгорания и доказали, что длительность индукционного периода зависит от величины энтропии. Следовательно, достижение наибольшего КПД возможно путем корректирования угла опережения зажигания и по нагрузке и по частоте вращения коленчатого вала для получения энтропии, необходимой для требуемой динамики движения за счет периода развития горения до прихода поршня в ВМТ.

Литература

1. Венер Р. Термодинамические расчеты [Текст]: учеб. / Р. Венер – М.: Изд-во ин.лит., 1996. – 416 с.
2. Анисимов В.Ф., Барсуков С.И. Надежность дизелей [Текст] / В.Ф. Анисимов, С.И. Барсуков. – Одесса: Астропринт, 2006. – 384 с.
3. Толстов А.И. Индикаторный период запаздывания воспламенения и динамика цикла двигателя с воспламенением от сжатия [Текст] / А.И. Толстов. – М.: Машгиз, 1955. – 240 с.
4. Лыков А.В. Применение методов термодинамики необратимых процессов к исследованию тепло- и массообмена [Текст] / А.В. Лыков. – М., 1993. – 298 с.
5. Морс Ф. Теплофизика [Текст]: учеб. / Ф. Морс. – М.: Наука, 1986. – 416 с.
6. Gibbs, J.W. On the Equilibrium of Heterogeneous Substances (Thermodynamics) [Текст] / J.W. Gibbs. – New Hawen, 1948. – 56 p.