

Глазунов Д.В.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ НА ТЕПЛОТУ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА

D.V. Glazunov

IMPACT ON-FUEL RATIO HEATING VALUES

УДК 621.43.019.2

В статье проведен анализ процесса горения смеси в цилиндрах двигателя, рассмотрен состав горючей смеси и его влияние на теплоту сгорания топлива. Проанализировано влияние диссоциации на температуру сгорания топлива.

This article analyzes the process of combustion of the mixture in the cylinders of the engine, consider the composition of the combustible mixture and its effect on the heat of combustion. The influence of the dissociation temperature of the combustion

Бензин представляет собой сложную смесь различных углеводородов и для него определить расчетным путем эффективные порядки реакции и другие величины в уравнении скорости реакции современное состояние теории горения не дает возможности. Но имеющиеся в литературе материалы по исследованию задержек воспламенения в бензиновых ДВС содержат экспериментальные данные по величинам эффективных порядков реакции и энергии активации.

По данным А.Н. Воинова, эффективный порядок реакции в пламени составляет по топливу от 1,2 до 1,4, а эффективную энергию активации для паров бензина можно принимать равной 167600 кДж/кмоль. Такая величина эффективного порядка реакции имеет условный характер, но она усредненно характеризует соотношение между количествами топливными частицами (радикалы, перекиси, молекулы, атомы), с одной стороны, и окислителя, с другой стороны, в сложном многостадийном процессе окисления углеводородных молекул.

Если обозначить через  $N_T$  усредненное число различных топливных активных частиц, принимающих в данный момент времени участие во всех элементарных реакциях, а через  $N_O$  - соответствующее число окислителя, то их соотношение равно:

$$\frac{N_T}{N_O} = \frac{n}{m * \alpha'} \quad (1)$$

где:  $m$  и  $n$  - порядки реакций по топливу и кислороду;  
 $\alpha$  - коэффициент избытка воздуха.

Молекулярный баланс без учета выгорания топлива выглядит так:

$$N = N_n + N_O + N_n + N_y, \quad (2)$$

Найдем отсюда концентрацию топливных частиц и кислорода:

$$C_T = \frac{N_T}{N} = \frac{N_T}{N_n + N_O + N_n + N_y}; C_O = \frac{N_O}{N} = \frac{N_O}{N_n + N_O + N_n + N_y};$$

После преобразований уравнения получают такой вид:

$$C_T = \frac{n}{m * \alpha * \left(4,76 + \frac{n}{m\alpha}\right) * (1 + \gamma)}, \quad (3)$$

$$C_O = \frac{1}{\left(4,76 + \frac{n}{m\alpha}\right) * (1 + \gamma)}, \quad (4)$$

С учетом этого, уравнение для скорости химической реакции принимает следующую форму:

$$W_x = A * \frac{n^m * e^{-E/RT}}{(m\alpha)^m * \left(4,76 + \frac{n}{m\alpha}\right)^{m+n} * (1 + \gamma)^{m+n}}, \quad (5)$$

В завершении стадии сгорания, когда фронт пламени достигает конечной точки камеры сгорания, будет иметь место догорание в объеме зоны горения с прогрессирующим уменьшением концентрации частиц топлива и окислителя:  $C_{T,k} = (1-x) * C_T$ ,  $C_{O,k} = (1-x) * C_O$ , где  $x$  - доля выгоревшего в зоне горения топлива.

Для этих выражений уравнение для скорости реакции примет вид:

$$W_x = A * \frac{n^m * e^{-E/RT} * (1-x)^{m+n}}{(m\alpha)^m * \left(4,76 + \frac{n}{m\alpha}\right)^{m+n} * (1 + \gamma)^{m+n}}, \quad (6)$$

Последнее уравнение используем для расчетов скорости химической реакции по глубине зоны горения в основной и конечной фазах сгорания.

По полученным уравнениям были произведены расчеты с помощью компьютера скоростей химических реакций при различных коэффициентах избытка воздуха и коэффициента остаточных газов.

Температура, входящая в показатель степени экспоненты, оказывает основное влияние на скорость химических реакций, поэтому характер протекания по какому-либо фактору графика скорости реакции почти целиком определяется характером зависимости по этому фактору температуры сгорания. Для анализа влияния на максимальные температуры сгорания состава горючей смеси и степени разбавления ее отработавшими газами были произведены расчеты и построены графики температур сгорания по коэффициенту избытка воздуха для нескольких значений коэффициента остаточных газов.

На рис. 1 представлены расчетные зависимости  $Q_{см}$  и на рис. 2  $T_z$  от коэффициента избытка воздуха, подсчитанные для коэффициента остаточных газов: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4. Пунктиром нанесен график температур сгорания, рассчитанный без учета потерь теплоты на диссоциацию.

Из графиков на рис. 2 видно, что расчетная температура сгорания чистой горючей смеси имеет максимум при  $\alpha = 1,0$ , если не учитываются потери тепла на диссоциацию. При учете потерь на диссоциацию температура сгорания уменьшается, причем максимум имеет место уже при несколько обогащенной смеси.

Разбавление горючей смеси отработавшими газами влияет на температуры сгорания и на положение их максимумов.

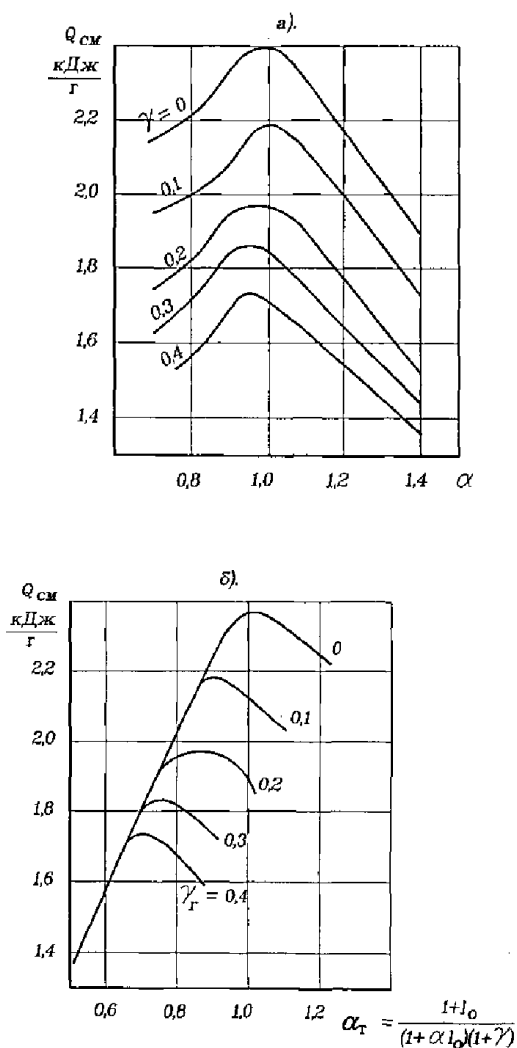


Рис. 1. Влияние состава рабочей смеси на теплоту сгорания

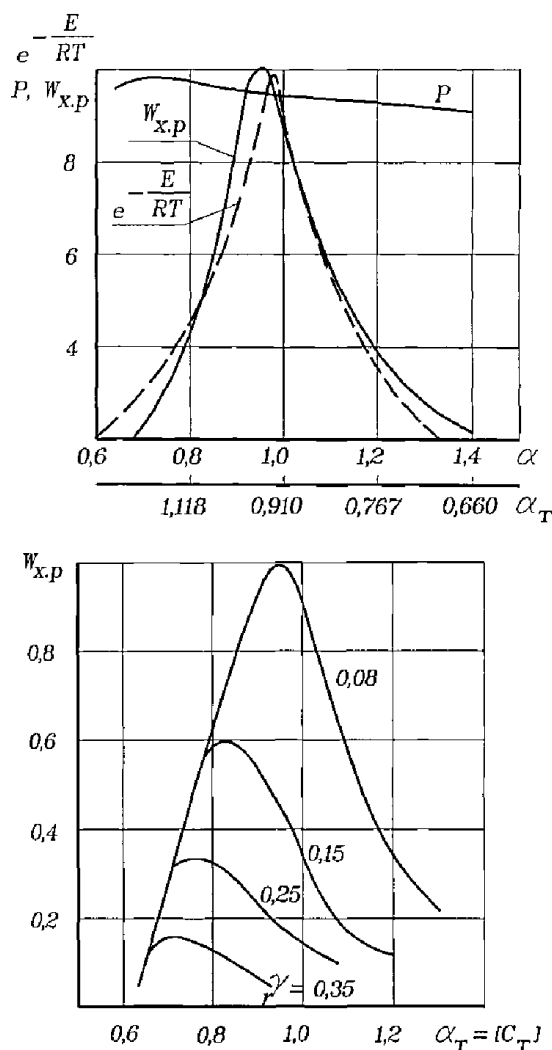


Рис. 2. Влияние состава рабочей смеси на температуру сгорания:  
 — с учетом влияния диссоциации;  
 - - - без учета влияния диссоциации

При обеднении горючей смеси, так же как и при разбавлении ее остаточными газами, падение температуры сгорания происходит из-за уменьшения теплоты сгорания смеси. Это видно из графиков, приведенных на рис. 2, где температура сгорания рассчитана с учетом потерь на диссоциацию.

На рис. 1 и 2 также представлены графики теплоты сгорания рабочей смеси и температуры сгорания, построенные в зависимости от коэффициента теплосодержания, как отмечалось, в нашем случае этот коэффициент представляет собой отношение концентрации топлива в смеси данного состава ( $\alpha \neq 1, \gamma = 0$ ).

Как видно из графиков, в зоне смесей бедных топливом разбавление смеси воздухом и отработавшими газами одинаковым образом влияет на теплоту и температуру сгорания: в зоне графики  $Q_{см} = f(\alpha T)$

и  $Tz = f(\alpha T)$  укладываются в единые прямые для всех значений  $\alpha$  и  $\gamma$ .

Уравнение (7) для скорости химической реакции окисления топлива можно представить в виде:

$$W_x = A * P * e^{-E/RT}, \quad (7)$$

где

$$P = \frac{n^m}{(m\alpha)^m * (4,76 + \frac{n}{m\alpha})^{m+n} * (1 + \gamma)^{m+n}}, \quad (8)$$

характеризует вероятность столкновения частиц реагентов.

На рис. 3 представлены графики изменения относительных величин:  $P$ ,  $e^{-E/RT}$  и  $W_{x,p}$  по коэффициенту избытка воздуха.

Фактор концентрации реагентов  $P$  имеет максимум при богатых смесях. Положение этого максимума можно найти, если взять первую производную  $P$  и  $\alpha$  и полученное выражение приравнять нулю.

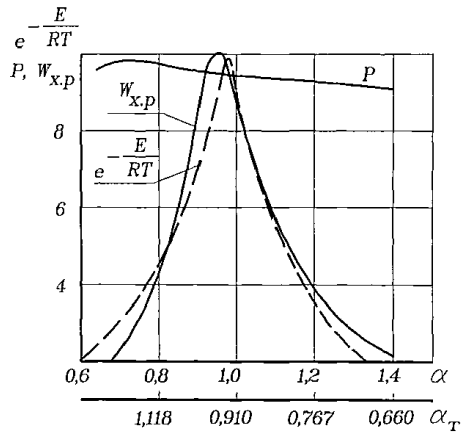


Рис. 3. Графики относительных величин  $e^{-E/RT}$ ,  $P$  и  $W_{x,p}$  при  $\gamma = 0,08$

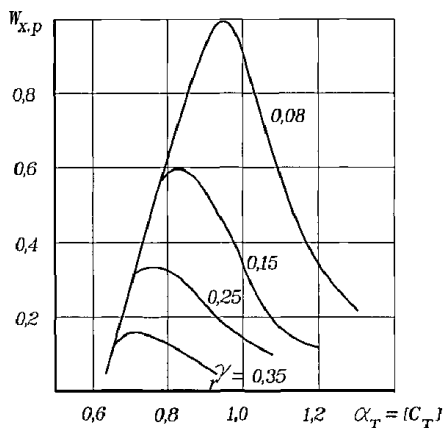


Рис. 4. Графики относительных скоростей химических реакций.

Решив полученное уравнение относительно  $\alpha$ , найдем состав горючей смеси, обеспечивающий максимальную вероятность столкновения частиц реагентов. В нашем случае этот состав смеси оценивается коэффициентом избытка воздуха  $\alpha = 0,62$ . Подставив это значение  $\alpha$  в уравнение 2.23, находим большую величину  $P$ . С обеднением горючей смеси фактор концентрации уменьшается. Аналогично влияние разбавления смеси остаточными газами.

Исходя из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Характер протекания по  $\alpha$  графиков  $e^{-E/RT}$  целиком определяется формой графиков температур сгорания, но они целиком имеют более крутое падение от максимального значения как в сторону богатых, так и в сторону бедных смесей.

2. График скорости химической реакции протекает почти аналогично графику экспоненты, но на положение его максимума оказывает некоторое влияние и фактор концентрации. Если максимум экспоненты, как это видно на рис. 4, имеет место при  $\alpha = 0,95$ , то максимум скорости реакции из-за влияние фактора концентрации оказывается сдвинутым в сторону богатых смесей и имеет место при  $\alpha = 0,91$ . По этой же причине относительные величины скорости химической реакции в областях богатых смесей оказываются большими, чем относительные величины экспоненты, а в областях бедных смесей, наоборот, меньшими.

#### Литература:

1. Глазунов В.И., Глазунов Д.В. Влияние повышенных температур окружающего воздуха на показатели работы автомобильного карбюраторного двигателя // Известия Кыргызского Государственного технического университета им. И.Раззакова. -2004. - №6. -с.29-32.
2. Глазунов Д.В., Глазунов В.И. Исследование влияния повышенных температур воздуха и топлива на смесеобразование // Наука и новые технологии.-2003.-№3.-с.105-109.
3. Семенов Н.Н., Соколик А.С., Исследование турбулентности в цилиндре поршневого двигателя. Известия АН СССР, №8, 1988.
4. Соколик А.С., Воинов А.Н., Свиридов Ю.Б., Влияние химических и турбулентных факторов на процесс сгорания в двигателях. М., АН СССР.
5. Соколик А.С., Карпов В.П., О турбулентном горении газов. Физика горения и взрыва. 1967.
6. Воинов А.Н., Термодинамический анализ особенностей рабочего процесса бензинового двигателя с расслоенным зарядом. М., 1971.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Рудаев Л.И.