

УДК 662.75:629.735.03.0636.(045)

В.В. Козлов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ТОПЛИВ

Обосновывается использование в качестве критерия эффективности горения химических топлив, особенно прошедших какую-либо обработку, относительного приращения коэффициента выделения тепла, определяемого через приращение температуры газов при сгорании эталонного и обработанного топлива в двух геометрически подобных камерах сгорания при одинаковых условиях.

Известно, что топливо – это источник тепловой энергии для нагрева рабочего тела в термодинамическом цикле тепловой машины [1]. Поэтому работы, связанные с поиском и получением новых топлив, с исследованием различных воздействий на существующие топлива с целью улучшения их качеств, естественно являются актуальными. Проводимые исследования топлив зачастую оканчиваются оценкой эффективности их горения в эксплуатационных или близких к ним условиях.

Для оценки эффективности горения химических топлив используются самые различные способы и устройства. Например, способ и устройство для определения эффективности использования огнесмесей по величине их теплового потока, определяемого путем измерения температур по объему горения. При такой оценке процесс горения исследуемого топлива осуществляется при нормальных атмосферных условиях. Для оценки же эффективности горения топлива для воздушно-реактивных двигателей и двигателей внутреннего сгорания указанный выше способ дает значительную погрешность. То же самое можно сказать и при оценке таким способом топлива, окислителя и их смесей, подвергнутых, например, активному воздействию, так как и само активное воздействие на топливо, окислитель и их смесь и сам процесс горения этих топлив в двигателях происходят в динамике, т.е. при движении топлива и окислителя с температурами и давлениями, превышающими атмосферные. В настоящее время оценка эффективности горения топлив в реальных условиях осуществляется на установках, типа ВНИИ НП, У-14, У164, включающих в себя малоразмерную модельную камеру сгорания, системы подвода топлива и окислителя, контрольно-измерительную систему и регулирующие органы [2]. При этом эффективность горения топлива оценивается по характеристике, выражающей зависимость изменения коэффициента полноты сгорания η_r от изменения коэффициента избытка воздуха α . Получение значений $\eta_r = f(\alpha)$ является трудоемким делом, так как при этом приходится пользоваться опытно-расчетным методом, базирующимся на многократных измерениях параметров камеры сгорания, в частности, температур, на уравнении теплового баланса и на результаты газового анализа.

В тех случаях, когда проводится оценка эффективности активных воздействий на топливо, окислитель и их смесь, приходится получить опытные данные сначала при работе установок на неподвергнутом активному воздействию топливе, а затем – на подвергнутом активному воздействию топливе с последующим сравнением результатов такого эксперимента. В такой ситуации неизбежно появление методической погрешности из-за необходимости приведения параметров эксперимента к стандартным условиям.

Для уменьшения трудоемкости и повышения точности оценки эффективности горения топлив установки ВНИИ НП, У-314, У-164 следует модернизировать путем введения в их состав одной геометрически подобной камеры сгорания, а в качестве критерия эффективности горения топлива использовать относительное приращение коэффициента выделения тепла $\delta\eta_{\Gamma}$. При этом одна камера сгорания является модельной, а другая – эталонной, что позволяет осуществить сравнение коэффициентов выделения тепла в данных камерах сгорания. Причем процесс сравнения указанных коэффициентов осуществляется путем камер сгорания в одно и то же время при одних и тех же атмосферных условиях с непосредственным определением разницы температур.

Относительное приращение коэффициента выделения тепла определяется по формуле

$$\delta\eta_{\Gamma} = k\delta T_{\Gamma}^*, \quad (1)$$

где δT_{Γ}^* – приращение температуры газов в модельной камере сгорания по сравнению с эталонной; k – коэффициент влияния, определяемый как

$$k = T_{\Gamma}^* / (T_{\Gamma}^* - T_{\text{К}}^*), \quad (2)$$

где T_{Γ}^* – температура газа в камере сгорания; $T_{\text{К}}^*$ – температура окислителя на входе в камеру сгорания.

При этом зависимости (1) и (2) были получены следующим образом:

известно, что коэффициент выделения тепла в воздушно-реактивных двигателях равен [5]:

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \left[\frac{Q_1}{(G_{\Gamma} H_U)} - \frac{Q_2}{(G_{\Gamma} H_U)} \right], \quad (3)$$

где Q_1 – потери тепла вследствие неполноты сгорания; Q_2 – потери тепла во внешнюю среду; G_{Γ} – секундный расход топлива; H_U – низшая теплотворная способность топлива.

С учетом коэффициента выделения тепла уравнение энергии для камеры сгорания воздушно-реактивного двигателя имеет такой вид [4]:

$$G_{\Gamma} H_U \eta_{\Gamma} = G_{\Gamma} C_p^1 (T_{\Gamma}^* - T_{\text{К}}^*), \quad (4)$$

где $G_{\Gamma} = G_{\text{В}} + G_{\text{Т}}$ – секундный расход продуктов сгорания, $G_{\text{В}}$ – секундный расход воздуха; C_p^1 – среднее по составу смеси и по интервалу температур $T_{\Gamma}^* - T_{\text{К}}^*$ значение теплоемкости газа при постоянном давлении; $T_{\text{К}}^*$ – температура на входе в камеру сгорания.

Используя метод малых отклонений [5], уравнение (4) может быть преобразовано к виду, представляющему зависимость относительного приращения коэффициента выделения тепла от относительных приращений величин, содержащихся в уравнении (4):

$$\delta\eta_{\Gamma} = k_1 \delta G_{\text{В}} + (k_2 - 1) \delta G_{\text{Т}} + k_3 \delta T_{\Gamma}^* - k_4 \delta T_{\text{К}}^*, \quad (5)$$

где $k_1 = \frac{G_{\text{В}}}{(G_{\text{В}} + G_{\text{Т}})}$; $k_2 = \frac{G_{\text{Т}}}{(G_{\text{В}} + G_{\text{Т}})}$; $k_3 = \frac{T_{\Gamma}^*}{(T_{\Gamma}^* - T_{\text{К}}^*)}$; $k_4 = \frac{T_{\text{К}}^*}{(T_{\Gamma}^* - T_{\text{К}}^*)}$ – коэффициенты влияния.

При обеспечении во время эксперимента постоянства величин $G_{\text{В}} = \text{const}$; $G_{\text{Т}} = \text{const}$; $T_{\text{К}}^* = \text{const}$ уравнение (5) приобретает вид (1), т.е.

$$\delta\eta_{\Gamma} = k \delta T_{\Gamma}^*.$$

Таким образом, для оценки эффективности горения химических топлив при обеспечении постоянства величин G_b , G_r , T_b^* в модельной и эталонной камерах сгорания достаточно определить приращение температуры газов δT_r^* в модельной камере сгорания по сравнению с эталонной. А для измерения приращения температуры газов достаточно установить термопары в сходственных точках камер сгорания и подключить их к мостовой схеме измерения [6], что обеспечит высокую точность.

Список литературы

1. *Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей.* /Под ред. С.М.Шляхтенко: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 568 с.
2. *Гуреев А.А., Серегин Е.П., Азеев В.С.* Квалификационные методы испытаний нефтяных топлив. – М.: Химия, 1984. – 200 с.
3. *Ильичев Я.Т.* Термодинамический расчет воздушно-реактивных двигателей. – М.: Труды ЦИАМ. – № 677, 1975.
4. *Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Говоров А.Н.* Теория авиационных двигателей. – М.: ВВИА им.Н.Е.Жуковского, 1972.
5. *Черкез А.Я.* Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений. – М.: Машиностроение, 1975. – 379 с.
6. *Преображенский В.П.* Теплотехнические измерения и приборы. – 3-изд., перераб. И доп. – М.: Энергия, 1978. – 704 с.

Стаття надійшла до редакції 28 квітня 1998 року.



ло и ир Вікторович Козлов (1950) закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації в 1981 році. Кандидат технічних наук, доцент кафедри авіаційних двигунів Київського міжнародного університету цивільної авіації. Автор 30 наукових та навчально-методичних праць, тематика яких спрямована на дослідження питань міцності і експлуатації авіадвигунів.

Volodymir V. Kozlov (b.1950) graduated from Kyiv Institute of Civil Aviation. PhD (Eng) ass. professor of Air Engines Department of Kyiv International University of Civil Aviation. Author of 30 scientific, teaching and methodical works in the field of aviation problems and of the air engines reliability and operation.