



Материалы

VIII Международной научно-технической конференции
«Инновационные машиностроительные технологии,
оборудование и материалы – 2017»
(МНТК «ИМТОМ – 2017»)

Часть 2

6-8 декабря 2017 года

г. Казань

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан
Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский
институт авиационных технологий»
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан
при Кабинете Министров Республики Татарстан»
Казанский (Приволжский) Федеральный университет
Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева - КАИ (КНИТУ - КАИ)
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Академия наук Республики Татарстан
ООО «ЦПР «Техносвар»

Материалы

VIII Международной научно-технической конференции
**«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ – 2017»**
(МНТК «ИМТОМ – 2017»)

Часть 2

6-8 декабря 2017 года

Казань
2017

данный метод оправдывает себя, т.к. он помогает предотвратить определенный процент износа режущего инструмента, не требует затрат на дополнительное оборудование и весьма прост.

Список литературы.

1. Интернет-ресурс: Рекомендации по инструменту через ToolGuide. - URL: <https://toolguide.sandvik.coromant.com/> (дата обращения 20.12.2016).
2. Гречишников В.А., Урманов М.Д., Хусаинов Р.М., Юрасов С.Ю., Юрасова О.И. Связь базы данных инструментов и САМ-системы при проектировании технологической операции на станке с ЧПУ. // СТИН. 2017. № 5. С. 16-19.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Файзуллина А.И.

Казанский государственный энергетический университет, 420066 г. Казань ул.
Красносельская, 51

Аннотация. В статье приведен расчет горения газообразного топлива, в котором определяется расход воздуха на горение топлива, затем количество и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива и температура дымовых газов.

Abstract. The calculation of combustion of gaseous fuels is given in the article, in which the air consumption for fuel combustion is determined, then the quantity and composition of the combustion products - flue gases formed as a result of fuel combustion and the temperature of the flue gases.

Ключевые слова: горение, газообразное топливо, природный газ, продукты сгорания, экологические показатели

Органическое ископаемое топливо является в настоящее время основным источником энергии (теплоты) для промышленного использования, а также для транспортных двигателей. Под топливом понимают вещества, выделяющие в результате тех или иных преобразований тепловую энергию, которая используется в технических целях.

Главным показателем энергетической ценности топлива является теплота его сгорания. Теплотой сгорания топлива называется количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 м³ газообразного топлива при нормальных условиях. Ее можно определять экспериментально и теоретически, если известен элементарный состав топлива. Продукты сгорания оказывают определяющее влияние на энергетические и экономические показатели различных теплотехнических установок. Однако

помимо этих продуктов при сгорании образуется и ряд других веществ, которые вследствие их малого количества не учитываются в энергетических расчетах, но определяют экологические показатели топок, печей, тепловых двигателей и других устройств современной теплотехники.

В первую очередь к числу экологически вредных продуктов сгорания следует отнести так называемые токсичные газы, такие как оксиды азота NO, оксид углерода CO, различные углеводороды CH, сажа и соединения, содержащие свинец и серу.

Промышленные виды топлива горят в результате химических реакций окисления их горючей части кислородом воздуха, рассмотрим три основные задачи расчета горения: 1. определение расхода воздуха на горение топлива; 2. определение количества и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива; 3. определение температуры дымовых газов.

Расход кислорода рассчитывают исходя из стехиометрических соотношений реакций окисления отдельных компонентов горючей части топлива, их атомных и молекулярных масс. Отношение действительного G_o к теоретическому G_m расхода воздуха называют коэффициентом избытка воздуха и обозначают буквой α :

$$\alpha = G_o/G_m \quad (1)$$

где α зависит от вида топлива и степени совершенства топочного устройства. Наибольшая полнота смешения с воздухом достигается у газового топлива. Поэтому его можно сжечь с минимальным избытком воздуха: $\alpha = 1,05 \dots 1,1$.

Определяют количество и состав дымовых газов, образующихся в результате этого процесса, которые также получают из стехиометрических соотношений реакций взаимодействия горючих составных частей топлива с кислородом воздуха. В составе и количестве дымовых газов, естественно, учитывается избыточный кислород, весь азот и влага, вовлеченная с воздухом.

Последним этапом расчета горения является определение температуры горения топлива и требуемого избытка воздуха. Различают теоретическую и практическую температуры горения топлива. Максимальная калориметрическая температура развивается при сжигании топлива с $\alpha=1$. Эту характеристику Д.И. Менделеев называл жаропроизводительностью топлива.

Обычно, топливо не сгорает до полной степени окисления его горючих составных частей – в дымовых газах наряду с CO₂ и H₂O появляются продукты неполного сгорания CO и H₂. Вследствие этого появляются потери тепла от химического недожога топлива. Затем часть тепла теряется через ограждающие конструкции топочного устройства [3]. Кроме потерь тепла, часть его передается нагреваемому материалу непосредственно так называемой прямой отдачей, т.е. излучением, минуя нагрев дымовых газов, температура которых и по этой причине не может превосходить температуры горения t_n всегда ниже калориметрической t_k .

$$t_n = t_k \cdot \eta_k \quad (2)$$

где калориметрический коэффициент η_k .

Калориметрическую температуру горения топлива с приемлемой для инженерных расчетов точностью определяют из уравнения теплового баланса горения 1кг твердого или жидкого топлива:

$$Q_n^p + V_a^0 \cdot C_a \cdot t_a \cdot \alpha + C_m t_m = V_d^0 \cdot C_d \cdot t_k \cdot \alpha \quad (3)$$

где Q_n^p – низшая теплотворность топлива, кДж/кг; V_a^0 – теоретический расход воздуха на горение 1кг топлива, м³/кг; C_a – теплоемкость воздуха, $C_a=1,3$ кДж/м³ С; t_a – температура воздуха, поступающего на горение топлива, С; t – температура топлива, поступающего на горение; C_t – теплоемкость топлива; V_d^0 – теоретическое количество продуктов горения от сжигания 1кг топлива, м³/кг; C_d – теплоемкость дымовых газов. Для проектных расчетов допустимо пользоваться приближенными формулами:

$$C_d = 0,25 + 0,000014t_d \quad (4)$$

$$C_a = 0,323 + 0,000018t_a \quad (5)$$

где t_d – температура продуктов горения (дымовые газы), С.

Практически подогревают перед сжиганием только мазут. Твердое топливо и природный газ не подогревают и, следовательно, в этих случаях величиной $C_m \cdot t_m$ можно пренебречь. Если уравнением (3) пользуются для определения калориметрической температуры горения топлива t_k , то поскольку от t_k зависит и C_d , это уравнение решают методом последовательного приближения.

Уравнением (3) можно воспользоваться для двух целей: если по условию задания известна требуемая практическая температура в печи t_n , то предварительно рассчитав по уравнению (2) калориметрическую температуру t_k , определяют затем по уравнению (3) необходимый избыток воздуха, решая уравнение (3) относительно α . Если же, наоборот, заданной величиной является коэффициент избытка воздуха α , обусловленный видом топлива и типом топочного устройства, то из уравнений (2), (3) определяют возможную температуру пламени t_n . Уравнение (3) указывает также возможные пути повышения калориметрической температуры t_k . Это снижение избытка воздуха и подогрев воздуха, используемого на горение топлива, а также подогрев жидкого топлива. Уравнение (3) показывает, что повышение практической температуры горения достижимо, прежде всего, за счет снижения тепловых потерь.

Рассмотрим расчет горения природного газа

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: 1. Объемный состав газа (по справочным данным), (%): $CH_4 - 95,5$; $C_2H_6 - 0,8$; $C_3H_8 - 0,4$; $C_4H_{10} - 0,08$; $C_5H_{12} - 0,00$; $CO_2 - 0,22$; $N_2 - 3,0$. Всего 100 %. 2. Влагосодержание воздуха, согласно климатологическим таблицам $I-d$ -диаграмме, составляет $d=10$ г на 1кг сухого воздуха. 3. Природный газ сжигается во вращающейся керамзитобжигательной печи. Требуемая температура обжига $t_{п} = 1150$ С.

ОПРЕДЕЛИТЬ: количество, влагосодержание, энтальпию дымовых газов и расход воздуха на горение топлива.

РЕШЕНИЕ: необходимый коэффициент избытка воздуха определяют из уравнения теплового баланса процесса горения 1 м^3 газа по формуле:

$$Q_n^p + V_g^0 \cdot C_g \cdot t_g \cdot \alpha + C_m t_m = V_d^0 \cdot C_d \cdot t_k \cdot \alpha \quad (1.1)$$

где $Q_n^p=36400$ кДж/м³; $V_g^0=9,498$ м³/м³; $C_g=1,3$ кДж/м³С; $t_g=t_r=10$ С; $C_m=1,7$ кДж/м³ С; $V_d^0=10,5$ м³/м³; t_k – калориметрическая температура горения, С;

$$t_k = t_{\text{п}}/\eta_k \quad (1.2)$$

где $t_{\text{п}}$ – требуемая практическая температура горения, (задана $t_{\text{п}}=1150$ С); η_k – калориметрический коэффициент процесса горения. Для вращающихся печей по опытным данным $\eta_k=0,8$.

Для проектных расчетов объемной теплоемкости продуктов горения (кДж/м³С) допустимо пользоваться приближенной формулой:

$$C_d = 0,335 + 0,0000755 t_d \quad (3.3)$$

Подсчитываем $t_k = \frac{1150}{0,8} = 1437,5$ °С. Принимаем $t_d=t_k$,

тогда $C_d = 0,335 + 0,0000755 \cdot 1437,5 = 1,464$ кДж/(м³·С)

Из уравнения (1.1): $\alpha = \frac{36400 + 10 \cdot 1,7}{10,7 \cdot 1437,5 \cdot 1,464 - 9,50 \cdot 1,3 \cdot 10} = 1,6$

(1.4)

$$100 \cdot V_g^0 = 100 \cdot V_g^0 \cdot \alpha = 949,83 \cdot 1,6 = 1519,73 \text{ м}^3 \quad (1.5)$$

Определяем влагосодержание дымовых газов на 1кг сухого воздуха:

$$d_d = G_{\text{H}_2\text{O}} / L_{\text{сд}} \quad (1.6)$$

где $G_{\text{H}_2\text{O}}$ – масса водяных паров в дымовых газах, отнесенная к 1м³ топлива, в нашем случае равная 1,754кг/м³; $L_{\text{сд}}$ – масса сухих дымовых газов от сжигания 1м³ топлива, $L_{\text{сд}}=18,43$ кг;

Тогда, $d_d = \frac{1,766 \cdot 1000}{18,43} = 95,8$ г. на 1 кг сухих дымовых газов.

Энтальпию продуктов горения, отнесенную к 1кг сухих дымовых газов, определяют по формуле:

$$I_d = \frac{Q_n^p + V_g^0 \cdot C_g \cdot t_g \cdot \alpha + C_m t_m}{L_{\text{сд}}} \quad (1.7)$$

$$V_g^0 \cdot \alpha = 15,2 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

$$\text{Тогда } I_d = \frac{36400 + 10 \cdot 1,7 + 15,2 \cdot 1,3 \cdot 10}{18,44} = 1990 \text{ кДж/кг}$$

Список литературы:

1. Михайловский В. П., Мартемьянова Э. Н., Ушаков В. В. Расчеты горения топлив, температурных полей и тепловых установок технологии бетонных и железобетонных изделий. Учебное пособие, – 2011. 264 – с.
2. Гуцин С. Н. Расчеты горения топлив. – Книга. – 1995. 48 – с.
3. Равич М. Б. Эффективность использования топлива. – Книга. – 1977. 344 – с.
4. Зельдович Я. Б., Бернблатт Г. И., Либрович В. Б. Математическая теория горения и взрыва. – Книга. – 1980. 478 – с.