**Состав топлива.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | COс | H2с | C2H4c | C2H6c | C3H8c | C4H10c | C5H12c | CmHnc | H2Sc | N2c |
| 13 | 0,22 | 1,76 | 0,66 | 0,36 | 0,12 | 0,09 | 0,9 | 0,21 | 1,07 | 4,23 |

Примечание: Остальное CH4с.

Коэффициент избытка воздуха 1,2.

Температура воздуха 400оС.

Недожог 0.

**3. Расчет горения топлива**

**3.1. Пересчет состава топлива**

Пересчет массового состава жидкого и твердого топлива выполняется умножением процентного содержания компонентов на коэффициент пересчета из таблицы 1.

Табл. 1. Коэффициенты пересчета массового состава топлива

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Масса топлива на которую делается пересчет | | |
| Исходная масса топлива | рабочая | сухая | горючая |
| рабочая | 1 |  |  |
| сухая |  | 1 |  |
| горючая |  |  | 1 |
| Пример. Если известна массовая доля золы в сухом топливе, то массовая  доля золы во влажном топливе: | | | |

Для газового топлива перерасчет объемного состава газа с сухого на влажный (рабочий) производится по формуле

 (1)  
где  – влагосодержание газа, г/м3;

*X –* содержание компонента, % (об.).

Для доменного и коксового газов влагосодержание принимают порядка 25 – 50 г/м3, для природного – 10 г/м3.

**3.2. Объем воздуха и продуктов полного сгорания**

Расчет количества воздуха, количества и состава продуктов сгорания основывается на реакциях полного сгорания компонентов (см. приложение 1).

Результаты расчета оформляются в табличной форме, правильность расчета проверяется составлением материального баланса.

Расчет также можно провести, используя формулы из приложения 3.

Пример. Рассчитать количество и состав продуктов сгорания для мазута следующего состава: 

Окислитель – атмосферный воздух, влагосодержанием воздуха пренебречь.

**Вариант А.** Записываем реакции полного сгорания для горючих компонентов мазута:

С + О2 = СО2;

;

.

Последовательно заполняя таблицу 2, находим необходимое количество кислорода для осуществления реакция горения, теоретический расход воздуха, количество продуктов сгорания, их объем и объемный процентный состав. Полученные значения пересчитываются для коэффициента расхода воздуха .

Для удобства записи расчет ведется на 100 кг горючего. Материальный баланс процесса приведен в таблице 3.

**Вариант Б**. По формулам из приложения 3.

Теоретический расход сухого кислорода:

= 0,01· [1,867 · 85,6 + 5,56 · 10,5 + 0,7· (0,7 - 0,5)] = 2,184 м3/кг.

Теоретический расход сухого воздуха:

= 100 · 2,184/21 = 10,4 м3/кг.

Расход сухого воздуха при :

*V*в =1,2 · 10,4 = 12,48 м3/кг.

Выход сухих трехатомных газов:

, м3/кг;

, м3/кг.

Теоретический выход азота:

= 0,008 · 0,7 + 0,01 · 79 · 10,4 = 8,222 м3/кг.

Теоретический выход водяных паров:

= 0,111·10,5+0,0124·2,0 = 1,190 м3/кг.

Выход продуктов полного сгорания при =1,2:

*V*г = l,597 + 0,0049 + 8,222 + 1,190 + (1,2 - 1)·10,4 = 13,094 м3/кг.

Объемный состав продуктов полного сгорания:











Некоторое расхождение результатов расчета по вариантам А и Б обусловлено погрешностью вычислений.

**Табл. 2. Форма таблицы для расчета расхода воздуха и состава продуктов сгорания топлива**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участвуют в горении | | | | | | | | |
| топливо | | | | | воздух | | | |
| состав | содер-жание | масса | мол. масса | кол-во молей | О2 | N2 | всего | |
|  | % | кг |  | моль | моль | моль | моль | кг |
| С | 85,6 | 85,6 | 12 | 7,133 | 7,133 | 9,764·3,762 = = 36,732 | 9,764 + +36,732 =  = 46,496 | 46,896·22,4= = 1041,51 |
| Н | 10,5 | 10,5 | 2 | 5,250 | 2,625 |
| S | 0,7 | 0,7 | 32 | 0,022 | 0,022 |
| О | 0,5 | 0,5 | 32 | 0,016 | -0,016 |
| N | 0,7 | 0,7 | 28 | 0,025 | - |
| *W* | 2,0 | 2,0 | 18 | 0,111 | - |
| =1 | 100 | 100 | - | - | 9,764  21 % | 36,732  79 % | 46,496  100 % | 1041,51  100 % |
| =1,2  Всего | - | - | - | - | 9,764·1,2 = =11,717 | 11,717·3,762= = 44,079 | 55,796 | 55,796·22,4 = =1249,83 |

**Табл. 2. (продолжение) Форма таблицы для расчета расхода воздуха и состава продуктов сгорания топлива**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Образуются при горении | | | | | | |
| газообразные продукты | | | | | | |
| СО2 | Н2О | SO2 | О2 | N2 | всего | |
| моль | моль | моль | моль | моль | моль | м3 |
| 7,133 | - | - | - | 36,732 |  | 49,270·22,4 = = 1103,65 |
| - | 5,250 | - | - | (из возд.) |
| - | - | 0,022 | - | - |
| - | - | - | - | - |
| - | 0,111 | - | - | 0,0107 |
| - | - | - | - | - |
| 7,133  14,48 % | 5,361  10,88 % | 0,022  0,04 % |  | 37,0097  74,60 % | 49,270  100 % | 1103,65 |
| 7,133  12,18 % | 5,361   9,15 % | 0,022  0,04 % | 11,717 – 9,764 =  = 1,953  3,33 % | 44,079 + 0,025 =  = 44,104  75,30 % | 58,573   100 % | 1312,04 |

**Табл. 3. Материальный баланс горения**

|  |  |
| --- | --- |
| Получено, кг | |
| СО2 | 7,133·44 = 314 |
| Н2О | 5,361·18 = 96,4 |
| SO2 | 0,022·64 = 1,4 |
| О2 | 1,953·32 = 62,4 |
| N2 | 44,104·28 = 1235 |
| Зола | 0 |
| Всего | 1709 |

|  |  |
| --- | --- |
| Поступило, кг | |
| Мазут | 100 |
| Воздух: |  |
| кислород | 11,717·32 = 375 |
| азот | 44,079·28 = 1234 |
| Всего | 1709 |

**Плотность продуктов сгорания:**

****.

**3.3. Низшая теплота сгорания**

Наиболее точной формулой для определения низшей теплоты сгорания твердого и жидкого топлива является формула Менделеева:

. (2)

Для газообразного топлива:

 (3)

т. е. определяется суммированием тепловых эффектов реакций горения.

**3.4. Температура горения топлива**

Эта часть расчета необходима для того, чтобы установить, обеспечивает ли данное топливо нужную температуру нагрева металла, и если не обеспечивает, то определить необходимую степень подогрева сред, участвующих в горении.

Энтальпия продуктов сгорания определяется по формуле:

*i*общ = *i*х + *Q*ф / *V*г , кДж/м3, (4)

где *i*х - химическая энтальпия продуктов сгорания,



 - недожог топлива, кДж/кг (кДж/м3); (5)

*Q*ф - физическое тепло, вносимое воздухом и топливом (газом),

*Q*ф = *Q*в + *Q*т = *i*в·*V*в + *i*т·*V*т, кДж/м3, (6)

где *i*в - энтальпия воздуха, кДж/м3;

*i*т - энтальпия топлива (газа), кДж/м3.

Далее задаются несколькими температурами горения и определяют для них энтальпию одного м3 продуктов сгорания (7) энтальпию газов находим, пользуясь приложением 4.

По полученным значениям строят график зависимости энтальпии одного м3 продуктов сгорания от температуры и графически находят расчетную температуру горения по известной энтальпии *i*общ .

 (7)

Действительная температура газов в печи определяется из выражения:

 °С (8)

где  - опытный пирометрический коэффициент (для методических печей – 0,7 – 0,75).

Если температура газов недостаточна для нагрева металла, расчет повторяют при более высокой исходной температуре воздуха и газа.

**Пример.** Для условий предыдущего примера рассчитать температуру горения. Химический недожог принять 3% , температуру воздуха - 200 °С, пирометрический коэффициент - 0,7.

****

Химическая энтальпия продуктов сгорания:

*i*х = (1 – 0,03) ·39891/13,094 = 2955, кДж/м3.

Из приложения 4 при 200 °С изобарная теплоемкость воздуха:

*ср*= 1,31 кДж/(м3·К), тогда *i*в = *ср*·*t =* 1,31·200 = 262 кДж/м3.

*Q*ф = *Q*в = *i*·*V*в = 262 - 12,48 = 3270 кДж/м3;

*i*общ = 2955 + 3270/13,09 = 3205 кДж/м3.

Выбираем для расчета температуру продуктов сгорания 1800 °С. Используя приложение 4, получаем

*i* = 1800 · (2,391 – 2,19 % + 1,468 – 75,34 % + 1,554 – 3,33 % + 1,921 – 9,09 % + 2,391 –

– 0,04 %) /100 % = 2495 кДж/м3.

Для 2200 °С - *i* = 3114 кДж/м3.

Для 2300 °С - *i* = 3271 кДж/м3.

Графически определяли, что *i*общ= 3205 кДж/м3 соответствует расчетная температура *t*paсч  = 2258 °C. Действительная температура горения *t*дейст = 0,7·2258 = 1581 °С.