

Лекция 2.

1.3. Элементарный состав и технические характеристики органического топлива

В состав органического топлива входят различные соединения горючих и негорючих элементов. Твердое и жидкое топливо содержит такие горючие вещества, как углерод C , водород H , летучую серу $S_{л}$, и негорючие вещества – кислород O , азот N , золу A , влагу W . Летучая сера состоит из органических $S_{ор}$ и колчеданных $S_{к}$ соединений: $S_{л} = S_{ор} + S_{к}$. Органическое топливо характеризуется:

- рабочей массой $C^P + H^P + S_{л}^P + O^P + N^P + A^P + W^P = 100\%$;
- сухой массой $C^c + H^c + S_{л}^c + O^c + N^c + A^c = 100\%$;
- горючей массой $C^Г + H^Г + S_{л}^Г + O^Г + N^Г = 100\%$;
- органической массой $C^o + H^o + S^o + O^o + N^o = 100\%$.

Сера органической массы не содержит колчеданную. Можно пересчитать состав топлива с одной массы на другую с помощью соответствующих коэффициентов (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Пересчет состава топлива с одной массы на другую

Заданная масса	Искомая масса			
	органическая	горючая	сухая	рабочая
Органическая	1	$\frac{100 - S_{л}^Г}{100}$	$\frac{100 - (S_{л}^Г + A^c)}{100}$	$\frac{100 - (S_{л}^Г + A^P + W^P)}{100}$
Горючая	$\frac{100}{100 - S_{л}^Г}$	1	$\frac{100 - A^c}{100}$	$\frac{100 - (A^P + W^P)}{100}$
Сухая	$\frac{100}{100 - (S_{л}^Г + A^c)}$	$\frac{100}{100 - A^c}$	1	$\frac{100 - W^P}{100}$
Рабочая	$\frac{100}{100 - (S_{л}^Г + A^P + W^P)}$	$\frac{100}{100 - (A^P + W^P)}$	$\frac{100}{100 - W^P}$	1

Газообразное топливо обычно приводится к сухой массе в объемных долях:
 $CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 + C_mH_n + CO + CO_2 + H_2 + N_2 + \dots + H_2S = 100\%$.

Важнейшими техническими характеристиками топлива являются теплота сгорания, жаропроизводительность, содержание золы и влаги, содержание вредных примесей, снижающих ценность топлива, выход летучих веществ, свойства кокса (нелетучего остатка).

Теплота сгорания (теплотворная способность) топлива – количество теплоты, выделяемое при полном сгорании единицы массы (кДж/кг) или объема (кДж/м³) топлива. Теплота сгорания является характеристикой, определяющей расход топлива для работы топливоиспользующего оборудования. Различают высшую и низшую теплотворные способности топлива. При проектировании котлов и технологических агрегатов, в которых не используется скрытая теплота конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания топлива, расчеты традиционно ведутся по *низшей теплотворной способности* топлива.

В тех случаях, когда имеет место использование в агрегатах скрытой теплоты конденсации водяных паров, в расчетах фигурирует *высшая теплота сгорания* топлива.

Низшую теплоту сгорания топлива можно определить, зная высшую теплоту сгорания

$$Q_H = Q_B - r_{II} \cdot G_{H_2O}, \quad (1.1)$$

где r_{II} – скрытая теплота конденсации водяных паров при нормальных условиях., кДж/кг; G_{H_2O} – масса влаги, содержащаяся в 1 м³ газового топлива, кг/м³.

Скрытая теплота конденсации водяных паров при нормальных условиях равна $r_{II} = 2510$ кДж/кг.

Для жидкого и твердого топлива связь между высшей и низшей теплотой сгорания определяется соотношением

$$Q_H^P = Q_B^P - r_{II} (9H^P + W^P) = Q_B^P - 226H^P - 25W^P. \quad (1.2)$$

Теплоту сгорания топлива определяют экспериментально в калориметрической бомбе или в газовом калориметре. Принцип работы калориметров основан на том, что в них сжигается точно замеренная масса или объем топлива, выделяющееся тепло которого передается воде, начальная температура и масса которой известны. Зная массу воды, и замеряя повышение ее температуры, определяют количество выделенного тепла и теплоту сгорания топлива. При известном составе топлива теплота его сгорания может быть подсчитана аналитически. Рабочая низшая теплота сгорания твердого и жидкого топлива приближенно может быть определена по формуле Д.И. Менделеева, кДж/кг:

$$Q_H^P = 338C^P + 1025H^P - 108(O^P - S_{II}^P) - 25W^P. \quad (1.3)$$

При известном составе газообразного топлива теплота сгорания 1 м³ газа может быть подсчитана по формуле

$$Q_H^c = 0,01(Q_{H_2S} \cdot H_2S + Q_{CO} \cdot CO + Q_{H_2} \cdot H_2 + \sum Q_{C_m H_n} \cdot C_m H_n), \quad (1.4)$$

где $Q_{C_mH_n}$, Q_{H_2S} , Q_{CO} , Q_{H_2} – теплота сгорания каждого газа, входящего в состав топлива, МДж/м³; C_mH_n , H_2S , CO , H_2 – содержание отдельных газов в топливе, %.

Теплота сгорания отдельных газов, входящих в состав газообразного топлива, приведена в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Теплофизические свойства газов, входящих в состав газообразного топлива

Наименование газа	Обозначение	Плотность ρ , кг/м ³	Теплота сгорания низшая Q_H^p , МДж/м ³
Метан	CH ₄	0,717	35,88
Этан	C ₂ H ₆	1,355	64,36
Пропан	C ₃ H ₈	2,009	93,18
Бутан	C ₄ H ₁₀	2,697	123,15
Пентан	C ₅ H ₁₂	3,454	156,63
Гексан	C ₆ H ₁₄	3,848	173,17
Гептан	C ₇ H ₁₆	4,474	200,55
Этилен	C ₂ H ₄	1,251	59,06
Пропилен	C ₃ H ₆	1,877	86,00
Бутилен	C ₄ H ₈	2,503	113,51
Бензол	C ₆ H ₆	3,485	140,38
Азот	N ₂	1,250	–
Водород	H ₂	0,090	10,79
Диоксид углерода	CO ₂	1,977	–
Оксид углерода	CO	1,250	12,64
Кислород	O ₂	1,428	–
Сероводород	H ₂ S	1,536	23,37

Теплота сгорания различных видов топлива колеблется в очень широких пределах. Для сравнения разных видов топлива при определении норм расхода, запасов, экономии топлива введено понятие об условном топливе. Условным топливом называют топливо, низшая теплота сгорания которого равна $Q_{y.T} = 29310$ кДж/кг (7000 ккал/кг).

Для пересчета расхода какого-либо вида натурального топлива в условное и обратно пользуются тепловым эквивалентом, представляющим собой отношение низшей теплоты сгорания рабочей массы натурального топлива к теплоте сгорания условного топлива

$$B_{y.t} = B_H \cdot \frac{Q_H^p}{Q_{y.t}} = B_H \cdot \varepsilon. \quad (1.5)$$

Жаропроизводительностью топлива называется температура горения с минимальным (стехиометрическим) количеством окислителя и без подогрева топлива и воздуха. Жаропроизводительность топлива позволяет оценить эффективность его использования в высокотемпературном процессе.

Зола топлива представляет собой твердый негорючий остаток, получающийся после сгорания горючей части топлива; причем зола, прошедшая стадию расплавления, называется шлаком. Зола существенно ухудшает качество топлива и вызывает значительные трудности в процессе сжигания (износ и шлакование поверхностей нагрева). При сравнительных расчетах пользуются приведенной зольностью $A^п = A^p / Q_H^p$.

Влага W топлива отрицательно влияет на его качество, так как снижает теплоту сгорания, ухудшает процесс воспламенения топлива, приводит к увеличению объема дымовых газов, а следовательно, потерь с уходящими газами. Приведенная влажность топлива $W^п = W^p / Q_H^p$.

Сера S – весьма нежелательный элемент топлива. При ее сгорании образуются SO_2 и SO_3 , которые вызывают коррозию элементов энергетических установок и оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

При нагревании топлива происходит выделение газообразных продуктов разложения, которое называется выходом летучих веществ $V^г$ и определяется в процентах от горючей массы топлива. Чем больше выход летучих веществ, тем ниже температура воспламенения топлива и больше объем пламени. По содержанию летучих веществ топливо подразделяют на пламенное и тощее.

Свойства кокса оказывают значительное влияние на процесс горения топлива и определяют области его использования.

Кроме того, характеристиками топлива являются: удобство сжигания топлива и расход энергии, связанный с подготовкой топлива к использованию; степень сложности разведки и трудности добычи топлива, определяющая объем капиталовложений и себестоимость топлива; удаленность месторождений топлива от районов его потребления.