

ТНис 15

- Топливо
- Механические топки

Виды органических топлив

Органические топлива бывают:

- **твердые:** антрацит, каменный и бурый угли, торф, дрова, бытовые и промышленные отходы (топлива расположены в порядке убывания их геологического возраста);
- **жидкие:** нефть и продукты ее перегонки – бензин, керосин, лигроин, мазут;
- **газообразные:** природный газ метан, синтезгаз, доменный и шихтовый газы, которые являются отходами металлургического производства.

Элементарный состав топлив

Твердые и жидкие топлива состоят из:

- углерода C , водорода H – наиболее ценных горючих составляющих;
- кислорода O , азота N – внутреннего балласта;
- серы S , золы A и влаги W – вредных компонентов.

Золу и влагу еще называют внешним балластом.

Элементарный состав топлив

Элементарный состав топлива может быть задан по:

рабочей массе

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100 \%;$$

сухой массе:

$$C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + A^c = 100 \%;$$

горючей массе:

$$C^g + H^g + O^g + N^g + S^g_{\text{л}} = 100 \%.$$

Высшая теплота сгорания топлива

Соотношения между долями компонентов:

$$C^{\tilde{n}} = \dot{C}^{\delta} \frac{100}{100 - W^{\delta}} \quad C^{\tilde{a}} = C^{\delta} \frac{100}{100 - A^{\delta} - W^{\delta}} = C^{\tilde{n}} \frac{100}{100 - A^{\tilde{n}}}$$

Высшая теплота сгорания топлива:

это теплота, выделяемая при полном сгорании 1 кг топлива, с учетом теплоты конденсации водяных паров из продуктов сгорания.

Теплоты сгорания топлива

Низшая теплота сгорания топлива не учитывает теплоту конденсации водяных паров.

Они определяются по формулам Менделеева, кДж/кг:

$$Q_{\text{в}}^{\text{p}} = 338C^{\text{p}} + 1249H^{\text{p}} + 108,5(S^{\text{p}} - O^{\text{p}});$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 338C^{\text{p}} + 1025H^{\text{p}} + 108,5(S^{\text{p}} - O^{\text{p}}) - 25W^{\text{p}}.$$

Их разность: $Q_{\text{в}}^{\text{p}} - Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 224H^{\text{p}} + 25W^{\text{p}}.$

Экспериментальное определение теплоты сгорания топлива

Если не известен элементарный состав топлива теплоту сгорания топлива можно определить экспериментально, сжигая точно взвешенную навеску топлива в среде чистого кислорода в «калориметрической бомбе».

Чугунная бомба опускается в воду, масса и температура которой точно измеряются.

После охлаждения бомбы водой измеряется конечная температура воды и по уравнению теплового баланса точно находится теплота, выделенная при сгорании навески топлива.

Кокс и летучие

Эту теплоту относят к массе навески и получают опытное значение теплоты сгорания топлива.

При нагревании твердого топлива без доступа воздуха оно разделяется на твердую (кокс) и летучую части.

Твердая часть состоит из углерода и золы, летучая – из горючих и негорючих газов (H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , H_2 и сложных углеводородов).

Свойства кокса

Кокс с большим содержанием смол механически прочный, он используется в металлургии.

Плохо спекающийся кокс – это энергетическое топливо.

Топливо с большим выходом горючих летучих V_d^r очень хорошо воспламеняется.

Такое топливо часто добавляют в тощие угли (с малым выходом горючих летучих), чтобы улучшить их воспламеняемость.

Условное топливо

Теплоты сгорания разных топлив значительно отличаются. Порядок низшей рабочей теплоты сгорания:

- бурые угли 15...20 МДж/кг;
- **каменные угли** 20...25 МДж/кг;
- мазут ~40 МДж/кг;
- **метан** ~40 МДж/м³.

Это затрудняет сравнительные экономические расчеты для ТЭС и котельных, работающих на разных топливах.

Поэтому введено **понятие условного топлива**, теплота сгорания 1 кг или 1 м³ которого $Q_y = 7000$ ккал (~ 29300 кДж).

Характеристики твердых топлив

Торф характеризуется высокими внутренним балластом O^p , N^p и влажностью ($W^p=30...50\%$); $Q_{н}^p=10...15$ МДж/кг, поэтому он является местным энергетическим топливом.

Бурые угли неспекающиеся, имеют повышенное содержание O^p , N^p , то есть могут самовозгораться; большую влажность ($W^p=20...40\%$), высокую зольность ($A^p=15...30\%$).

Из-за высокого внешнего балласта их невыгодно транспортировать на большие расстояния, поэтому они относятся также к местным энергетическим топливам.

Каменные угли

Каменные угли содержат небольшое количество внешнего балласта ($A^p=5...15\%$, $W^p=5...10\%$), поэтому их можно перевозить к дальним потребителям.

Они не самовозгораются, коксуются, имеют более высокое содержание углерода и теплоту сгорания, чем бурые угли.

В результате химической переработки каменных углей получают металлургический кокс и побочные продукты - коксовый газ, бензол, аммиак и др.

Антрациты

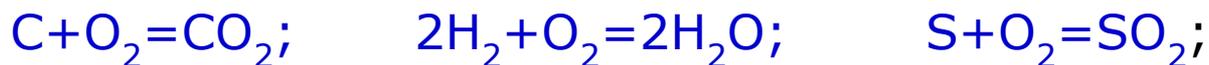
Антрациты являются наиболее старыми по геологическому возрасту, процесс обуглероживания в них почти достиг своего предела ($C^p=93...96\%$).

Они имеют высокую механическую прочность, плохо воспламеняются.

Горение – это химическая реакция окисления горючих составляющих топлива кислородом воздуха.

Химические реакции окисления горючих составляющих топлива

Для определения теоретического объема воздуха для полного сгорания 1 кг топлива запишем химические реакции:



1 кмоль: 12кгС-32кгO₂; 4кгH₂-32кгO₂; 32кгS-32кгO₂;

1 кг: 1кгС-8/3кгO₂; 1кгH₂-8кгO₂; 1кгS-1кгO₂;

в 1кг топлива: (C^p/100)кг С -8/3(C^p/100)кг O₂;

(H^p/100)кг H₂-8(H^p/100)кг O₂;

(S^p/100)кг S-(S^p/100)кг O₂ .

Теоретически необходимый объем воздуха

Масса кислорода для окисления горючих составляющих топлива, кг O_2 /кг топлива:

$$m_0 = \frac{8/3C^{\delta} + 8H^{\delta} + S_{\text{e}}^{\delta} - O^{\delta}}{100}$$

Массовая доля кислорода в воздухе 0,232, плотность воздуха при НФУ $\rho_0 = 1,293$ кг/м³, тогда теоретический объем воздуха, м³/кг топлива:

$$V_0 = \frac{m_0}{0,232\rho_0} = 0,089C^{\delta} + 0,266H^{\delta} + 0,033(S_{\text{e}}^{\delta} - O^{\delta})$$

Из-за несовершенного перемешивания топлива и воздуха, в топку подают избыточный объем воздуха $V_{\text{ä}} = \alpha V_0$ где $\alpha = 1,1 \dots 1,5$ – коэффициент избытка воздуха.

Продукты сгорания твердых и жидких топлив

Выход трехатомных газов, м³/кг:

$$V_{RO_2} = 1,866K_p/100,$$

где $K_p = C_p + 0,375S_p^л$ - приведенное количество углерода, %.

Теоретический выход азота:

$$V_{0.N_2} = 0,79V_0 + 0,8N_p/100.$$

Теоретический выход H₂O:

$$V_{H_2O} = 0,111H^p + 0,0124W^p + 1,24G_{\phi} + 0,0161V_0(\alpha - 1).$$

Объем дымовых газов (теплоносителя):

$$V = V_{RO_2} + V_{0.N_2} + V_{H_2O} + V_0(\alpha - 1). \quad (2)$$

Теоретический объем воздуха для газообразных топлив

Теоретический объем воздуха для сгорания газообразного топлива, м³/м³:

$$V_0 = 0,0476[0,5CO + 0,5H_2 + \Sigma(m+n/4)C_mH_n + 1,5H_2S - O_2]. \quad (3)$$

Теоретический объем азота:

$$V_{0.N_2} = 0,79V_0 + 0,01N_2.$$

Объем трехатомных газов:

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \Sigma mC_mH_n).$$

Энтальпия дымовых газов

Теоретический объем водяных паров, м³/м³:

$$V_{0.H_2O} = 0,01(H_2S + H_2 + \sum C_m H_n n/2 + 0,124d) + 0,0161V_0(\alpha - 1).$$

Объем дымовых газов находится также по формуле (2).

Энтальпия дымовых газов, кДж/кг (кДж/м³):

$$I = I_{0.г} + (\alpha - 1)I_{0.в}. \quad (4)$$

Энтальпия газов и воздуха в формуле (4)

Энтальпия газов при температуре θ , °C и коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$, кДж/кг (кДж/м³):

$$I_{0.g} = V_{RO_2}(c\theta)_{CO_2} + V_{0.N_2}(c\theta)_{N_2} + V_{0.H_2O}(c\theta)_{H_2O}.$$

Энтальпия теоретически необходимого воздуха, кДж/кг (кДж/м³):

$$I_{0.B} = V_{0.B}(c\theta)_B.$$

Топки

Топка – это часть парогенератора, предназначенная для сжигания топлива.

При этом химическая энергия топлива превращается в тепловую энергию продуктов сгорания, за счет которой генерируется пар.

Топки бывают слоевые, камерные, вихрекамерные.

В слоевых топках сжигается кусковое топливо в слое.

Эффективность сжигания топлива

В камерных топках эффективно сгорает угольная пыль ($\delta=0\text{...}300$ мкм).

В вихрекамерных (циклонных) топках сжигается дробленка ($\delta=4\text{...}6$ мм).

Интенсивность процесса сжигания, а следовательно и тепловое напряжение топочного объема, возрастает от слоевых топок к циклонным.

Слоевая топка



Продукты сгорания (5) уносятся в дымовую трубу, **шлак (7)** удаляется из нижней части топки.

Верхняя поверхность топлива – это **зеркало горения (6)**, площадь которого F принимается равной площади решетки.

Характеристики слоевой топки

Тепловое напряжение зеркала горения:

$$Q/F = BQ_H^p / F \quad (800 \dots 1300 \text{ кВт/м}^2).$$

Меньшее значение для влажного, зольного угля с мелочью, большее – для сухого, малозольного, сортированного топлива.

Объем топki V_T между зеркалом горения, стенами и потолком топki.

Тепловое напряжение топочного объема:

$$Q/V_T = BQ_H^p / V_T \quad (230 \dots 350 \text{ кВт/м}^3).$$

Топки бывают ручные и механизированные.

Механическая топка с цепной решеткой



бесконечное полотно из колосников, смонтированных на двух цепях, надетых на звездочки 2, одна из которых приводится во вращение от электродвигателя через редуктор.

Описание механической слоевой топки

Цепная решетка движется вглубь топки со скоростью 2–20 м/ч.

Топливо **из загрузочного бункера 3** через дозирующее устройство подается на решетку.

Необходимый для горения топлива воздух подается через **дутьевые окна 4**.

Перемещаясь вместе с полотном, топливо сгорает.

Механическая слоевая топка

Продукты сгорания 5 уносятся в дымовую трубу.

Негорючая часть топлива в виде шлака удаляется шлакоосъемником 6 в бункер шлака 7.

Колосники выполняются беспровальными, однако часть золы 8 проваливается вниз и должна оттуда периодически удаляться, как впрочем и шлак из бункера 7.