

# 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:

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

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

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

# 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 ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  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/м<sup>3</sup>.

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

Поэтому введено **понятие условного топлива**, теплота сгорания 1 кг или 1 м<sup>3</sup> которого  $Q_y = 7000$  ккал ( $\sim 29300$  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

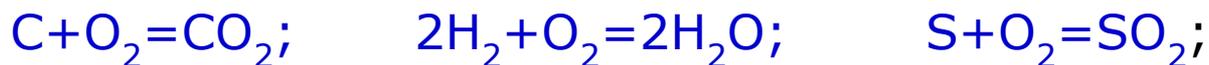
**Антрациты** являются наиболее старыми по геологическому возрасту, процесс обуглероживания в них почти достиг своего предела ( $C^p=93...96\%$ ).

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-32кгO<sub>2</sub>; 4кгH<sub>2</sub>-32кгO<sub>2</sub>; 32кгS-32кгO<sub>2</sub>;

1 кг: 1кгС-8/3кгO<sub>2</sub>; 1кгH<sub>2</sub>-8кгO<sub>2</sub>; 1кгS-1кгO<sub>2</sub>;

в 1кг топлива: (C<sup>p</sup>/100)кг С -8/3(C<sup>p</sup>/100)кг O<sub>2</sub>;

(H<sup>p</sup>/100)кг H<sub>2</sub>-8(H<sup>p</sup>/100)кг O<sub>2</sub>;

(S<sup>p</sup>/100)кг S-(S<sup>p</sup>/100)кг O<sub>2</sub> .

# 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/м<sup>3</sup>, тогда теоретический объем воздуха, м<sup>3</sup>/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, м<sup>3</sup>/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 H<sub>2</sub>O:

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

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, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

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

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, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

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

Объем дымовых газов находится также по формуле (2).

Энтальпия дымовых газов, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>):

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

## Энтальпия газов и воздуха в формуле (4)

Энтальпия газов при температуре  $\theta$ , °C и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = 1$ , кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>):

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

Энтальпия теоретически необходимого воздуха, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>):

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

# 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.