

# ОСНОВЫ МАШИНОВЕДЕНИЯ

## Лабораторная работа

### Тема: Определение влажности и зольности топлива

#### Цель работы

Ознакомиться с методами определения зольности и влажности топлива, приобрести практические навыки выполнения элементов технического анализа.

Работа выполняется в два этапа:

- определение содержания влаги;
- определение зольности.

#### Общие сведения

Источником теплоты является органическое топливо. При горении органического топлива протекают химические реакции соединения горючих элементов топлива (углерода  $C$ , водорода  $H$ , серы  $S$ ) с кислородом воздуха или другим окислителем. Реакция горения протекает с выделением теплоты и образованием более стойких соединений:  $CO_2$ ;  $SO_2$ ;  $H_2O$ .

Твердое и жидкое топливо состоит из углерода  $C$ , водорода  $H$ , органической серы  $S_o$  и колчеданов серы  $S_k$ , кислорода  $O$  и азота  $N$ , находящихся в сложных соединениях. Эти элементы составляют горючую массу топлива.

В состав топлива входят также зола  $A$  и влага  $W$ , которые составляют балласт топлива.

В точной технике различают рабочую, сухую и горючую массы топлива, поэтому рядом с химическим знаком вещества ставится, соответственно, буква  $P$ ,  $C$  или  $G$ .

Под **рабочей массой** понимают топливо в том виде, в каком оно подается в топку.

Состав рабочей массы:

$$C^p + H^p + S_o^p + S_k^p + O^p + N^p + A^p + W^p = 100 \ %.$$

Если из состава топлива удалить влагу, то получим **сухую массу топлива**, состав которого выражается так:

$$C^c + H^c + S_o^c + S_k^c + N^c + A^c = 100 \ %.$$

Если из состава топлива помимо влаги удалить (мысленно) золу  $A$ , то получим **горючую массу** следующего состава:

$$C + H + S_o + S_k + O + N = 100 \text{ \%}.$$

Состав рабочей массы сильно зависит от балласта, поэтому в справочниках, как правило, приводится состав горючей массы.

Самую ценную часть топлива составляют углерод и водород. При полном сгорании углерода, т.е. при образовании  $CO_2$ , теплота сгорания составляет 33,65 МДж/кг. Водород при полном сгорании выделяет 141,5 МДж/кг.

Сера содержится в топливе в виде органических соединений  $S_o$  и колчедана  $S_k$ , объединенных в летучую серу:

$$S_d = S_o + S_k.$$

Летучая сера при полном сгорании, т.е. при образовании  $SO_2$ , выделяет 9 МДж/кг теплоты.

Кроме отмеченного, сера входит в состав топлива в виде сернистых солей-сульфатов (типа  $CaSO_4$ ), не способных гореть.

Сера снижает качество топлива, так как образующиеся при сгорании топлива сернистые газы снижают качество металла, а попадая в помещение, могут вызвать отравление персонала.

Кислород и азот являются внутренним балластом топлива, снижающим содержание горючих элементов. Кислород связывает часть водорода в топливе и тем самым частично обесценивает его.

**Зола топлива**, являясь балластной примесью, сильно влияет на его качество и протекание процесса сжигания топлива.

В золу твердого топлива входят глинозем  $Al_2O_3$ , кремнезем  $SiO_2$ , окислы железа  $FeO$  и  $Fe_2O_3$ , известь  $CaCO_3$  и т.д.

Содержание золы (в процентах от рабочей массы) в различных видах топлива приведено ниже:

Бурые и каменные угли	- 4...25%;
Торф	- 5...7%;
Древесина	- 0,6%;
Мазут	- 0,3%.

Для сравнительной оценки зольности топлива пользуются понятием **приведенной зольности**. Под этим термином понимают зольность, отнесенную к 1000Дж и 1МДж рабочей низшей теплоты сгорания топлива:

$$A^p_n = 1000(A^p/Q^p_n),$$

где  $Q^p_n$  - рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

При  $A^0_z < 4\%$  топливо считается *малозольным*.

**Влага топлива** – вредная балластная составляющая топлива. В отдельных случаях влажность достигает 30...50%. Влага топлива складывается из внешней, или механической, влаги и из внутренней, или гигроскопической, влаги. **Внешняя влага** вызвана увлажнением кусков топлива. **Гигроскопическая влага** устанавливается в материале при длительном контакте с окружающей средой.

В расчетах используется понятие **приведенной влажности**, под которой понимают влажность топлива, отнесенную к 1000Дж или 1МДж низшей теплоты сгорания топлива:

$$W^p_n = 1000 (W^p / Q^p_n).$$

При  $W^p_n < 3$  топливо считают *маловлажным*, при  $W^p_n > 8$  - *сильновлажным*.

Важнейшей характеристикой топлива является **теплота сгорания**.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания. **Высшей теплотой сгорания**  $Q^p_v$  топлива называют всё количество тепла, выделенное при сгорании 1кг твердого и жидкого топлива или 1м<sup>3</sup> газообразного топлива при превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость при T= 273К.

**Низшая теплота сгорания**  $Q^p_n$  соответствует условию, что содержащийся в продуктах сгорания водяной пар охлаждается с 373 до 293 К.

## **Определение содержания гигроскопической влаги в твердом топливе**

### **Описание установки**

Установка для определения содержания влаги представляет собой сушильный шкаф, в который помещаются тигли с навеской твердого топлива в 1г, измельченного до размеров частиц 3мм. Температура в сушильном шкафу

контролируется с помощью термометра. Регулирование температуры производится терморегулятором.

### Ход работы

1 В предварительно взвешенный фарфоровый тигель насыпать навеску угля в количестве 1г с размерами частиц до 3мм.

2 Фарфоровые тигли установить в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 130...150°C. Тигли с навесками выдержать в таком шкафу в течение 5 мин, после чего вынуть их из шкафа, охладить на воздухе 3...5 мин и взвесить. Теоретически тигли необходимо обезводить до постоянной массы.

3 После взвешивания тигли с навесками необходимо установить в сушильный шкаф для контрольной сушки в течение 5 мин. Повторять эксперимент до достижения постоянной массы пробы. Практически добиться постоянной массы нельзя, так как постепенное уменьшение массы происходит вследствие поглощения кислорода воздуха. Поэтому окончательной следует считать минимальную массу. При такого рода определении надо иметь в виду следующее:

- при нагревании до 105°C гидратная влага глин, образующих золу горючего, удаляется не полностью;
- при нагревании до 105°C в атмосфере воздуха может происходить окисление горючей массы топлива;
- в некоторых случаях возможно также разложение органических соединений.

Влияние первых двух факторов приводит к уменьшению показателей содержания влаги; влияние третьего в результате появления газообразных и, следовательно, удаляющихся с влагой продуктов разложения, - к увеличению этих показателей.

При техническом анализе неточностями, возникающими в результате действия указанных факторов, можно пренебречь.

Результаты замеров занести в таблицу 2.16.

### Порядок расчета

1 Определить расчетную убыль массы  $\Delta v = v - v_2$ .

Если проводить две контрольные сушки, то вместо  $v$  следует подставить  $v_2$ . Количество потерянной влаги будет характеризовать гигроскопиче-

скую влагу. Так, для опыта взять навески воздушно-сухого топлива, из которого внешняя влага удалена.

2 Рассчитать влажность аналитической пробы. Иногда гигроскопическую влагу называют влагой аналитической пробы и обозначают  $W_a$ . В условиях опыта влажность аналитической пробы в процентах определяется по формуле

$$W_a = \Delta P / P \cdot 100\%.$$

Таблица 2.16 – Результаты замеров

№	Наименование измерений	Единица измерения	Обозначение	Значение измеренной величины
1	Масса пустого тигля	г	а	
2	Масса тигля с пробой до сушки	г	в	
3	Масса пробы до сушки	г	$P = в - а$	
4	Масса тигля с пробой: а) после первой сушки б) после второй контрольной сушки в) после третьей контрольной сушки	г	$V_1$ $V_2$ $V_3$	
5	Масса пробы: а) после первой сушки б) после второй контрольной сушки в) после третьей контрольной сушки	г	$P_1$ $P_2$ $P_3$	

## Определение содержания золы в твердом топливе

### Описание установки

Установка для определения зольности представляют собой элементарную муфельную печь. На поду муфеля устанавливаются фарфоровые тигли с навесками для прокаливания. Температура в муфеле контролируется с помощью хромель-алюмелевой термопары, показания которой передаются на милливольтметр. Температура муфеля регулируется реостатом.

## Ход работы

1 В предварительно взвешенный фарфоровый тигель насыпать около 1г измельченного до пылевидного состояния воздушно-сухого топлива и произвести точное взвешивание на аналитических весах.

2 Открытые тигли установить на металлическую или керамическую пластину (по 3...4 тигля в ряд). Пластинку поместить перед открытой муфельной печью, предварительно разогретой до 850°C, так, чтобы первый ряд тиглей находился у передней кромки муфеля.

3 Произвести выдержку тиглей в течение 10 мин. Затем постепенно, ряд за рядом, со скоростью примерно 1см в минуту продвинуть их внутрь муфеля. Во время продвижения тиглей необходимо следить, чтобы не было вспышек.

4 Закрывать дверцу муфеля и при температуре 800°C ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) прокалить тигли в течение 40 мин. После этого тигли с золой вынуть из муфеля, охладить в течение 5 мин на воздухе, а потом в эксикаторе – до комнатной температуры и взвесить.

5 После взвешивания тигли с золой поставить в муфель, нагретый до 800°C, для контрольного прокалывания в течение 15 мин. При контрольном прокалывании тигли с золой нужно быстро продвинуть в муфель. После повторного прокалывания тигли вынуть, охладить (как описано выше) и взвесить. Контрольные прокалывания продолжают до достижения постоянной массы золы.

Если масса золы изменяется на 0,1 % от массы пробы, т.е. при навесе 1г менее чем на 0,001 г, то контрольные прокалывания следует прекратить и для расчета принять последнюю массу. Взвешивания необходимо производить с точностью до 0,0002г. Результаты опыта занести в таблицу 2.17.

## Порядок расчета

1 Определить общую убыль массы:

$$\Delta = m_1 - m_2.$$

2 Рассчитать убыль массы после контрольного прокалывания:

$$\delta = m_1 - m_2 \leq 0,001 P.$$

Если производили два контрольных прокалывания, то вместо  $m_1$  следует подставить  $m_2$ , а вместо  $m_2$  - значение  $m_3$ .

Таблица 2.17 – Результаты опыта

№	Наименование измерений	Единица измерения	Обозначение	Значение измеренной величины
1	Масса пустого тигля	г	$a_1$	
2	Масса тигля с пробой	г	$b_1$	
3	Масса пробы	г	$P = a_1 - b_1$	
4	Масса тигля с пробой: - после первого прокаливания - после второго прокаливания - после контрольного прокаливания	г	$n_1$ $n_2$ $n_3$	

3 Определить зольность аналитической пробы топлива:

$$A^a = \frac{A}{P} \cdot 100\%$$

4 Вычислить зольность топлива на рабочую массу  $A^p$ :

$$A^p = A^a \frac{(100 - W^p)}{(100 - W^a)} \%,$$

где  $W^p$  - содержание влаги в рабочем топливе;

$W^a$  - содержание влаги в аналитической пробе топлива.

5 Рассчитать зольность топлива на сухую массу  $A^c$ :

$$A^c = A^p \frac{100}{100 - W^a} \%.$$

Вычисление результатов испытания аналитической пробы топлива, а также пересчет результатов испытания на абсолютно сухое и рабочее топливо произвести с точностью до 0,01 %.

### Контрольные вопросы

- 1 Что представляет собой зола?
- 2 Какие вы знаете виды влаги?
- 3 Какие вы знаете способы сушки изделий?
- 4 Каким образом определяется содержание золы в топливе?
- 5 Что такое влажность топлива?
- 6 Как определить влагосодержание топлива?