

---

**УДК 66.047.38; 66.047.3.085.1**

А.В. ЖДАНОВА, студент гр. ТЭб-231 (КузГТУ)

Научные руководители Е.Ю. ТЕМНИКОВА, к.т.н., доцент (КузГТУ),

И.В. ДВОРОВЕНКО, к.т.н., доцент (КузГТУ)

г. Кемерово

## **ТЕХНИКА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУШКИ УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА**

Повышенное содержание влаги в угле вызывает снижение теплоты сгорания топлива, так как часть выделяющейся энергии при горении идет на испарение влаги, то есть снижет эффективность и энергоемкость топлива. Кроме того повышенное содержание влаги влияет на смерзаемость угля при хранении и транспортировке, вызывает трудности при погрузке, разгрузке и сортировке. Чем ниже теплота сгорания, тем менее ценно и вос требовано топливо. Повысить теплотворную способность можно при удалении части влаги из угля.

Процесс удаления влаги из материалов с использованием тепловой энергии для ее испарения с отводом образующихся паров называется термической сушкой [1].

По способу подвода теплоты различают:

- конвективную сушку, проводимую путем непосредственного контакта материала и сушильного агента – воздуха или смеси воздуха с дымовыми газами, который в процессе сушки с увеличением своего влагосодержания охлаждается;
- контактную (кондуктивную) сушку, которая реализуется путем передачи теплоты от теплоносителя к материалу через разделяющую стенку;
- радиационную сушку – путем передачи теплоты инфракрасным излучением;
- сублимационную сушку, при которой влага удаляется из материала в замороженном состоянии (как правило, в вакууме);
- диэлектрическую сушку, при которой материал высушивается в поле токов высокой частоты [2].

Каждый вид сушки имеет свои преимущества и недостатки. Из перечисленных наиболее подходящими для удаления влаги из угля являются конвективная и радиационная сушка.

Добыываемый угольный концентрат марки «Д» на некотором разрезе в Кузбассе имеет высокую влажность, что влияет на теплоту сгорания угля и снижает конкурентоспособность продукта на рынке. В таблице 1 показаны результаты определения влажности по [3] предоставленных образцов угля марки «Д» с разреза, из которой видно, что наибольшая влажность со-

**VIII Международная молодежная научно-практическая  
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

111-2

21-22 ноября 2025 г.

ставляет 20,4% у класса крупности 0,2-2 мм. В целом смесь всех классов имеет высокую влажность 17,4%.

Таблица 1

**Влажность**

Класс крупности	0,2-2 мм	2-16 мм	16-50 мм	смесь
Влажность, %	20,4069	17,5614	16,8653	17,3922

В связи, с чем необходимо провести исследования процессов сушки угольного концентрата, на основе которых можно предложить мероприятия для уменьшения его влажности. Для этого следует подобрать оборудование, создать установку и разработать методику проведения экспериментальных исследований, что и является задачей данной работы.

Экспериментальная установка должна позволять реализовать и одновременно, и отдельно два вида сушки: конвективную и радиационную.

Схема и фотография установки представлена на рисунках 1-2. Установка содержит :

- электрический инфракрасный излучатель 1 (Ballu, мощность полная 800 Вт и половинная 400 Вт, размер окна излучателя 200×250 мм, температура кварцевых излучателей после прогрева составляла 550-570°C, измеренная пиromетром NtmPro 900), предназначенный для нагрева поверхности угольного концентрата за счет узкого диапазона электромагнитных волн (длина волны  $\lambda = 1 \text{ мм} - 780 \text{ нм}$ );

- весы 2 (ВЛТЭ-2100С, max – 2100 г, точность 0,01 г) для измерения изменяющейся массы угольного концентрата в процессе сушки;

- электрический нагреватель-вентилятор 3 (Monlan, MPK-20R, 2 кВт, скорость потока воздуха составляет 1,15 м/с) для создания конвективного теплообмена;

- контейнер с угольным концентратом 4 (размеры: длина×ширина×высота = 190×160×20 мм, соответственно), который подвергается сушке;

- измеритель с двумя термопарами 5 (ОВЕН ТРМ-202 с термопарами ХА) для определения температуры на поверхности и внутри на глубине слоя угольного концентрата;

- электронный секундомер 6 для фиксации времени измерения температур и массы концентрата;

- психрометр гигрометрический для определения температуры и влажности атмосферного воздуха (не показан на рисунке 1).

Работа установки осуществляется следующим образом.

1. В журнале отмечают класс крупности угольного концентрата, расстояние от излучателя и/или нагревателя-вентилятора.

2. Измеряют температуры сухого и мокрого термометра и определяют относительную влажность воздуха.

3. Измеряют массу пустого контейнера (тары) 4 или убирают тару на весах.

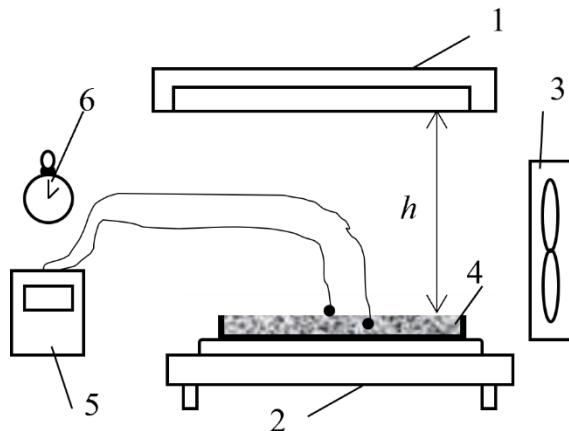


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – электрический инфракрасный излучатель; 2 – весы; 3 – электрический нагреватель-вентилятор; 4 – контейнер с угольным концентратом; 5 – измеритель с двумя термопарами; 6 – электронный секундомер



Рис. 2. Фотография экспериментальной установки

4. В контейнер 4 укладывают влажный угольный концентрат высотой 20 мм ровно по краю контейнера.

5. Контейнер с влажным угольным концентратом помещают на включенные весы 2.

6. Измеряют массу влажного материала без/с массой контейнера.

7. Устанавливают термопары с измерителем 5: одну на поверхности концентрата, вторую в слое на глубине 10 мм.

8. Измеряют массу с термопарами.
9. Включают инфракрасный излучатель 1 в случае применения радиационной сушки.
10. Для создания конвективного теплообмена включают электрический нагреватель-вентилятор 3.
11. Запускают секундомер 6.
12. С течением времени проводят измерение массы концентрата и температур через 30 с или 1 мин.

При радиационной сушке происходит нагрев поверхности угольного концентрата от инфракрасного излучения, и затем прогрев концентрата по толщине за счет теплопроводности.

Установка предполагает возможность изменять высоту расположения излучателя относительно поверхности контейнера с угольным концентратом  $h$  (рисунок 1).

Эксперименты могут проводиться при конвективной или радиационной сушке или при использовании двух способов совместно.

Проведенные исследования на установке по разработанной методике позволяют предложить способы удаления влаги из классов крупности угольного концентрата.

#### Список литературы:

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 7-е изд. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961. – 829 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. – 2-е изд. – М.: Издательство «Химия», 1995. – 368 с.
3. ГОСТ 52911-2022. Топливо твердое минеральное. Определение общей влаги. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 12 с.

#### Информация об авторах:

Жданова Анастасия Вячеславовна, студент гр. ТЭб-231, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, zhdanova.av2705@gmail.com

Темникова Елена Юрьевна, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, teu.pmahp@kuzstu.ru

Дворовенко Игорь Викторович, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, div.pmh@kuzstu.ru