

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

1 2014

Научный журнал Павлодарского государственного университета
имени С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия

Республики Казахстан

17 апреля 2014 года

Кислов А.П., к.т.н., доцент (главный редактор);
Львов Ю.А., к.т.н., доцент (зам. гл. редактора);
Акаев А.М., магистр (отв. секретарь);

Редакционная коллегия:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, зав. каф. НГТУ (г. Новосибирск, Россия);
Бороников Ю.С., к.т.н., профессор Национального исследовательского
ТПУ, проректор-директор Энергетического института (г. Томск, Россия);
Глущарин А.И., д.т.н., профессор;
Горюнов В.Н., д.т.н., профессор ОмГТУ, директор Энергетического
института (г. Омск, Россия);
Говоруи В.Ф., д.т.н., профессор;
Захаров И.В., д.т.н., профессор;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Никифоров А.С., д.т.н., профессор;
Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;
Хицевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Нургожина Б. В. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи и диски не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

Оришевская Е. В., Приходько Е. В. Ситовый анализ золы Экибастузского угля	116
Риттер Д. В., Анарбаев А. Е., Молдахметов С. С. Использование линии поверхностного волновода в устройствах сверхвысокочастотного нагрева	122
Рук В. А., Нуржауов А. Определение моментов инерции шестерен коробки передач трактора ДТ-75М «Казахстан»	130
Рындин В. В. Методы вывода уравнений энергии для потока в термодинамике	135
Рындин В. В. К вопросу о переименовании термодинамики и слиянии её с необратимой термодинамикой	145
Сатыбалдиева Ф. А., Арыстанбаев К. Е., Нурмаганбетов Б. Д. Информационно-измерительные системы в электроснабжении учебных заведений	153
Сейтенова Г. Ж., Ильчубаева Р. М., Сергеев Я. Механизм парафинизации трубопровода и методика его расчета	159
Сейтенова Г. Ж., Ильчубаева Р. М., Сергеев Я. Антикоррозионная защита МТП	164
Кабдуалиева М. М., Асенова С. С. Содержательное значение терминов употребляемых в отрасли энергетики	169
Кислов А. П., Марковский В. П., Нарынбаев Д. С. Применение накопителей энергии в гибридных системах – солнечных и ветряных электростанциях	177
Марковский В. П., Волошанин О. Г., Кайдар А. Б. Перспектива совместного использования солнечных, ветроэнергетических, теплонасосных систем и биогазовых установок	183
Лукутин Б. В., Сурков М. А., Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М. Мустафина Г. М. Формирование режимов работы автономной системы электроснабжения с рассредоточенной ветродизельной генерацией	189
Лукутин Б. В., Сурков М. А., Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М. Оценка эффективности работы автономной системы электроснабжения с рассредоточенной ветродизельной генерацией	197
Наши авторы	204
Правила для авторов	207

Е. В. Оришевская, Е. В. Приходько

СИТОВЫЙ АНАЛИЗ ЗОЛЫ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

Представлены результаты лабораторного эксперимента по изучению степени улавливания инерционного золоуловителя в зависимости от фракционного состава золы.

Первостепенное влияние на работу золоуловителей оказывает крупность пыли. Так как летучая зола состоит из частиц разных размеров, то характеристикой крупности ее служит фракционный состав, показывающий, какое количество частиц того или другого размера содержится в ней.

Фракционный состав золы, определяемый по диаметру частиц (дисперсный состав), зависит от исходного состояния (помола) топлива, типа установленного золоулавливающего оборудования и степени очистки газов в нем. В связи с широким классом применяемых мельничных устройств, фракционный состав золы на предприятиях Казахстана может меняться.

Дисперсный состав летучей золы в уходящих газах котлов ТЭС, сжигающих уголь, определяется экспериментально следующими методами: ситовым, воздушной сепарации, жидкостной седиментации, центробежной сепарации, микроскопический анализ.

Наиболее простым способом определения фракционного состава является ситовый анализ, заключающийся в просеивании пробы пыли через ряд сит с последовательно уменьшающимися размерами отверстий. Для просеивания пыли применяют сита, плетенные из тонкой металлической проволоки. Такая последовательность позволяет разделить пробу на фракции за один анализ. Рассевка может производиться ручным или механическим способом.

На основании результатов просеивания строят кривую полных остатков. Эта кривая показывает, какое количество пыли задерживается на данном сите, т.е. весовое содержание в пыли частиц размерами более. Содержание данной фракции выражается кривой распределения, которая получается путем графического дифференцирования кривой полных остатков.

С помощью ситового анализа можно определить содержание частиц только больших 40 мкм, так как сита с более мелкими отверстиями изготовить нельзя, остальные методы могут быть рекомендованы для разделения летучей золы на фракции менее 40 мкм. [1]

Ситовый анализ производился для золы Экибастузского угля энергетических предприятий Павлодарского региона. Затем зола улавливалась лабораторной моделью аэрофильтра [2, 3].

В начале экспериментального исследования был произведен ситовый анализ пробы золы до прохождения аэрофильтра весом $M_{исх} = 100$ гр. Использовались сита размером ячеек 280, 250, 200, 160 и 140 мкм.

Таблица 1 – Результаты ситового анализа золы до прохождения золоуловителя.

Номер сита	Остаток на сите, г	Доля, %
280	1,8	1,8
250	3,15	3,15
200	19,8	19,8
160	25,9	25,9
140	9,85	9,85
дно	38,5	38,5

Кривая полных остатков, получаемая на основании результатов ситового анализа строилась согласно методике [6]. Данные для построения кривой распределения приведены в таблице 2, дифференциальная кривая распределения частиц по размерам изображена на рисунке 1.

Как видно из таблицы 1, основная доля приходится на частицы размером менее 140 мкм. и 160 мкм. Максимум дифференциальной кривой (рисунок 1) приходится на значение 160 мкм.

Таблица 2 – Данные для построения дифференциальной кривой распределения числа частиц по размерам

δ , мкм	130	140	160	200	250	280
$\Delta\delta$, мкм	130	10	20	40	50	30
ΔD , %	38,5	9,85	25,9	19,8	3,15	1,8
$\Delta D/\Delta\delta$	0,3	0,985	1,3	0,5	0,063	0,06

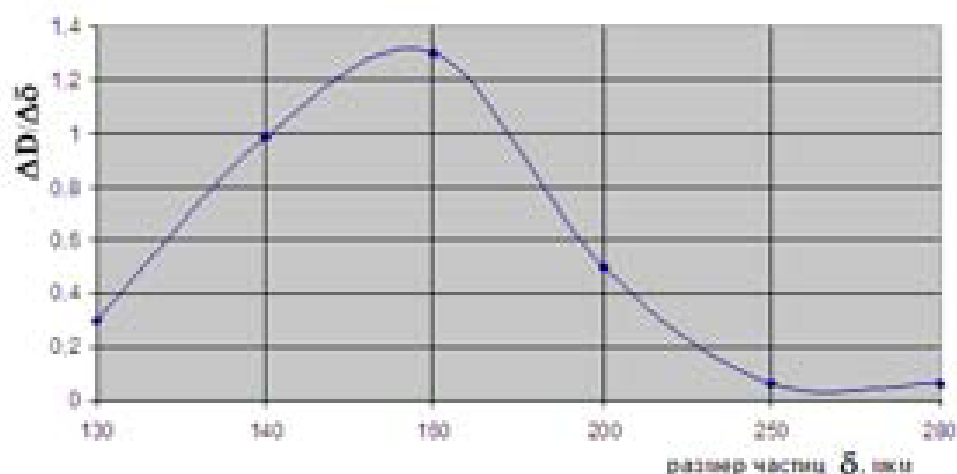


Рисунок 1 – Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам при ситовом анализе до аэрофильтра

После пропускания порции золы через аэрофильтр производим ситовый анализ уловленной золы весом $M_{исх} = 106$ г. по той же методике. Результаты представлены ниже.

Таблица 3 – Ситовый анализ золы после аэрофильтра

Номер сита	Остаток на сите, г	Доля, %
280	1,8	1,7
250	5,39	5,1
200	20,78	19,6
160	18,42	17,4
140	5,89	5,6
дно	53,35	50,3

Таблица 4 – Данные для построения дифференциальной кривой распределения числа частиц по размерам после аэрофильтра

δ , мкм	130	140	160	200	250	280
$\Delta\delta$, мкм	130	10	20	40	50	30
ΔD , %	50,3	5,6	17,4	19,6	5,1	1,7
$\Delta D / \Delta\delta$	0,4	0,56	0,87	0,49	0,102	0,06

Из полученной кривой распределения можно заметить, что после прохождения золы через золоуловитель, максимальное количество в ней составляют частицы размером менее 140 мкм и 160 мкм, как и до аэрофильтра.

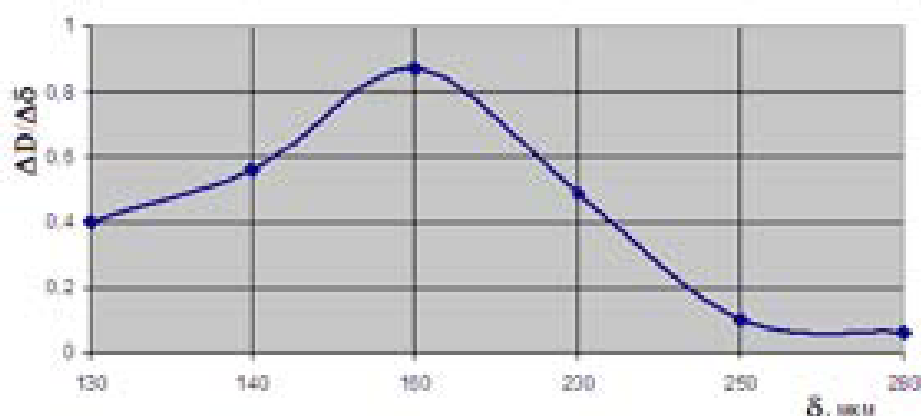


Рисунок 2 – Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам при ситовом анализе после аэрофильтра

При проведении экспериментального исследования степени улавливания золоуловителя для разных фракций золы было взято два вида золы Экибастузского угля, состав которых приведен в таблицах 5 и 6. Результаты полученной степени улавливания аэрофильтра при пропускании порций взятых образцов приведены в таблице 7.

Как видно из таблицы 7, при улавливании золы, содержащей в своем составе преобладающее количество мелких частиц, степень улавливания аэрофильтра значительно снижается.

Таблица 5 – Фракционный состав золы I

Номер сита	Остаток на сите, г	Доля, %
280	1,80	1,80
250	3,15	3,15
200	19,80	19,80
160	25,90	25,90
140	9,850	9,850
Провал (дно)	38,50	38,50

Таблица 6 – Фракционный состав золы II

Номер сита	Остаток на сите, г	Доля, %
280	3,30	3,30
250	2,05	2,05
200	6,70	6,70
160	8,70	8,70
140	2,00	2,00
100	13,45	76,50
Провал (дно)	63,40	

Таблица 7 – Результаты эксперимента

Частицы, запыляющие поток	Количество опытов	Степень очистки установки, %
Зола I	20	88 – 93,7
Зола II	15	78 – 84

В связи с вышеупомянутым наблюдением было решено определить степень улавливания установки для различных фракций золы. Это даст возможность, проведя ситовый анализ имеющейся на предприятии золы, сделать вывод о рациональности применения аэрофильтра на данном предприятии.

С помощью ситового анализа были отобраны массы различных фракций золовой пыли, и производилось определение влияния фракционного состава улавливаемой пыли на степень улавливания аэрофильтра. Результаты эксперимента сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – результаты эксперимента при скорости потока 18 м/с

Фракция золы, мкм	Степень очистки установки, %
Более 280	89,6
R ₂₅₀	84,1
R ₂₀₀	90,4
R ₁₆₀	91,6
R ₁₄₀	92,1
R ₁₀₀	93,8
Менее 100	64,0

Как видно из таблицы 8, максимальная степень улавливания имеет место для фракции 100-140 мкм, для частиц меньшего размера степень улавливания резко снижается, и процессе улавливания сопровождается интенсивным пылением. Большую эффективность улавливания золы I можно объяснить наличием преобладающей фракции частиц 160 мкм и значительно меньшим содержанием субмикронных частиц, трудно поддающихся улавливанию инерционным способом.

Так как образующаяся на предприятиях Казахстана зола Экибастузского угля имеет в своем составе значительную долю фракции размером 100 мкм, можно с уверенностью полагать, что испытываемый аэрофильтр может применяться на энергетических предприятиях с целью улавливания пыле- золовых выбросов.

Выводы: 1. Среди разных способов определения фракционного состава золовых частиц в дымовых газах ТЭС для нашего исследования рационально использовать 2 метода: ситовый и микроскопический анализ.

2. По результатам проведенных исследований представляется следующий фракционный состав:

- до улавливания в аэрофилт্রে основную массу занимают частицы размером 10 - 15 и 160 мкм.

- максимальное количество частиц, уловленных аэрофилтром, составляют фракции менее 140 мкм (из них 15 - 20 и 50 мкм) и 160 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 РД 153-34.1-02.319-2001. Методические указания по определению коэффициента оседания f при оценке загрязнения атмосферы твердыми выбросами ТЭС с учетом дисперсности летучей золы. – М. : РАО "ЕЭС России", 2002. – 9 с.

2 **Оришевская, Е. В., Приходько, Е. В.** Анализ разработок современных инерционных пылеуловителей. – «Вестник ПГУ», № 3-4. – Павлодар, 2012. – С. 171-178.

3 Патент № 12071. Поперечно-струйный аэрофилтр. / Агапов Ю. Е., Белоглазов В. П., Оришевская Е. В; опубл 15.10.2002, Бюл № 10. – 5с : ил.

4 Порошковая металлургия и напыленные покрытия : Учебник для вузов / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. – М. : Металлургия, 1987. – 792 с.

5 **Мизонов, В. Е., Ушаков, С. Г.** Аэродинамическая классификация порошков. – М. : Химия, 1989. – 160 с.

6 **Коузов, П. А.** Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л. : Химия, 1987. – 264 с.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 24.01.14.

Е. В. Оришевская, Е. В. Приходько

Екібастұз көмір күлдігінің ситолық анализі

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 24.01.14 редакцияға түсті.

E. V. Orishevskaya, E. V. Prichodko

Sieve analysis of Ekibastuz coal ash

S. Toraighyrov Pavlodar state university, Pavlodar.
Material received on 24.01.14

Инерционные кулдікті фракционды құралына байланысты ұстап қалудың зертханалық сынақтардың нәтижелері қарастырылған.

Results of laboratory experiment on studying the degree of catching inertial ash catcher depending on fractional structure of ashes are presented.

УДК 615.471.681.31

Д. В. Риттер*, А. Е. Анарбаев, С. С. Молдахметов****

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОЛНОВОДА В УСТРОЙСТВАХ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА

В статье рассматриваются особенности процесса облучения и нагрева. Подробно излагаются режимы минимального переизлучения энергии и максимального поглощения энергии. Уделено особое внимание концентрации энергии. Многоходовое устройство возбуждения позволяет достаточно просто осуществлять ступенчатую регулировку тепловой мощности в нагреваемом объекте. Применение поля поверхностного волновода для нагрева протяженных объектов позволяет решить многие проблемы, в отличие от традиционных способов, то есть является весьма перспективным. Предварительный анализ и расчеты показали, что использование в установках по СВЧ нагреву поверхностных волноводов имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными установками.

Ключевые слова: рефлектор, вибратор, рупор, провод, поверхностные волны

Чтобы применение СВЧ энергии было экономически оправдано, необходимо выбирать такие СВЧ приборы, которые имели бы в сочетании следующие характеристики: высокий КПД преобразования энергии промышленной частоты в СВЧ энергию (не менее 50%, а лучше 70% — 90%); высокий уровень выходной мощности в непрерывном режиме (около 1 кВт и более); простые и дешевые источники питания (желательно питать СВЧ прибор, непосредственно подключая его к вторичной обмотке силового трансформатора промышленной электросети без выпрямителей и фильтров); простота конструкции, надежность, большой срок службы (не менее 2 — 5 тысяч часов); возможность эффективной работы при переменной нагрузке.