

## ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СОЗДАНИЯ ВОДНО- УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Приведены сведения о возможности применения новейших технологий электро-разрядного приготовления устойчивых водно-угольных суспензий при производстве водно-угольного топлива.*

**Ключевые слова:** *электроразрядная дезинтеграция, водно-угольная суспензия, водно-угольное топливо, седиментационная устойчивость суспензии.*

*Приведено відомості про можливість застосування новітніх технологій електро-разрядного приготування стійких водно-вугільних суспензій під час виробництва водно-вугільного палива.*

**Ключові слова:** *електророзрядна дезинтеграція, водно-вугільна суспензія, водно-вугільне паливо, седиментаційна стійкість суспензії.*

*Resulted taking about possibility of application of the newest technologies of electro-bit preparation steady water-coal suspensions at the production of water-coal fuel.*

**Key words:** *electro-bit disintegration, water-coal suspension, water-coal fuel, sedimentation stability of suspension.*

**Введение.** В настоящее время проблема совершенствования топливно-энергетического комплекса Украины приобретает особую актуальность. Истощение эксплуатируемых газовых и нефтяных месторождений – вопрос уже нескольких десятков лет. В связи с этим возникла необходимость вернуться к традиционным источникам энергии, в том числе к углю. Но возвращение угля в энергетику должно сопровождаться использованием новых технологий, которые позволят максимально использовать преимущества угля, а также минимизировать сложность его применения. В этой связи важным решением может стать переход от прямого сжигания угля в различных топочных устройствах к приготовлению из углей различного качества водно-угольного топлива (ВУТ).

**Постановка проблемы.** Сущность традиционных технологий приготовления ВУТ состоит в тонкодисперсном измельчении угля и активации компонентов (химических добавок), которые добавляются для повышения текучести полученной водно-угольной суспензии (ВУС), предотвращения расслоения и придания ей стабильности.

Измельчение угля традиционно проводят в несколько стадий в шаровых или стержневых мельницах как сухого, так и мокрого помола, которые характеризуются большой металлоемкостью, высокими удельными затратами энергии на измельчение одной тонны угля (до 190-240 кВт·ч/т), низким КПД измельчения, значительными капитальными затратами при строительстве комплексов приготовления ВУТ

[1]. Для активации ВУС с целью получения топлива с высокими реакционными качествами используются роторно-вихревые мельницы и кавитаторы разных типов, которые используются и в технологии Renamat, разработанной в ООО «Творческое объединение «Наука»». Принцип работы мельницы состоит в доизмельчении и перемешивании предварительно дробленного до фракции 3 мм угля потоками воды с применением сил кавитации до фракции менее 200 мкм [2]. Недостатками этих известных способов являются многоступенчатая переработка, неудовлетворительная продолжительность обработки, значительные затраты энергии и металла (до 0,117 кг/т), высокая стоимость.

На базе уже имеющихся наработок в области электроразрядных технологий, в частности электро-дробления и измельчения неметаллических материалов [3, 4, 5], предлагается использование электроразряда для получения водно-угольного топлива. Импульсным электроразрядным технологиям дробления и измельчения минерального сырья присуще значительное уменьшение удельных энергозатрат при незначительных габаритах оборудования и капитальных затрат.

Электроразрядная технология дезинтеграции углей предусматривает за счет действия импульсных высоковольтных разрядов как источника энергии высокой плотности одностадийное измельчение угля фракции 0-100 мм до тонкодисперсного состояния и получения высокой седиментационной устойчивой ВУС.

В момент разряда при достаточной амплитуде волн давления происходит раздавливание или разрыв материала в зоне, прилегающей к каналу разряда, за счет образования и развития проникающих откольных трещин.

При электроразрядном способе дезинтеграции неметаллических материалов инструмент воздействия на материал регламентируется численным значением энергии разрядного контура [6]. Согласно [7], энергия, выделяющаяся в канале разряда, в основном расходуется на работу, совершаемую каналом при его расширении (~ 50 %), и нагрев вещества в канале разряда. В свою очередь, работа канала преобразуется в энергию волн сжатия (до 20 %) и энергию пульсации газового пузыря (до 30 %).

Запасенная энергия связана с параметрами разрядного контура соотношением:

$$W = \frac{CU^2}{2}, \quad (1)$$

где  $W$  – запасенная энергия, кДж;  $U$  – напряжение, кВ;  $C$  – емкость конденсаторов, мкФ.

Основным показателем технологического процесса является производительность, определяющаяся по объему измельченного бурого угля от одного разряда.

Объем зоны измельчения  $V_d$  определяется длиной разрядного промежутка  $l$  и радиусом зоны измельчения  $R$  [8], т. е.:

$$V_d = \pi \cdot l \cdot R^2, \quad (2)$$

$$R = \frac{1,82(2W)^{\frac{1}{3}}}{(f_k)^{\frac{1}{3}}}, \quad (3)$$

где  $f_k$  – коэффициент крепости по Протодюяконову. Тогда –

$$V_d = \pi \cdot l \cdot \left[ \frac{1,82(2W)^{\frac{1}{3}}}{(f_k)^{\frac{1}{3}}} \right]^2. \quad (4)$$

Зависимость производительности измельчения угля от удельных затрат энергии показана на рисунке 1.

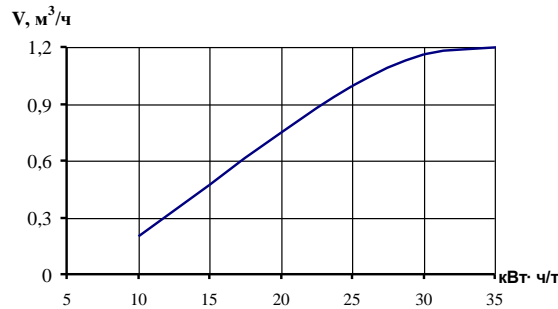
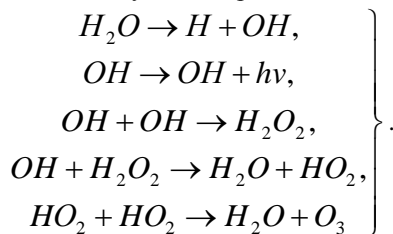


Рисунок 1 – Зависимость производительности от удельных затрат энергии

Экспериментально установлен оптимальный диапазон удельной энергии от 30 до 35 кВт·ч/т, который позволит получить фракцию угля от 0,2 мм и меньше и обеспечить получение стойкой и стабильной водноугольной суспензии [9].

Кроме дезинтеграции угля при электроразрядной обработке протекают деструктивные механические реакции в воде. Молекулы воды под влиянием высоких температур и давлений диссоциируют в соответствии со следующими реакциями:



Происходит так называемый термолитиз воды с понижением pH и образованием сверхактивных молекул  $H_2O_2$  и  $O_3$ , т.е. образуется активированная жидкая среда и активная твердая среда. Одновременно происходит образование диполей на поверхности твердых частей, происходит образование так называемого механического барьера при столкновении частиц активной твердой фазы. Эти процессы сдерживают

оседание или прилипание частиц, что обеспечивает высокую седимента-ционную устойчивость суспензии.

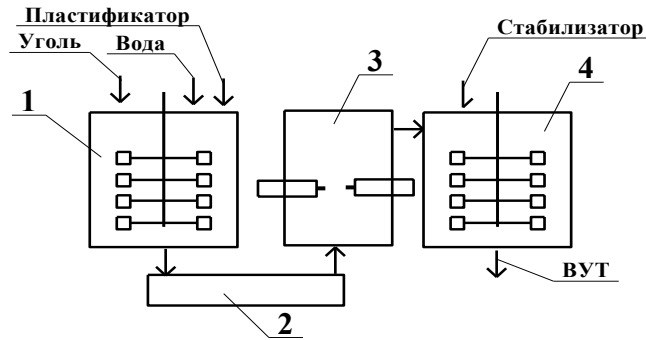
На основании результатов исследований по электроразрядной дезинтеграции угля и воздействия на компоненты ВУС разработана технология непрерывного процесса производства ВУТ. Функциональная схема процесса представлена на рисунке 2. Для реализации технологического процесса и технологических требований разработана и изготовлена электрогидроимпульсная установка (ЭГУ) «ВУТ1». Для опытно-промышленной проверки изготовлено ВУТ на основе углей, добываемых ГП «Донбасантрацит» (г. Красный Луч) марки АШ (0-6).

Параметры изготовления ВУС:

- рабочее напряжение, кВ 50;
- энергия в импульсе, кДж 1,25;
- частота следования импульсов, Гц 4,0;
- максимальные затраты энергии, кВт·ч/т 35;
- производительность одноэлектродной системы, м³/ч 1,2

Характеристика ВУТ на основе каменных углей:

- соотношение твердой и жидкой фаз, % 60:40;
- плотность суспензии, кг/м³ 1200;
- фракционный состав от 0 до 200 мкм, % 100;
- стабилизатор (КМЦ), % 1;
- пластификатор (мазут М100), % 1;
- температура воспламенения, °С 450;
- температура горения, С 1050.

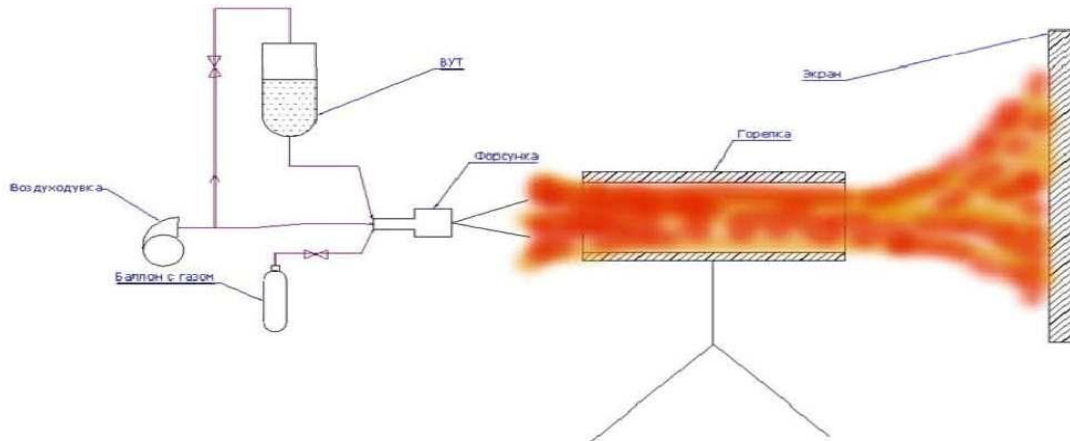


1 - гомогенизатор 4-ступени; 2 - питатель;  
3 - разрядная камера; 4 - гомогенизатор 4-ступени

**Рисунок 2** – Функциональная схема электроразрядного процесса приготовления ВУТ

Проверка на сжигание проводилась на водогрейном котле ПТВМ-100 ТЭЦ КП «Желтоводсктеплосеть»

совместно с ООО «ЭТАН-НХН». Схема испытательного стенда приведена на рис. 3.



**Рисунок 3** – Схема стенда для проверки сгорания ВУТ

**Выводы.** В результате сжигания ВУТ установлено следующее:

– полнота сгорания водно-угольной суспензии на основе каменных углей достигает 98 % (полнота сгорания исходного угля – 60 %);

– при сгорании водно-угольной суспензии, приготовленной с использованием электроразрядных процессов, достигается снижение вредных выбросов в атмосферу (пыли, оксидов азота, серы) от 1,5 до 3,5 раза.

Широкое использование нового технологического процесса производства водно-угольной суспензии для

ВУТ позволит ускорить решение проблемы энергетической независимости Украины, улучшить экологическую обстановку на тепловых электростанциях и котельных, утилизировать большое количество отходов угледобывающей отрасли, снизить от 1,5 до 2 раз себестоимость производства водно-угольной суспензии.

Областью приложения технологий производства водно-угольного топлива, в первую очередь, являются объекты малой энергетики, а именно – отопительные котлы, котлы коммунальных производств, объекты ЖКХ, а с ростом объемов внедрения – и ТЭЦ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зайденберг, В. Е. Производство и использование водоугольного топлива / В. Е. Зайденберг, К. Н. Трубецкой, В. И. Мурко, И. Х. Нехороших. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 176 с.
2. А.с. 1086162 СССР, МКИ<sup>3</sup> E 21 C 20/00, E 21 F 5/00. Способ получения водноугольной суспензии / К.М. Абрамсон, Е.Я. Горешняк, В.В. Пеннер, Д.М. Шерепенник (СССР). – № 3553593/22-03; заяв. 15.02.83; опубл. 30.11.84, Бюл. 16. – 2 с.
3. Ризун А. Р. Электроразрядное разрушение неметаллических материалов / Ризун А. Р., Цуркин В. Н. // Электронная обработка материалов. – 2002. – №1 (213). – С. 83-86.
4. Патент 75990 Украины, МПК(2006)B02C19/18. Спосіб електрогідроімпульсного дрібнення та подрібнення матеріалів / Денисюк Т. Д., Різун А. Р., Голень Ю. В., Морев Г. М., Вашеленко В. І., Яцюк С. А. – № 20040604270; заявл. 03.06.04; опубл. 15.06.06, Бюл. № 6. – 3 с.

5. Ризун А. Р. Методика расчета параметров установки электроразрядного разрушения неметаллических материалов. / Ризун А. Р. Голень Ю. В., Денисюк Т. Д. // Электронная обработка материалов. – 2002. – №4. – С. 74 – 84.
6. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / под ред. Г. А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
7. Наугольных К. А. Электрогидравлические разряды в воде / Наугольных К. А., Рой Н. А. – М. : Наука, 1971. – 154 с.
8. Ризун А. Р. К вопросу об определении производительности электроразрядного разрушения хрупких неметаллических материалов / Ризун А. Р., Косенков В. М. // Электронная обработка материалов. – 2001. – №1. – С. 45–50.
9. Патент 41815 Украины, МПК (2009) C10L 1/32, B02C 19/18. Спосіб одержання водно-вугільної суспензії / А.Р. Різун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк, Г.М. Морев, Л.О. Жекул, Г.П. Муштатний. – № 200815232; заяв. 29.12.2008; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 11. – 2 с.

Рецензенти: д.т.н., проф. Радченко М. І.,  
к.т.н., доц. Сирота О. А.

© Ризун А. Р., 2011  
© Голень Ю. В., 2011  
© Денисюк Т. Д., 2011

*Стаття надійшла до редколегії 11.05.2011 р.*