



**А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк, В.Ю. Кононов**

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

## **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ПРОЦЕССА ДЕЗИНТЕГРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ВОДНО–УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**



*Разработан электроразрядный процесс получения водно–угольной суспензии, в котором в качестве механизма измельчения бурого угля используется высоковольтный электрический разряд. Данный процесс позволяет получить требуемый фракционный состав компонентов водно–угольного топлива.*

*Ключевые слова:* электроразрядная дезинтеграция, бурый уголь, водно–угольная суспензия, водно–угольное топливо.

В настоящее время в Украине проблема совершенствования топливно-энергетического баланса приобретает особую актуальность. Новый вид жидкого топлива из угля — водно–угольного топлива (ВУТ) — может стать эффективной заменой дорогих дефицитных естественных энергоносителей (природного газа и нефти) на многих ТЭЦ и ГРЭС с минимальными капитальными затратами и без увеличения вредных выбросов в атмосферу сверх дозволённого уровня.

ВУТ — это дисперсная смесь, состоящая из тонкоизмельченного угля, воды и реагента-пластификатора. Получают ВУТ из угля, углесодержащих отходов и угольных шламов. Главные достоинства ВУТ — дешевизна и экологичность. Стоимость ВУТ, готового для прямого использования, в пересчете на тонну условного топлива ниже стоимости мазута от 2 до 4 раз и не превышает 20 % цены исходного угля на месте его добычи. По физико-химическим характеристикам

водно–угольное топливо аналогично жидкому топливу, поэтому процессы их транспортировки и ввода в котел также аналогичны.

Сущность традиционного приготовления ВУТ состоит в измельчении угля до тонкодисперсного состояния и активации компонентов (химических добавок), которые добавляются для повышения текучести водно–угольной суспензии (ВУС), предотвращения расслоения и придания ей стабильности. Измельчение угля традиционно проводят в шаровых и стержневых мельницах в несколько стадий сухого или мокрого помола, которые характеризуются многоступенчатостью обработки, большой металлоемкостью, высокими удельными затратами энергии на измельчение одной тонны угля (до 190–240 кВт·ч/т), низким КПД и значительными капитальными затратами при строительстве комплексов приготовления ВУТ [1]. Для активации приготовления ВУС с целью получения топлива с высокими реакционными качествами используются роторно-вихревые мельницы и кавитаторы разных типов, которые используются и в технологии Renamat, разра-



ботанной 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 20 мкм [2]. Недостатками этих известных способов являются многоступенчатая переработка, неудовлетворительная продолжительность обработки, значительные затраты денег, энергии и металла (до 0,117 кг/т). Импульсным электроразрядным технологиям дробления и измельчения минерального сырья присуще значительное уменьшение удельных энергозатрат при незначительных габаритах оборудования и капитальных затрат.

Целью статьи является обобщение результатов исследований электроразрядной дезинтеграции угля на фракции, требуемые для изготовления водно–угольного топлива.

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Предлагаемый технологический процесс предусматривает измельчение угля от фракции 0–100 мм до тонкодисперсного состояния в воде как с добавками, так и без них, а также активизацию ВУС за счет действия импульсных высоковольтных разрядов как источника энергий высокой плотности.

При разработке электроразрядного технологического процесса приготовления водно–угольных суспензий кроме дезинтеграции используется свойство углеводного сырья, угля, нефти и других углеводных соединений поддаваться гидрогенизации, т.е. присоединения водорода к атомам углерода под большим давлением и при высокой температуре. При сжигании ВУТ это способствует повышению полноты сгорания и снижению токсичности и количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу.

При электровзрывном способе обработки материалов инструментом воздействия на материал являются ударные волны, образованные высоковольтным разрядом в жидкости. Плотность энергии в канале разряда сравнима с объемной плотностью энергии взрывчатых ве-

ществ [3]. Согласно [4], 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 %).

Распределением энергии между волной сжатия и пульсацией газового пузыря можно управлять, изменяя режимы электрического разряда.

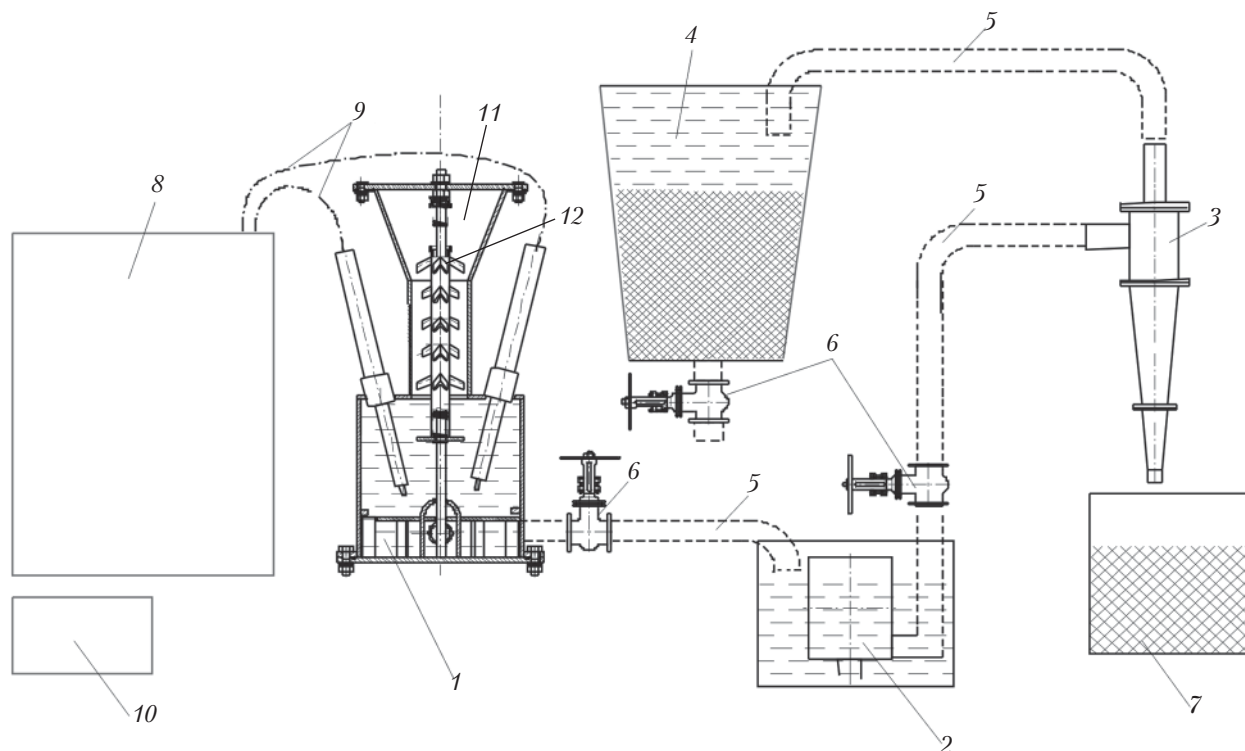
Электроразрядное дробление характеризуется множеством достаточно сложных явлений, начиная от пробоя жидкости и кончая разрушением материала. Используя электрод как инструмент дробления, сталкиваемся, с одной стороны, с высоким давлением и высокой температурой канала разряда, высокими давлениями волн сжатия и разрежения, гидропотоками и др., с другой — с объектом разрушения и множеством показателей физико-механических свойств.

В момент разряда при достаточной амплитуде волн давления происходит раздавливание или разрыв материала в зоне, прилегающей к каналу разряда, а также образование и развитие проникающих трещин. Волна давления при достижении открытой поверхности частично от-

Таблица 1

Результаты электроразрядного измельчения бурого угля

Запасенная энергия $W$ , кДж	№ режима экспериментальной обработки	Фракционный состав суспензии, %			
		<50 мкм	от 50 до 100 мкм	от 100 до 200 мкм	>200 мкм
0,625	1	—	—	67,0	33,0
	2	—	—	80,0	20,0
	3	—	—	99,0	1,0
1,25	4	—	—	92,0	5,0
	5	—	90,0	5,0	2,6
	6	93,0	4,0	2,0	1,0
1,25	7	93,0	5,0	1,0	1,0
	8	95,0	1,2	1,2	2,6
	9	93,0	4,7	1,6	0,7



Конструктивная схема установки: 1 – камера разрядная; 2 – насос WQD 10-11-0,75; 3 – гидроциклон ГЦ-100; 4 – сборник; 5 – трубопроводы; 6 – задвижка; 7 – бункер; 8 – ГИТ; 9 – шлейф; 10 – система управления; 11 – загрузочное устройство; 12 – механизм подачи угля

Таблица 2

Технические характеристики ЭГУ

Наименование параметра	Величина
Производительность, кг/ч, не менее	350
Количество электродов, шт.	2
Габаритные размеры установки, м	5 × 3 × 2
Габаритные размеры генератора, м	1,2 × 0,6 × 1,0
Масса, кг, не более	1000
Номинальное рабочее напряжение, В	50000
Номинальная запасаемая энергия, кДж, не более	2,5
Полная мощность, кВА, не более	5
Среднее значение тока, потребляемое из сети, А	12
Питание установки напряжением, В	220
Частота тока питающей сети, Гц	50

ражается, образуя в материале волну растяжения, которая является причиной образования откольных трещин.

Для электроразрядного механизма разрушения основным силовым параметром является запасенная энергия, связанная с параметрами разряда соотношением:

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

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

Экспериментально установлена и представлена в табл. 1 зависимость выходного фракционного состава бурого угля от используемой величины запасенной энергии разрядов с различными режимами частоты следования импульсов и времени обработки, но при условии одинаковых удельных затрат энергии — 30 кВт · ч / т.

По результатам экспериментов выбраны наиболее приемлемые режимы обработки бурого угля (№ 6, 7, 8, 9 табл. 1), при которых достигнуто максимальное измельчение. 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  $R$  [6], 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 угля по Протодьяконову (для бурого угля  $f_k = 1,5$  [7]).

Тогда

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

Расчеты, произведенные по формуле (4) с учетом параметров электроразряда  $W$  и  $l$ , а также крепости угля  $f_k$ , показывают, что на оборудовании с одним технологическим узлом можно достичь производительности до 400 кг/ч водно-угольной суспензии.

#### ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНАЯ УСТАНОВКА

Для реализации технологического процесса и технологических требований разработана и изготовлена электрогидроимпульсная установка (ЭГУ) «ВУТ1», которая предназначена для электроразрядной дезинтеграции компонентов водно—угольного топлива.

Установка состоит из 2-х основных частей: технологического узла и энергетического блока. Технические характеристики установки представлены в табл. 2. Конструктивная схема установки представлена на рисунке.

Работа установки происходит следующим образом (см. рисунок). Разрядная камера  $I$  заполняется водой, включается ГИТ  $\delta$ , бурый уголь подается в загрузочный бункер разрядной камеры через загрузочное устройство  $II$ , механизмом подачи угля  $12$ , работающим от воздействия волн давления, генерируемых разря-

дом. После обработки водно-угольная смесь через задвижку поступает в сборную емкость, откуда насосом  $2$  подается на гидроциклон  $3$ . Задвижкой  $6$  устанавливается подача суспензии на гидроциклон в режиме, при котором через песковое отверстие гидроциклона будет отбираться фракция угля, песок и другие примеси. Из сливного патрубка гидроциклона суспензия класса 100 мк поступает в сборник суспензии. После заполнения сборника суспензией на 2/3 объема производится ее выпуск через задвижку  $6$  в емкость, где при необходимости к ней добавляют пластификаторы.

Испытание установки «ВУТ1» проведено на стенде ИИПТ. Обработан бурый уголь, добытый на разрезе «Константиновский» Александрийского филиала ЗАО «Энергоуголь».

Характеристика водно—угольной суспензии после обработки на установке «ВУТ1»:

соотношение твердой и жидкой фаз, % .....	50/50
плотность суспензии, кг/м <sup>3</sup> .....	1 094,0
фракционный состав от 0 до 50 мкм, % .....	98

#### ВЫВОДЫ

Широкое использование нового технологического процесса производства водно—угольной суспензии для водно—угольного топлива позволит

- ✦ частично решить проблему энергетической независимости регионов и Украины в целом;
- ✦ улучшить экологическую обстановку на тепловых электростанциях и котельных;
- ✦ снизить от 1,5 до 2 раз себестоимость производства водно—угольной суспензии.

Разработанный технологический процесс производства водно—угольных суспензий может найти широкое применение в технологических комплексах приготовления экономичного топлива взамен угля, мазута, газа на основе бурых углей для котельных и более объемных потребителей энергоресурсов.

Внедрение технологического процесса изготовления водно—угольного топлива проводится в 2009 г. на базе ТЭЦ КП «Желтоводсктеплосети» г. Желтые Воды.

К задачам, решаемых в перспективе, следует отнести повышение производительности ЭГУ, повышение калорийности ВУТ, измельчение угля до максимально возможной фракции — менее 10 мкм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайденберг, В.Е.* Производство и использование водугольного 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. Шериденник (СССР). — № 3553593/22-03; заяв. 15.02.83; опубл. 30.11.84, Бюл. 16. — 2 с.
3. *Оборудование* и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / Под ред. Г.А. Гулого. — М.: Машиностроение, 1977. — 320 с.
4. *Наугольных К.А.* Электрогидравлические разряды в воде / Наугольных К.А., Рой Н.А. — М.: Наука, 1971. — 154 с.
5. *Ризун А.Р.* Электроразрядное разрушение неметаллических материалов / Ризун А.Р., Цуркин В.Н. // Электронная обработка материалов. — 2002. — № 1. — С. 83–85.
6. *Ризун А.Р., Косенков В.М.* К вопросу об определении производительности электроразрядного разрушения хрупких неметаллических материалов // Электронная обработка материалов. — 2001. — № 1. — С. 45–50.
7. *Ветров, Ю.А.* Разрушение прочных пород / Ю.А. Ветров, В.П. Володинская, В.Ф. Баранников, В.П. Кука. — Киев: Будівельник, 1973. — 350 с.

*А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк, В.Ю. Кононов*

#### РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОГО ПРОЦЕСУ ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ ВОДНО–ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

Розроблено електророзрядний процес одержання водно–вугільної суспензії, у якому як механізм здрібнювання бурого вугілля використовується високовольтний електричний розряд. Даний процес дає можливість одержувати необхідний фракційний склад компонентів водно–вугільного палива.

*Ключові слова: електророзрядна дезінтеграція, буре вугілля, водно–вугільна суспензія, водно–вугільне паливо.*

*A.R. Rizun, Yu.V. Holen, T.D. Denisyuk, V.U. Kononov*

#### DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF ELECTRIC-DISCHARGE DISINTEGRATION PROCESS OF WATER-COAL FUEL COMPONENTS

Electric-discharge process of water–coal suspension production where high-voltage electric discharge is used as a mechanism of brown coal disintegration has been developed. The process provides the production of the required fractional composition of components of water–coal fuel.

*Key words: electric-discharge disintegration, brown coal, water–coal suspension, water–coal fuel.*

Надійшла до редакції 05.03.09.