

УДК 662.757



А. С. МАКАРОВ,
доктор техн. наук
(ИКХХВ им. А. В. Думанского
НАН Украины)



С. Д. БОРУК,
канд. хим. наук
(Черновицкий национальный
университет им. Ю. Федьковича)



А. И. ЕГУРНОВ,
канд. техн. наук
(ЗАО «АНА-ТЕМС»)



Е. В. МАКАРОВА,
канд. хим. наук
(ИКХХВ им. А. В. Думанского
НАН Украины)

Композиционные угольные суспензии на основе вторичных топливных энергоносителей

Получены композиционные углесодержащие суспензии на основе вторичных топливных энергоносителей и показано, что физико-химические и эксплуатационные характеристики указанных систем позволяют использовать их как топливо.

При создании суспензий на основе низкокалорийных углей и отходов углеобогащения необходимо учитывать, что содержание органической составляющей в шламах составляет от 40 до 55 %, концентрация летучих веществ минимальна, что создает определенные сложности для получения на их основе топлива. Так, даже в случае достижения в водных суспензиях на основе угля марки Т или высокозольных шламов других углей (массовая доля золы выше 50 %) массовой доли твердого 65 – 67 % не удастся получить систему, которая горит без предварительного обезвоживания или непрерывной «подсветки» газом или другим энергоносителем [1]. Аналогично без дорогостоящей предварительной обработки не удастся получить водоугольные суспензии (ВУС) на основе бурого угля, используемые для непосредственного сжигания. Невозможность легкого применения указанных суспензий как топлива предполагает нецелесообразность их получения. Затраты на транспортировку малоэффективного топлива и его предварительную обработку перед ис-

пользованием делают его неконкурентноспособным [2].

Решить проблему горючести суспензий на основе низкокалорийного угольного топлива можно путем применения в качестве дисперсионной среды смеси нефтешламов (нефтяных отложений) и жидких продуктов пиролиза полимерных отходов, а также промышленных сточных вод (отходы пищевой, спиртовой и целлюлозно-бумажной промышленности, которые содержат спирты, минеральные масла, растворители, жиры) и других органических соединений.

Целью данного исследования было создание суспензионного топлива на основе предложенной дисперсионной среды и различных видов твердых энергоносителей: угля марки Г, бурого угля, антрацита, отходов угля марки Т.

В качестве дисперсионной среды рекомендуется использовать смесь нефтешламов (нефтяных отложений) и жидких продуктов пиролиза полимерных отходов [3]. Одна из основных эксплуатационных характеристик смеси – теплотворная способность, которая при сжигании данной системы выше, чем при

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

Таблица 1

Образец	Эффективная вязкость, Па · с	Седиментационная устойчивость, сут	Степень выгорания топливной составляющей, %	Теплообразующая способность, кДж/кг	Удельные выбросы SO ₂ , ГДж/кг
Исходная смесь*	0,45	8	100	38600	0,680
Исходная смесь + 20 % угля марки Г	0,86	19	99,5	43250	0,720
Исходная смесь + 20 % отходов угля марки Т	1,05	23	98,0	41500	0,560
Исходная смесь + 20 % бурого угля	0,95	22	98,5	42000	0,640
Исходная смесь + 20 % антрацита	0,75	14	99,3	42200	0,660

* Жидкие продукты пиролиза резины + нефтяные шламы.

сжигании каждого компонента отдельно, вероятно, за счет реализации микрогетерогенного катализа процесса горения. Оптимальное соотношение тройных смесей: 40 % нефтешламов, 40 % жидких продуктов пиролиза и 20 % угля общей массы. Как видно из данных табл. 1, физико-химические и эксплуатационные характеристики систем позволяют использовать их как топливо.

Стабилизация свойств созданного на основе сточных вод топлива из углей разной степени метаморфизма достигается применением диспергирующих, стабилизирующих и пластифицирующих добавок [4]. При этом органические вещества, содержащиеся в дисперсионной среде, во время сжигания водоугольного топлива (ВУТ) выделяют дополнительную теплоту, улучшая энергетические характеристики топлива [5].

Разнообразие состава и концентрации компонентов, присутствующих в промышленных стоках, предполагает изменение физико-химических взаимодействий между компонентами дисперсионной среды и частицами угля. Примеси органического и неорганического характера адсорбируются поверхностью углей, модифицируют потенциал угольных частиц, меняя интенсивность электростатического взаимодействия, что влияет на характер образования пространственных структур ВУС. Пластификаторы, стабилизаторы и диспергаторы также влияют на реологические свойства композиционных дисперсий: уменьшается вязкость дисперсных систем, повышается их стабильность. Из-за варьирующегося в широких пределах значения рН сточных вод свойства ВУТ на их основе будут отличаться от ВУТ на водопроводной воде. Например, при низких значениях рН уменьшается растворимость и эффективность стабилизаторов. К тому же в сильноокислой среде усиливается коррозия металлических частей топливной аппаратуры и конструкций.

Таблица 2

Концентрация компонента, мг/дм ³	Образец		
	№ 1 (рН=3,5)	№ 2 (рН=11,5)	№ 3 (рН=6,89)
Сульфаты	1030	4600	2,8
Хлориды	875	-	4,5
Бензол	0,03	-	-
Толуол	0,005	-	-
Нитрокрезол	-	5350	-
Пропанол-2	-	-	8460
Бутанол-2	-	-	14830

Как известно, угли в результате адсорбционно-десорбционных взаимодействий могут в большей или меньшей степени протонироваться и нейтрализовывать избыточную кислотность дисперсионной среды. Поэтому важнейшее условие для получения стабильных суспензий с высоким содержанием твердой фазы – изучение физико-химических характеристик компонентов системы (рН, ионная сила, температура дисперсионной среды, химическая природа и концентрация стабилизирующих добавок), которые определяют поверхностный заряд частиц, влияющий на эффект диспергирования частиц и их взаимного электростатического отталкивания при механоактивации суспензий.

Для исследований физико-химических и реологических свойств была получена водоугольная суспензия на основе угля марки Г с содержанием твердой фазы 62 % и концентрацией диспергатора (лигносульфоната натрия) 1 % массы твердого. В качестве дисперсионной среды использовались водопроводная вода, а также сточные воды с характеристиками, приведенными в табл. 2. Представленные образцы вод №1 и 2 НПП «Заря», образец № 3 – сточные воды кондиционирования силовых масел предприятий компании «Укрспирт».

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, характеристики ВУС, полученные на основе сточных

Таблица 3

Параметры суспензии	Состав дисперсионной среды образцов			
	№ 1 (рН=3,5)	№ 2 (рН=11,5)	№ 3 (рН=6,89)	№ 4 (водопроводная вода, рН = 6,87)
Эффективная вязкость, Па·с	1,25	1,54	0,32	1,40
Средний диаметр частиц дисперсной фазы, мкм	24,9	34,9	31,5	25,9
Электрокинетический потенциал частиц, мВ	-65,0	-55,0	-27,5	-57,6
рН	5,98	7,56	6,81	6,75
Седиментационная устойчивость, сут	7	6	4,5	8

вод с кислой средой, практически не отличаются от показателей контрольного опыта (образцы № 1 и 4). Наблюдается снижение вязкости суспензии, а гранулометрический состав и электрокинетический потенциал практически не меняются, что позволяет сохранить и даже увеличить устойчивость получаемых систем. Свойства систем, полученных при использовании щелочных сточных вод, несколько хуже, чем в контрольном эксперименте. Вместе с тем реологические свойства систем позволяют рекомендовать данную сточную воду для приготовления водоугольных суспензий. Реологические свойства ВУС, приготовленные на водопроводной (нейтральной) воде, а также на кислой и щелочной сточных водах НПП «Заря», не выходили за пределы приемлемого диапазона характеристик (образцы № 1 – 4). Их седиментационная устойчивость – несколько суток, вязкость не превышает 1,5 Па·с. Такие ВУС можно успешно использовать в качестве водоугольного топлива. При этом добавка органического компонента позволяет повысить его калорийность.

Исходя из литературных данных [6, 7], температура деструкции основных загрязняющих веществ не превышает 800 °С, поэтому сжигание ВУС в плазменных горелках позволит решить вопрос деструкции органических загрязнений.

Выводы. При выполнении исследований получены композиционные угольные суспензии на основе вторичных топливных энергоносителей, нефтешлама, жидких продуктов пиролиза резины и промышленных сточных вод (вязкость 0,4 – 1,6 Па·с, устойчивость от 4 до 28 сут), которые можно использовать как топливо. При этом применение в качестве дисперсионной среды отходов промышленности, содержащих органические компоненты, позволяет повысить калорийность этого топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колоїдно-хімічні методи отримання палива на основі відходів вуглезбагачення / А. С. Макаров, О. М. Кобітович, Д. П. Савіцький [та ін.] // Вісник НАН України. – 2009. – № 1. – С. 56 – 67.
2. *Высококонцентрированные* суспензии на основе отходов углеобогащения. Получение, реологические характеристики и энергетическая ценность / А. С. Макаров, А. И. Егурнов, С. Д. Борук [и др.] // Хімічна промисловість України. – 2007. – № 2 (79). – С. 56 – 60.
3. Егурнов А. И. Физико-химические принципы получения композиционного топлива на основе вторичных топливных энергоресурсов / А. И. Егурнов, С. Д. Борук, И. А. Винклер // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 44 (85). – С. 167 – 173.
4. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод / А. И. Жуков, И. Л. Монгай, И. Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977. – 204 с.
5. Goodwin J. Rheology for Chemists / J. Goodwin, R. Hughes. – Cambridge: RSC, 2000. – 290 p.
6. Гамера А. В. Влияние содержания угля и гидроксида натрия на седиментационную устойчивость водоугольных суспензий / А. В. Гамера, Э. М. Воронова, А. С. Макаров // Химия твердого топлива. – 1990. – № 2. – С. 111 – 113.
7. Абрुззесе К. Электрохимическая дезактивация радиоактивно загрязненных глиносодержащих шламов / К. Абрुззесе, Б. Ю. Корнилович, Н. А. Мишук [и др.] // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26. – № 3. – С. 247 – 259.