

УДК 621.436.982+628.1.033

https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/27

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

©**Бекмуратова Б. Т.**, ORCID: 0000-0002-8365-4725, SPIN-код: 4162-1979, Кыргызско-Узбекский университет, г. Ош, Кыргызстан, [burul0886@mail.ru](mailto:burul0886@mail.ru)

## APPLICATION OF WATER-BASED FUEL IN HEAT POWER ENGINEERING

©**Bekmuratova B.**, ORCID: 0000-0002-8365-4725, SPIN-code: 4162-1979, Kyrgyz-Uzbek University, Osh, Kyrgyzstan, [burul0886@mail.ru](mailto:burul0886@mail.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена технологии получения вододисперсионной суспензии с новыми технологическими свойствами. В статье описана технология получения вододисперсионной (водоугольной) суспензии на месторождении Кара-Добо Узгенского угольного бассейна в Ошской области Кыргызской Республики. Условно классифицирован специфический жидкофазный композиционный материал, обладающий широкими функционально-технологическими возможностями.

*Abstract.* This article is devoted to obtaining a water-coal suspension with new technological properties. The article describes the technology of obtaining a water-emulsion suspension with the help of the Uzgen coal basin of the Karadobo deposit in the Osh region of the Kyrgyz Republic. Briefly, it is conventionally classified as a specific liquid-phase composite material with broad functional and technological capabilities.

*Ключевые слова:* уголь, вододисперсионное топливо, энергопотребление, угольный бассейн.

*Keywords:* coal, water-emulsion fuel, energy consumption, coal basin.

Развитие мирового научно-технического прогресса, рост численности населения и улучшение его благосостояния привели к резкому увеличению энергопотребления, обратной стороной которого является истощение углеводородных сырьевых ресурсов. Поэтому многими зарубежными специалистами начало XXI века оценивается как переходный период в развитии мировой энергетической системы. В связи с этим актуальны задачи энергосбережения и экологической безопасности при работе энергетических систем.

### *Материал и методы исследования*

Для решения этих задач интерес представляют вододисперсионное топливо (ВДТ): вода—бензин, вода—дизельное топливо, вода—мазут, вода—угольная пыль (вододисперсионное топливо), вода—мазут—угольная пыль. ВДТ позволяет экономить много дефицитного топлива. Применение суспензии позволяет интенсифицировать процесс горения, свести на нет образование нагара и различных отложений, как на стенках камеры топочного устройства, так и на форсунке.

Одним из путей увеличения выработка электрической и тепловой энергии топливно-энергетическим комплексом Кыргызстана является увеличение доли угля в сжигаемом сырье.

В перспективе прирост генерирующих мощностей будет осуществлен и за счет тепловых электростанций на низкосортных углях Каракечинского угольного бассейна, объем потребления которых, ежегодно возрастет.

Увеличение доли угля в выработке тепловой и электрической энергии в Киргизской Республике (КР), требует разработки энергетически и экологически совершенных технологий переработки и сжигания угля. Одним из наиболее экономически обоснованных и экологически целесообразных топлив на крупных ТЭЦ страны и котельных является применение суспензионного водоугольного топлива.

В КР ежегодно образуется большое количество отходов угледобычи, являющихся отличным сырьем для получения ВУТ. Получаемое в настоящее время ВУТ уже сегодня конкурентоспособно как по отношению к потребляемому углю, так и по отношению к жидкому и газообразному топливам, применяемым при сжигании в ТЭЦ и котельных. Стоимость ВУТ, приготовленного из отходов угледобычи, в пересчете на тонну условного топлива ниже стоимости мазута в 2-4 раза и не превышает 15-20% цен исходного угля на месте его добычи. Создание новых видов водоугольных топлив ВУТ сведет к минимуму затраты на переоснащение котлоагрегатов ТЭЦ и сделает его конкурентоспособным по отношению к мазуту и дизельному топливу при сжигании в котла агрегатах ТЭЦ и котельных.

В настоящее время водоугольное топливо представляет собой дисперсную композиционную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля (60-65 %), воды и реагента-пластификатора, приготавливается из угля, углесодержащих отходов и угольных шламов. Основная масса угольных частиц в разработанных ВУТ имеет размер 10 -200 мкм [1]. Такие ВУТ могут использоваться при сжигании в котла агрегатах ТЭЦ.

В связи со значительным содержанием крупных частиц в ВУТ и наличием инертной водной фазы (до 60%) требуется тепловая стабилизация зоны воспламенения таких ВУТ во время розжига, которая обеспечивается мазутным или газовым факелом, дугой плазмотрона или другими методами. Кроме того, присутствие минеральной части в ВУТ до 20-25% вызывает необходимость установки оборудования для золоулавливания и золоудаления, что требует серьезных капиталовложений на переоборудование котлов ТЭЦ. Эти причины и являются основным сдерживающим фактором широкого распространения ВУТ во многих странах.

*Мы считаем, что широкое применение ВУТ в качестве альтернативы жидким топливам из нефти (дизельному топливу (ДТ) и мазуту) в основном зависит от успешного решения нижеследующих физико- технологических задач [1, 2]:*

- измельчение исходного угольного сырья до уровня 10 мкм и ниже при энерго затратах ниже существующих (в настоящее время эти затраты составляют ~ 30-35 кВт/м<sup>3</sup>);
- глубокая деминерализация угольной суспензии до содержания солей менее 2ч3%;
- получение на основе деминерализованной угольной дисперсии ВУТ с необходимыми технологическими(теплофизическими, реологическими) свойствами.

*Решение поставленных задач позволит создать топливо для котельных, не требующее их переоборудования.*

Измельчение и фракционирование угольного сырья до уровня 10 мкм и ниже проводились с использованием гидродинамической кавитации [3]. В результате кавитации происходит механо-гидродинамическая деструкция и разрушения частиц угля. А использование воды в качестве энергоносителя позволяет реализовать высокую эффективность измельчения и низкие энергозатраты. Применение эффекта кавитации в

переработке исходного сырья в результате возникающих в системе гидродинамических нагрузок и ударных волн приводит к разогрев вещества и возрастанию давления и тем самым это обуславливает эффективность метода.

Наряду с вышеуказанным, мы предлагаем совместить процесс тонкого измельчения с деминерализацией углей. Интенсивная гидродинамическая кавитация позволит одновременно проводить глубокую деминерализацию угля, эмульгирование водной фазы и введение пластифицирующих добавок.

Проведенные нами экспериментальные работы и литературные данные указывают на то, что интенсивная механическая и гидродинамическая обработка приводит к:

- активации углей вследствие разупорядочения структуры и образования дефектов;
- переходу угольных частиц в ультрадисперсное состояние, обладающее высокой реакционной способностью, что увеличивает скорости гетерогенных процессов и вызывает значительное изменение равновесных параметров, характеризующих реакционную способность вещества угля.

Предварительно осуществляемая глубокая деминерализация твердой фазы угольной суспензии методами флотации обеспечивает снижение зольности топлива до 2-3%. Согласно литературным данным [1], перевод деминерализованного угля в ВУТ с дисперсностью менее 10 мкм позволит снизить температуру воспламенения, которая у существующих ВУТ составляет ~ 500°C. Перевод деминерализованного угля в ультрадисперсное состояние со средним размером частиц < 1 мкм позволит довести температуру воспламенения угольной дисперсии до температуры воспламенения дизельного топлива (~350°C) и при этом получить реологические свойства ВУТ, близкие к ДТ. Это дает основания предполагать, что водоугольная суспензия на основе угля в ультрадисперсном состоянии будет иметь потребительские характеристики, близкие к обычному дизельному топливу.

В качестве объекта исследования использовали угли Узгенского угольного бассейна (месторождения Кара-Добо), физико-химические свойства которых представлены в Таблице.

Таблица.

<i>Влажность, %</i>	<i>Летучесть, %</i>	<i>Зольность, %</i>	<i>Сера, %</i>	<i>Высшая теплота</i>
0,42	11,6	1,52	0,09	7896

Каменные угли месторождения Кара–Добо Узгенского угольного бассейна измельчались с помощью дробильных устройств и фракции с дисперсностью более 50 мкм отсеивали на сите и полученные угольные порошки добавляли в активированную воду.

Из литературных данных известно, что наличие в жидкости твердых частиц (низкоразмерных) определенного состава, числа, концентрации, формы, размера и других физико-химических, технологических параметров способно существенным образом изменять с одной стороны исходные свойства самой жидкости и с другой свойства наполнителя [4, 5]. В этом смысле суспензия представляет жидко- микро твердофазную квазиравновесную систему, имеющую все признаки классического композиционного материала.

Исходя из этого, — суспензию можно условно классифицировать как специфический жидкофазный композиционный материал, обладающий широкими функционально-технологическими возможностями и физико- химическими и потребительскими свойствами [4, 5].

В известных способах процесс приготовления различных суспензий, состоящих из

механической смеси жидкой фазы (наполнителя), разделен по времени. При этом фракционирование и диспергирование твердого продукта осуществляется механически, а затем происходит его смешивание с жидкой матрицей. При этом процесс смешивания может сочетаться с измельчением наполнителя, сепарацией и другими процессами. Такая последовательность действий снижает эффективность активации жидкофазной матрицы частицами твердого наполнителя [4].

### *Результаты и обсуждение*

В экспериментах получения микро суспензий, совмещался процессом фракционирования угольных частиц с дальнейшим процессом образования жидко-микро твердофазной суспензии.

Суть нашей методологии состоит в том, что струя ультрадисперсных угольных частиц после прохождения сопла Лавала, направляясь на преграду, с которой после динамического взаимодействия с поверхностью стеклянной емкости происходит микро разрушение с отделением от поверхности микро- и ультра частицы угля (макро частицы угля оседают на дно емкости). Отделившиеся относительно мелкие угольные частицы далее смешиваются с воздухом и переходят во вторую емкость, где взаимодействуют также с ее поверхностью. Во второй емкости происходят такие же процессы как и в первом, т.е. относительно крупные частицы угля оседают на дно емкости, а высокодисперсные смешиваются с воздухом и попадает в третью емкость и т.д. После многократного фракционирования угольных частиц высокодисперсные попадают в емкость с жидкостью и смешиваются с ней. В емкости с жидкостью оседание высокодисперсных частиц угля не происходит из-за их низко размерности. Наши исследования показали, что размер угольных частиц, многократно отделившихся от поверхности материала емкости, имеет микро- и ультра размеры, причем ультра частицы угля полностью растворяются в рабочей жидкости [3].

Такая гидроудара технология многократного фракционирования является новым способом активации жидкостей и получения высокодисперсных частиц угля и жидко-микро(ультра) твердофазной суспензии. Основными факторами, приводящими к активации и лежащими в основе технологии получения жидко-ультра твердофазной суспензии данным методом, являются: многократный гидроудар частицы угля о преграду емкости и их диспергирование, а также фракционирование угольных частиц [3].

Управление функциональной активностью различных жидкостей может осуществляться варьированием давления потока с частицами, размера емкости для фракционирования, количества каскада фракционирования, диаметра сопла для микрогетерогенной фазы и других технологических параметров всего процесса [3, 6].

Таким образом, гидроударная, многокаскадная фракционная технология позволяет обеспечить совмещение процессов образования высокодисперсной твердой фазы и суспензии в целом, повысить функциональную активность последней.

К положительным параметрам предлагаемого способа получения активированных угольных суспензий следует отнести легкую управляемость процессом, получение суспензий в промышленных масштабах, отсутствие ограничений на прочностные характеристики твердой фазы.

К основным активирующим фактором предлагаемого гидроударного способа получения активированных суспензий на основе высокодисперсных частиц углей необходимо отнести следующее:

- образование высокодисперсных частиц угля после многократного фракционирования непосредственно внутри жидкой матрицы; развитую (большую) поверхность частичек угля;
- воздействие на жидкость механохимических, физических и других процессов, происходящих после соприкосновения с высокодисперсными частицами угля.

К таким процессам относятся многообразное гидродинамическое, ударно-акустическое воздействие и др. на поверхность емкости, приводящее, как известно, к активации самой жидкой матрицы (к возможности проявления синергетических [7] эффектов активации). Это объясняется тем, что гидроударная активация жидкости в сочетании со сверхактивными частицами угля (наполнителя) может привести к появлению нелинейных эффектов в функциональных свойствах конечного продукта, которыми не обладали его исходные элементы (компоненты). Другими словами, классическое правило «смесей» может не выполняться, т.е. создаются все необходимые и достаточные условия для проявления синергизма в свойствах активированной по предлагаемому способу суспензии.

Полученную суспензию в жидкой матрице также обрабатывали с помощью электрического и магнитного полей [8] с целью исследования их влияния на структуру водоугольной суспензии.

Гидродинамическое диспергирование анизотропных частиц угля в жидкой матрице и дальнейшая обработка суспензии с помощью электрического и магнитного полей дают возможности получения водоугольной суспензии с новыми технологическими свойствами. Вместе с этим это дает возможность управления свойствами ВУТ (суспензии) в электрических и магнитных полях.

#### *Заключение*

В результате выполненных исследований установлено, что:

- Применение гидроударной технологии позволяет решать комплекс вопросов, связанных с активацией жидкофазных продуктов. В частности, на примере воды и жидкостей на ее основе показано повышение функциональной активности технологических сред, сохранение эффекта стерилизации жидкости воды и др;
- Установлен активационное, диспергирующее и зола отделяющее действие гидроударной кавитации на основе воды и ее производных, обусловленные ударно-динамическим, электро-волновым эффектом, усиливающих ее результативность;
- Оптимизированы процессы получения ВУТ в системах, на основе углерода, позволяющие получать топливо, с заданными технологическими характеристиками;
- Показано, что «активированная» вода, использованная для приготовления ВУТ позволила избавиться от применения реагентов пластификаторов и использование воды, прошедшую кавитационную обработку позволяет получить гомогенное суспензионное топливо.

#### *Список литературы:*

1. Зейденберг В. Е., Трубецкой К. Н., Мурко В. И., Нехороший И. Х. Производство и использование водоугольного топлива. М. 2001.

2. Абдалиев У. К., Ташполотов Ы., Ысламидинов А. Ы., Матмусаев У. Водозэмульсионное топливо: условия получения, особенности и свойства // Наука и новые технологии. 2013. №2. С. 11-19.
3. Жогаштиев Н. Т., Дуйшеева С. С., Садыков Э., Ташполотов Ы. Получение наноразмерных порошков из жидкофазных растворов на основе электроионизационного способа // Вестник Южного отделения НАН КР. 2011. №1. С. 71-78.
4. Мурко В. И., Заостровский А. Н. Выбор углей для приготовления водоугольных суспензий и закономерности формирования их структурно-реологических характеристик // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2001. №5. С. 49-54.
5. Наркевич И. И., Цях А., Пагацан О. В. Статистическое изучение возможности существования спектра мезоскопических неоднородностей плотности в объеме коллоидного раствора с потенциалом SALR // Физико-математические науки. 2019. С. 19-20.
6. Бурюкин Ф. А., Баталина Л. С., Ваганов Р. А., Косицына С. С. О влиянии добавки ароматических аминов на эксплуатационные показатели дизельного топлива // Южно-Сибирский научный вестник. 2019. №2. С. 83-87.  
[https://doi.org/10.25699/SSSB.2019.2\(26\).32527](https://doi.org/10.25699/SSSB.2019.2(26).32527)
7. Хондошко Ю. В. Проблемы внедрения водоугольного топлива // Актуальные вопросы энергетики в АПК. 2019. С. 15-17.
8. Тажибаев К. Т., Тажибаев Д. К., Дуйшеев К. О. Перспективы применения водоугольного топлива в энергетике Кыргызстана // Уголь. 2020. №1(1126). С. 55-57.

#### References:

1. Zeidenberg, V. E., Trubetskoi, K. N., Murko, V. I., & Nekhoroshii, I. Kh. (2001). *Proizvodstvo i ispol'zovanie vodougol'nogo topliva*. Moscow. (in Russian).
2. Abdaliev, U. K., Tashpolotov, Y., Yslamidinov, A. Y., & Matmusaev, U. (2013). *Vodoemul'sionnoe toplivo: usloviya polucheniya, osobennosti i svoistva*. *Nauka i novye tekhnologii*, (2), 11-19. (in Russian).
3. Zhogashtiev, N. T., Duisheeva, S. S., Sadykov, E., & Tashpolotov, Y. (2011). *Poluchenie nanorazmernykh poroshkov iz zhidkofaznykh rastvorov na osnove elektroionizatsionnogo sposoba*. *Vestnik Yuzhnogo otdeleniya NAN KR*, (1), 71-78. (in Russian).
4. Murko, V. I., & Zaostrovskii, A. N. (2001). *Vybor uglei dlya prigotovleniya vodougol'nykh suspenzii i zakonmernosti formirovaniya ikh strukturno-reologicheskikh kharakteristik*. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, (5), 49-54. (in Russian).
5. Narkevich, I. I., Tsyakh, A., & Pagatsan, O. V. (2019). *Statisticheskoe izuchenie vozmozhnosti sushchestvovaniya spektra mezoskopicheskikh neodnorodnostei plotnosti v ob'eme kolloidnogo rastvora s potentsialom SALR*. *In Fiziko-matematicheskie nauki* (19-20). (in Russian).
6. Buryukin, F. A., Batalina, L. S., Vaganov, R. A., & Kositsyna, S. S. (2019). *O vliyanii dobavki aromaticeskikh aminov na ekspluatatsionnye pokazateli dizel'nogo topliva*. *Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik*, (2), 83-87. (in Russian).  
[https://doi.org/10.25699/SSSB.2019.2\(26\).32527](https://doi.org/10.25699/SSSB.2019.2(26).32527)
7. Khondoshko, Yu. V. (2019). *Problemy vnedreniya vodougol'nogo topliva*. In *Aktual'nye voprosy energetiki v APK* (15-17). (in Russian).

8. Tazhibaev, K. T., Tazhibaev, D. K., & Duisheev, K. O. (2020). Perspektivy primeneniya vodougol'nogo topliva v energetike Kyrgyzstana. *Ugol'*, (1(1126)). 55-57. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 01.11.2020 г.*

*Принята к публикации  
09.11.2020 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Бекмуратова Б. Т. Применение водоугольного топлива в теплоэнергетике // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №12. С. 261-267. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/27>

*Cite as (APA):*

Bekmuratova, B. (2020). Application of Water-Based Fuel in Heat Power Engineering. *Bulletin of Science and Practice*, 6(12), 261-267. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/27>