

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

М.П. Баранова, В.М. Екатеринчев

Показана возможность получения водоугольных топливных суспензий с использованием в качестве несущей среды технической воды, включая промышленные, бытовые стоки и сточные воды после гидрозолоудаления ТЭЦ. Установлена возможность получения топливных суспензий из смеси углей разной степени метаморфизма и сточной воды. Проведены успешные промышленные испытания.

Ключевые слова: уголь, сточная вода, водоугольная суспензия.

Энергетическая стратегия России предусматривает максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения страны. Для формирования рационального топливно-энергетического баланса предполагается решение ряда задач, в частности:

- снижение доли газа, сопровождаемое адекватным увеличением доли угля в структуре потребления топливно-энергетических ресурсов;

- развитие угольной энергетики на базе новых экологически чистых технологий использования угля;

В качестве приоритетных задач в энергетическом секторе по направлению "Угольная промышленность" выделены следующие:

- разработка и внедрение системы мер по повышению качества угольной продукции (включая широкое использование техники и технологий, обеспечивающих повышение качества добываемого угля, разработку и применение эффективных технологий обогащения угля, создание оборудования для производства, транспортировки и хранения стандартизованного угольного топлива);

- комплексное использование сопутствующих ресурсов и отходов переработки угля [1].

Одной из технологий повышения энергоэффективности является технология получения водоугольных топливных суспензий (ВУС).

Возможность использования в процессе получения ВУС некондиционных углей и отходов угледобычи, углепереработки и других производств позволяет решать вопросы ресурсосбережения. Внедрение технологии водоугольного топлива дает возможность во-

влекать в энергоснабжение страны десятки миллионов тонн угольного шлама, который может служить одним из составляющих водоугольных суспензий. Горючей основой суспензионного топлива могут быть неэнергетические бурые угли, твердые остаточные продукты переработки угля и нефти и многое другое. Эти отходы представляют значительную экологическую опасность, а их хранение требует значительных затрат. Внедрение такого вида топлива является инновационным направлением развития энергетики России.

Водоугольные топливные суспензии (ВУС) представляют собой смесь мелкоизмельченного угля и воды. ВУС может использоваться для замены мазута, газа и угля. Основные ее преимущества заключаются в снижении топливных затрат и вредных выбросов, прежде всего NOx. Следует отметить технологическое удобство использования угля в жидкоподвижном виде. В зависимости от марки исходного угля содержание угля в ВУС колеблется от 45 до 70 % (по массе).

Экономическая эффективность ВУС в условиях катастрофического роста цен на мазут и газ становится всё более актуальной. Применение ВУС позволит снизить стоимость 1 тонны условного топлива (ТУТ) в 5 раз, а себестоимость единицы вырабатываемой тепловой энергии в 2 и более раз. Появится возможность уменьшить эксплуатационные затраты при хранении, транспортировании и сжигании на 20-30 %. ВУС можно хранить и транспортировать в обычных мазутных цистернах. Для хранения суспензии не требуется подогрев до 70 градусов, как это требуется для мазута. Достаточно поддерживать положительную температуру среды.

ВУС может быть основным топливом в негазифицированных районах. Для приготовления ВУС может быть использован практи-

чески любой уголь. То есть, большинство местных углей [2].

В работе были получены и исследованы ВУС на основе бурых углей марки Б2 Канско-Ачинского угольного бассейна. Процесс получения водоугольной суспензии включал следующие операции: дробление исходного угля до 3 мм; тонкий помол угля в мельнице совместно с водной фазой; перемешивание.

В качестве размалывающего устройства использовалась мельница МБЛ-100. Количество угля и воды, подаваемых в мельничный аппарат, определяли расчетным путем по массе сухого угля таким образом, чтобы концентрация суспензии соответствовала заданному значению. В мельничной установке уголь измельчали преимущественно до класса 0–0,4 мм. Максимальный размер частиц не превышал 1 мм. Содержание классов менее 0,05 мм составляло 50–70 %. Время измельчения в мельнице в среднем составляло 40–60 минут.

Полученная ВУС анализировалась на массовую долю твердого, гранулометрический состав, реологические характеристики.

Содержание твердой фазы в ВУС определяли высушиванием при температуре 105 °С, гранулометрический состав – методом влажного фракционирования на ситах по стандартной методике. Реологические характеристики изучали на ротационном вискозиметре «Реотест-2» при скорости сдвига 0,3–145,8 стандартной измерительной системой цилиндров «Н».

Задачей работы было определение возможных источников технической воды для приготовления водоугольных суспензий и исследование влияния состава этой воды на реологические свойства суспензий.

Исследованы дренажные воды, бытовые и промышленные стоки (разрез «Березовский», Березовская ГРЭС).

Химический анализ технических вод показывает, что они в сравнении с водопроводной имеют повышенную жесткость и высокое содержание солей натрия, кальция, магния и хлоридов. Общее солесодержание в технических водах выше в 4–5 раз, чем в водопроводной воде. Сточные воды в сравнении с дренажными характеризуются высоким содержанием анионов хлора (в 15 раз), а по общему содержанию солей различаются незначительно (в 1,2 раза). Высокое содержание хлоридов в очищенных стоках обусловлено их обработкой хлорирующими препаратами с целью дезинфекции.

На рисунке 1 показано влияние используемой воды на структурную вязкость ВУС с разным содержанием твердой фазы. Для сравнения применялась дистиллированная вода, которая характеризуется отсутствием солей. Реология сравнивалась при одинаковых условиях приготовления суспензий.

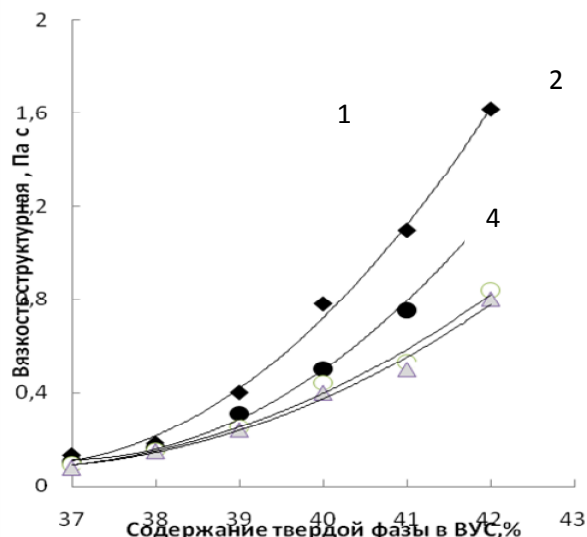


Рисунок 1 – Зависимость структурной вязкости ВУС от содержания твердой фазы при использовании технической воды: 1 – сточная; 2 – дренажная; 3 – водопроводная; 4 – дистиллированная

Показано, что ВУС на основе технической воды, по сравнению с водопроводной и дистиллированной, характеризуется повышенными значениями вязкостных параметров. Причем, эти различия наиболее существенны в области высоких содержаний твердой фазы, при высокой плотности упаковки и сильных межмолекулярных взаимодействиях между частицами угля. Реологические характеристики суспензий, приготовленных на сточной воде выше, чем у суспензий с использованием дренажной воды. Очевидно, высокое содержание именно ионов хлора в сточной воде отрицательно влияет на текучесть ВУС. Дистиллированная вода по оказываемому влиянию на реологические свойства суспензий практически равнозначна водопроводной.

Использование в качестве пластификаторов лигносульфонатных и щелочных добавок улучшает реологические характеристики ВУС. Однако характер этой зависимости сохраняется таким же, что и без применения добавок. Сравнительная оценка вязкотекучих характеристик суспензий показала, что эффективность снижения динамического напряжения сдвига и структурной вязкости с добавками щелочи и модифицированными лигно-

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

сульфонатами (КБП) от вида воды располагается в следующем ряду: водопроводная > дренажная > сточная. Эффективность действия добавок снижается с увеличением количества содержащихся в воде солей. Для получения той же степени снижения вязкости ВУС с техническими водами в сравнении с водопроводной необходимо повысить расход добавки КБП примерно в 1,5 раза, а NaOH – в 1,3 раза.

В ходе работы исследована так же возможность использования в качестве жидкой фазы сточных вод после гидрозолоудаления.

Эксперименты по приготовлению ВУС проводились с использованием одной сточной воды и совместно с пластификатором НФУ. Техническая вода имела следующие характеристики: показатель pH – 12,1, жесткость общая – 17,5 мг-экв/л, жесткость кальциевая – 15 мг-экв/л, щелочность общая - 10,2 мг-экв/л, содержание хлоридов – 380 мг/л, содержание сульфатов – 235 мг/л, солесодержание – 1750 мг/л. В качестве твердой фазы при проведении исследований использовался бурый уголь Канско-Ачинского угольного бассейна марки Б2.

Таблица 1 – Характеристики ВУС

Массовая доля твердого, %	Вязкость дифференциальная при 10с ⁻¹ , Па·с	Вязкость структурная, Па·с	Динамическое напряжение сдвига, Па	Коэффициент консистенции, Па·с ^п	Индекс потока	Калорийность Q _г ^r , ккал/кг
с использованием только сточной воды						
52,7	9,26	3,83	33,2	23,7	0,59	2866,6
51,4	2,88	2,21	13,1	2,5	1,06	2781,1
49,9	0,89	1,0	4,03	0,53	1,22	2682,4
на сточной воде с пластификатором НФУ						
52,95	2,57	1,85	6,14	3,26	0,897	2883,0
52,45	2,02	1,39	4,88	2,76	0,864	2850,1
52,12	1,40	0,94	3,34	1,97	0,851	2828,4

В таблице 1 представлены результаты экспериментов по приготовлению ВУС с использованием только сточной воды и с пластификатором НФУ в количестве 1 % в пересчете на активное вещество. Следует отметить значительное снижение вязкости при высоких значениях массовой доли твердой фазы в ВУС. Аналогично происходит и снижение динамического напряжения сдвига. Это обусловлено тем, что величина предела текучести зависит от структуры суспензии. Полученные результаты показали, что наиболее низкими реологическими показателями характеризуются суспензии, приготовленные на сточной воде с пластификатором НФУ.

С целью увеличения калорийности исследовалась так же возможность получения ВУС из смеси углей различной степени метаморфизма с применением сточных вод после гидрозолоудаления в опытно-промышленном масштабе. На опытно-промышленном стенде (рисунок 2) производительностью 10 т/ч проведены испытания по

получению ВУС из шихты бурого угля марки Б2 и каменного марки Д в процентном отношении 70:30.

Шихту со склада (1) подавали грейферным краном (2) в бункер (3), из которого пластинчатым питателем (4) подавали в щековую дробилку (5). Дробленый уголь поступал с ленточных транспортеров (6), (7) в конусную дробилку (8), а затем по ленточному транспортеру (10) и реверсивным (9), (11) поступал в бункер (12), из бункера уголь через тарельчатый питатель (13) подавался на ленточный весоизмеритель (14) и дозиrowался в шаровую мельницу (17). Одновременно в мельницу через расходомер (16) подавалась вода и водный раствор пластификатора из мерников (25), (26). Из шаровой мельницы суспензия самотеком поступала в емкость с мешалкой (18) и далее насосом (19) в центробежную мельницу (20). После центробежной мельницы суспензия самотеком поступала в емкость с мешалкой (21) и далее насосом (22) в емкость объемом 40 м³ с мешалкой

для хранения, откуда насосом (24) перекачивалась в автоцистерны для перевозки на ТЭЦ для опытного сжигания. Установка была оборудована контрольно-измерительной аппаратурой.

Рисунок 3 показывает, что использование в качестве несущей среды сточной воды по-

зволяет снизить структурную вязкость ВУС по сравнению с питьевой и получить водоугольные суспензии с содержанием твердой фазы 48–50 % при значениях вязкости в пределах 1 Па·с. В этом случае содержание твердой фазы на 5–7 % больше, чем в ВУС из одного бурого угля.

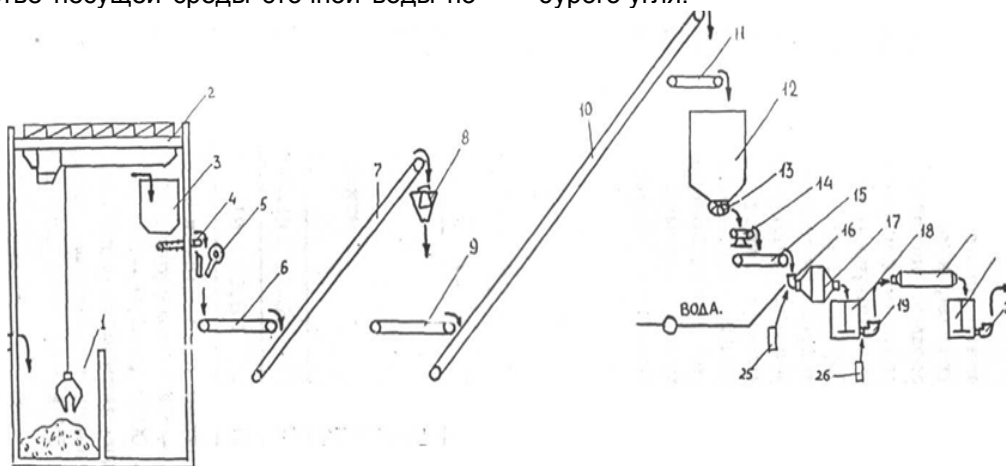


Рисунок 2 – Технологическая схема получения ВУС

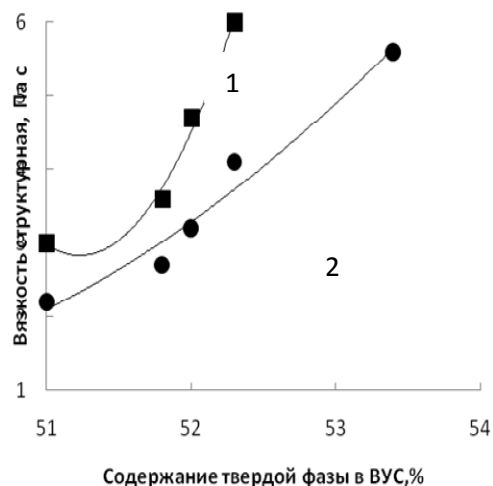


Рисунок 3 – Зависимость структурной вязкости ВУС от типа воды (соотношение углей каменный: бурый 30:70) 1 – питьевая; 2 – сточная

Таким образом, в ходе работы доказана возможность получения водоугольных топливных суспензий из отходов производств, в частности технической воды, включая промышленные, бытовые стоки и сточные воды после гидрозолаудаления в качестве несущей среды. Использование этих вод позволяет получать ВУС с необходимыми реологическими характеристиками и статической стабильностью. Химический

состав воды оказывает значимое влияние на реологию водоугольных суспензий. Использование сточных вод в процессе получения ВУС будет способствовать экономии водных ресурсов и улучшению экологической обстановки.

Определена возможность получения ВУС из смеси углей разной степени метаморфизма с использованием сточных вод после гидрозолаудаления ТЭЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова, М.П. Перспективы развития технологии получения водоугольных топливных суспензий // Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города: материалы XI Всероссийской НПК/ М.П. Баранова, В.А. Кулагин. - Красноярск, 2010, - С. 136–139.
2. Мурко, В.И. Физико-технические основы водоугольного топлива / В.И. Мурко, В.И. Федяев, В.А. Хамялянен. - Кемерово: «Кузбассвузиздат». - 2009. - 187 с.

Баранова М.П., к.т.н., доц. каф. «Теплотехника и гидрогазодинамика», Политехнический институт Сибирского федерального университета, тел. 8(391)244-64-39, E-mail: marina60@mail.ru,

Екатеринчев В.М., гл. инженер, ООО «Торпан», E-mail: valek8181@mail.ru