

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ В КОТЛАХ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Г.П. Пронь, Е.М. Пузырев

Деятельность человека сопровождается накоплением множество различных производственных отходов, имеющих энергетическую ценность. Задача получить энергию, заключенную в этих разнообразных продуктах, с высокой степенью эффективности утилизации и экологически чисто может быть решена при использовании технологии сжигания в низкотемпературном кипящем слое.

Кроме того, этот способ утилизации позволяет унифицировать конструктивное оформление топочного устройства. К тому же топки кипящего слоя благодаря стабильности топочного процесса позволяют надежно и успешно сжигать различные по качеству нетрадиционные виды топлива и сегодня находят все большее применение.

В лабораториях кафедры "Котло- и реакторостроение" АлтГТУ проводились исследования по сжиганию в кипящем слое следующих видов нетрадиционного топлива:

- лузга гречихи, овса, подсолнечника (с выходом летучих до 80-70%, с большой парусностью коксового остатка);
- костная мука (с выходом летучих до 70-80%, с интенсивным отложением летучей золы на поверхностях нагрева);
- ил отстойников водоочистных сооружений (с влажностью 40-50%, с зольностью 25-30%, с фрагментами пластмассы и др.);
- углеродосодержащие отходы цветной металлургии (электродный пек с выходом летучих 70-80%, анод и катод с включениями);
- отходы электродной промышленности, характеризующиеся узким температурным диапазоном устойчивого горения, 700-900°C;
- опилки, шлифовальная пыль, стружка, кора, щепа и крупные фрагменты древесины (высокая влажность, повышенная парусность, посторонние включения);
- водоугольная суспензия (жидкое топливо с содержанием влаги 40-70%);
- шлак промышленных котельных (практически отсутствие летучих веществ, с содержанием горючих 40-50%);
- шлам угледобычи (с большим содержанием золы);

- высоковлажные и высокозольные бурые и каменные угли, которые не горят в пылеугольных топках без подсветки мазутом.

Эксперименты проводились с целью отработки приемлемых для практики способов сжигания и обоснования технологических схем организации топочных процессов.

Здесь особого внимания на наш взгляд заслуживает возможность и перспективность сжигания отходов в виде водоугольного топлива – ВУТ и водотопливных суспензий – ВУС [1].

Применялись ВУТ и ВУС из шламов кузнецких углей и твердых отходов Иркутского алюминиевого завода, где на сегодня имеется ряд проблем. Не менее сложны и проблемы шахт гидродобычи с переполненными шламами отстойниками. Огневое обезвреживание, даже части горючих отходов, может благоприятно сказаться на рентабельности этих предприятий.

Кроме того, технологии ВУТ и ВУС эффективны, т.к. это новые и перспективные виды экологически чистого, технологичного при использовании недорогого топлива. Технология их приготовления может быть основана на использовании местных углей, их шламов и других углеродосодержащих твердых отходов. Она не предполагает химических и термических методов обработки, а включает в себя простые операции мокрого измельчения до класса 0-0,350 мм и при необходимости смешивание с реагентом-пластификатором.

Малооперационная технология приема, хранения, подачи и сжигания ВУТ позволяет достичь высокой степени механизации и автоматизации производства. Указанные достоинства, а также возможность длительного хранения без изменения физико-технологических свойств, значительно более низкие вредные выбросы и полнота выгорания при сжигании, возможность использования недорогих, недефицитных сортов угля, отходов и шламов, делают ВУТ конкурентоспособным даже по сравнению углем.

Проблема использования ВУТ и ВУС заключается в сложности организации их сжигания. Повышенная влажность снижает температуру горения, затягивает процессы вос-

пламенения и приводит к снижению стабильности горения.

Суспензии были приготовлены в ГУП НПП «Экотехника», г. Новокузнецк. Состав суспензии из отходов ИркаЗ определен по типовым методикам анализа топлива:

влажность на рабочую массу —  $W^p=32,3\%$ ;

зольность на рабочую массу —  $A^p=40,4\%$ ;

выход летучих —  $V^{daf}=9,9\%$ .

Исследования проводились на экспериментальной установке FB-2 (150). Она состоит из камеры сгорания диаметром 150 мм, высотой 1200 мм. Охлаждение стенок естественной конвекцией и излучением тепла в окружающую среду. Стенки камеры сгорания выполнены из стали 12X18H10T толщиной 7мм. Высота сепарационного пространства равна 1м. Внизу расположена перфорированная решетка с «живым» сечением 2,5% и диаметром отверстий 1,2 мм.

Воздух под решетку подается высоконапорным вентилятором 30 ЦС. Его расход устанавливается с помощью задвижки и замеряется по перепаду давления на расходомерном устройстве.

Подача топлива на слой, она может осуществляться шнековым питателем, вибропитателем и другими способами.

Для контроля и измерения температуры слоя используются три хромель-алюмелевые термопары (ТХА), расположенные по высоте установки. Термопары подключены к самопишущему прибору КСП-4.

Перед сжиганием исходная суспензия перемешивалась и взвешивалась в расходных ёмкостях по 1500-3500 г. Для подачи использовались специальные расходные шайбы. Расход ВУС составлял 2,5- 7,5 кг/ч.

Скорость дымовых газов в кипящем слое выбиралась и устанавливалась исходя из его фракционного состава,  $w_{кв}=2,2-3,5$  м/с.

Масса кипящего слоя контролировалась по его аэродинамическому сопротивлению. В опытах рабочая высота кипящего слоя была около 400 - 500 мм.

Температура в кипящем слое подачей резервного топлива поддерживалась на уровне 700-850°C.

В опытах отмечено, что ВУС из шлама ИркаЗ при подаче в недостаточно разогретый кипящий слой плохо воспламенялась и горение было не устойчивым. При прогреве кипящего слоя до более высокой температуры, 850°C, подача суспензии снизила температуру до 520°C. После кратковременной

подачи резервного топлива горение ВУС с расходом  $B_p = 7,5$  кг/ч стабилизировалось и происходило на уровне 680°C.

Это сравнительно низкий уровень температур, поэтому горение хотя и было стабильным без подачи резервного топлива, но сопровождалось большим выносом недогоревшей мелочи.

В ходе опытов отбирались пробы уноса и слоя, они обрабатывались и анализировались. Содержание горючих в слое высокое и составило 30,65%. В пробах кипящего слоя, рис.1, присутствовали комочки размером до 8-10 мм, которые представляли собой капли не сгоревшей суспензии. Таким образом, суспензия горит в кипящем слое в виде связанного скелета высушенных капель. По мере сгорания из-за соударения с движущимися частицами кипящего слоя скелет постепенно разрушается. При этом формируются мелкие частицы, составляющие недожог топлива с уносом.



Рис.1. Вид очаговых остатков ВУС

Унос имел темный цвет, т.е. содержал достаточно большое количество недогоревших частиц. Расход уноса был значительным. Главной причиной плохого догорания уноса был низкий уровень температур в кипящем слое и в зоне над слоем.

Выгорание уноса практически отсутствовало из-за низкой реакционной способности шлама и пониженной температуры в охлаждаемом надслоевом объеме. Содержание горючих в пробах уноса составило  $G=33,4\%$ .

Низшая теплота сгорания  $Q_p^h$  является главной характеристикой топлива. Попытки прямого определения теплоты сгорания ВУС из шламов ИркаЗ в калориметрической бомбе были безуспешными из-за низкой реакционной способности горючих компонентов – отожженного углерода. Оценку низшей теп-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ В КОТЛАХ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

лоты сгорания суспензии провели по формуле Д.И. Менделеева,  $Q_p^H = 2017,5$  ккал/кг.

Это сравнительно низкие значения теплоты сгорания ВУС вызвано малым содержанием горючих на рабочую массу  $C^p=27,3\%$ . По треугольнику Таннера суспензия находится на границе зоны автогенного (самоподдерживающегося) горения. Температуру её горения при приемлемых избытках воздуха в неохлаждаемой топке можно оценить величиной более  $1000^\circ\text{C}$ .

При одновременной низкой реакционной способности это предопределяет проблематичность организации огневого обезвреживания шламов ИркАЗ, особенно типовыми способами.

Использование неохлаждаемой топки кипящего слоя позволит организовать надежное сжигание ВУС, т.к. в проведенных опытах было получено её устойчивое горение и при более низких температурах.

По опытам [2] было отмечено, что суспензия, приготовленная из такого топлива с низкой реакционной способностью как антрацит, имеет значительную задержку по периоду воспламенения и времени выгорания. С другой стороны [2] добавление в антрацит топлив с большей реакционной способностью (бурый уголь) существенно улучшает режим горения суспензии.

Для смеси углей период воспламенения и время выгорания могут снижаться в несколько раз. В данном случае конкретно предлагается использовать смесь с наиболее высокорекционным твердым топливом - торфом.

Частицы торфа в композиции имеют минимальную температуру воспламенения. Они будут инициировать быстрое воспламенение и ускорят выгорание ВУС в топке с кипящим слоем. Кроме того, применение торфа при размоле и подготовке формирует гель, способствующий повышению устойчивости суспензии. Суспензия будет иметь более долгий срок хранения без расслаивания и меньшее количество стабилизирующих добавок при прочих равных условиях.

На основании опытного сжигания можно сделать вывод о принципиальной возможности и ожидаемой высокой эффективности организации сжигания ВУС из твердых отходов Иркутского алюминиевого завода в топке кипящего слоя.

Для огневой утилизации и обезвреживания горючих отходов ИркАЗ в виде суспензии

нужно использовать неохлаждаемую топку кипящего слоя. При этом можно организовать достаточно большой надслоевой топочный объём, исключая динамические выбросы из кипящего слоя и обеспечивающий догорание уноса.



Рис.2. Горение ВУТ из шламов углеобогащения

Сжигание ВУТ из шламов углеобогащения (шахта Тырганская, г. Прокопьевск) калорийность которого в два раза выше, не встретило подобных проблем. Горение (рис.2) было устойчивым, выгорание уноса глубокое.

В последующих сериях опытов исследовалась технология сжигания гранул таких горючих отходов как костная мука и ил отстаивников в кипящем слое, т.к. их практически невозможно сжечь без гранулирования.

Иловые осадки образуются в ходе первичной обработки городских сточных вод. Возможные способы дальнейшего обращения с илом:

- использование в сельском хозяйстве;
- депонирование на полигонах;
- сжигание.

Любые способы обращения с илом являются дорогостоящими, в пересчете на тонну сухого осадка [3]:

- o применение в сельском хозяйстве - 150-350 DM/т,
- o обезвоживание и захоронение со стабилизаторами - 380-750 DM/т,
- o обезвоживание, сушка и захоронение - 550-900 DM/т,
- o сжигание и захоронение золы - 780-1150 DM/т.

С другой стороны, ил может обезвреживаться сжиганием и использоваться как топливо на предприятиях горводоканала. Огневой способ утилизации, позволяет почти в 10

раз снизить массу осадка. При исходной влажности 60–70% из свежих иловых осадков можно получить 620–830 ккал тепла на 1 кг сжигаемых отходов и соответственно иметь компенсирующую статью доходов.

Для автогенного (самоподдерживающегося) горения, не требующего добавочного топлива, пригодны свежие иловые осадки с содержанием сухого вещества более 30–35%. Перегнившие осадки пригодны только после подсушки до 80% по-сухому.

Исследования проводились на экспериментальной установке FB-2(150). Ил в исходном состоянии (рис.3) не горел. Подсушенный ил также горел не устойчиво, недожог и унос были чрезмерными.

Формирование из исходного ила гранул позволило организовать сжигание даже не подсушенного ила в кипящем слое. После сжигания гранулы, приготовленные с оптимальными характеристиками, дают обезвреженный и прокаленный прочный гранулированный золовой остаток (рис.4). Обращение с такой золой дает ряд экологических преимуществ и перспективу на их повышенный спрос, например, в строительстве.

В данной работе рассматривался один из возможных вариантов — сжигание ила в собственных котлах предприятия ОАО «Горводоканал» г.Барнаула после их реконструкции. Выделяющаяся при сгорании 1 и 5 т/час сгущенного осадка, тепловая мощность может быть воспринята в реконструированных котлах Е-1-9 и ДКВр-6,5-13.

Предложены схемы энерготехнологических установок с комплектацией серийным и специальным оборудованием Бийского котельного завода. Установки позволят обезвреживать осадок сточных вод с одновременным получением насыщенного пара.

В настоящее время на основе кипящего слоя изготовлены и эксплуатируются котельные установки по сжиганию древесных отходов (г. Барнаул), сельскохозяйственных отходов (элеваторы Алтайского края), разработаны проекты по утилизации котельного шлака (г. Искитим) и костной муки (Прибалтика).



Рис.3. Масса исходного ила



Рис.4. Зола в виде гранул после огневого обезвреживания ила

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пузырев Е.М., Мурко В.И. и др. Результаты опытно-промышленных испытаний работы мазутного котла ДКВр 6,5/13 на водоугольном топливе // Теплоэнергетика № 2, 2001. С. 69 – 70.
2. Бурдуков А.П., Емельянов А.А., Попов В.И., Тарасенко С.Н. Исследование реодинамики и горения композиционных водоугольных суспензий // Теплоэнергетика №6, 1997. С.58-62.
3. Reimann D.O. Situation der Klarschlamm-sorgung, VDI-seminar 43-36-10. Munchen, 1993.