

## ПЛАЗМЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА

К.Г. Пиунова, А.Г. Каренгин

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

[piunova93@mail.ru](mailto:piunova93@mail.ru)

## PLASMA THERMAL ENERGY FROM KRAFT LIGNIN

K.G. Piunova, A.G. Karengin

Associate Professor, candidate of physico-mathematical sciences A.G. Karengin

National Research Tomsk Polytechnic University,

634050, Russia, Tomsk, Lenin ave., 30.

[piunova93@mail.ru](mailto:piunova93@mail.ru)

**Annotation.** *This article shows an overview and analysis of the literature on methods of using sludge lignin. This product obtained after treatment of pulp. As a result of calculating the optimum composition of water, organic materials with mechanical impurities from the adiabatic combustion temperature of about 1200 K were determined. Using the obtained results of experimental studies have been carried out in a plasma reactor of the catalytic reactor and has been optimized. The obtained results can be used to create industrial enterprises based on plasma catalytic reactors for waste sludge lignin for the purpose of obtaining heat.*

Лигнин как составная часть древесины, образующийся в значительных количествах при переработке древесины, наиболее трудноутилизируемый отход [1]. По данным Международного института лигнина (International Lignin Institute) ежегодно в мире получают около 70 млн. т. технических лигнинов, но используется на промышленные, сельскохозяйственные и другие цели не более 2%. Остальное сжигается в энергетических установках или захоранивается в могильниках [2].

Сульфатный лигнин (СФЛ) образуется на целлюлозных и целлюлозно-бумажных предприятиях при сульфатной варке древесины в количествах 30÷35% от исходного сырья и имеет достаточно постоянный состав [3]: зола 1,0÷2,5%; кислоты в расчете на серную – 0,1–0,3%; водорастворимые соединения – 9÷11%; смолистые соединения 0,3÷0,4%; лигнин Класона – 85%, а также сера, массовое содержание которой составляет 2,0–2,5%, в том числе несвязанной – 0,4÷0,9%.

СФЛ чаще всего оно используется как котельное топливо там же, где и было получено. Теплотворная способность абсолютно сухого лигнина составляет 5500÷6500 ккал/кг, 18-25% влажности – 4400÷4800 ккал/кг, а у лигнина влажностью 65% – 1500÷1650 ккал/кг. [3].

Однако, сжигание СФЛ в качестве котельного топлива в обычных энергетических установках является экологически небезопасным и приводит к образованию различных вредных и токсичных веществ [4].

В данной работе показана возможность и эффективность получения тепловой энергии в процессе плазменной утилизации СФЛ в воздушной плазме в виде оптимальных горючих водно-органических композиций (ВОК), обеспечивающих его энергоэффективную и экологически безопасную переработку.

На первом этапе проведен расчет показателей горения различных по составу ВОК на основе СФЛ. На рисунке 1 показано влияние содержания СФЛ и механических примесей (золы) на адиабатическую температуру горения этих композиций (Тад).

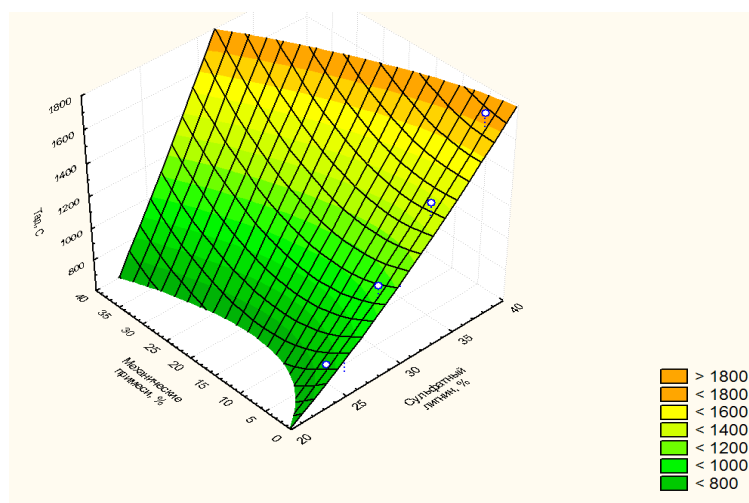


Рис. 1. Влияние содержания сульфитного лигнина и механических примесей на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций

По результатам проведенных расчётов определена оптимальная горючая ВОК с максимальным содержанием СФЛ (30% СФЛ: 70% Вода), имеющая  $T_{ад} \approx 1200$  °С и теплоту сгорания 6,4 МДж/кг, позволяющую получать при утилизации 1 тонны отходов до 1,8 МВт·ч (1,5 Гкал) тепловой энергии.

Затем были проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации СФЛ в воздушной плазме в виде оптимальной горючей ВОК. Для расчётов использовалась лицензионная программа TERRA. Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300÷4000) К и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (10÷95) %.

На рисунке 2 представлены характерные равновесные составы газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации СФЛ в виде оптимальной горючей ВОК при массовой доле воздушного теплоносителя 66%.

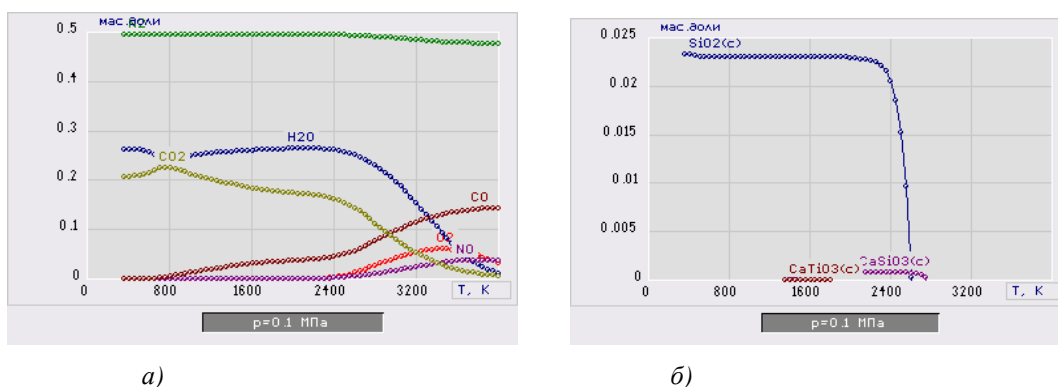


Рис. 2 Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации ВОК на основе СФЛ в воздушной плазме (66% Воздух : 34% ВОК)

Из анализа равновесных составов следует, что при массовой доле воздушного теплоносителя (66%) и температурах до 2000 К образуются в газовой фазе, в основном,  $N_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ , а в конденсированной фазе –  $SiO_2(c)$ . Отсутствие сажи  $C(s)$  и низкое содержание  $CO$  указывают на то, что процесс плазменной утилизации СФЛ в воздушной плазме в виде оптимальной горючей ВОК идёт в экологически безопасном режиме.

С учетом полученных результатов могут быть рекомендованы для практической реализации исследуемого процесса следующие оптимальные режимы:

- состав горючей ВОК: (30% СФЛ : 70% Вода);
- массовое отношение фаз: (66% Воздух : 34% ВОК);
- интервал рабочих температур ( $1200 \pm 100$ ) °С.

На рисунке 3 представлена схема плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона, на котором проведены экспериментальные исследования процесса плазменной утилизации СФЛ в воздушной неравновесной плазме ВЧФ-разряда в виде диспергированных горючих ВОК.

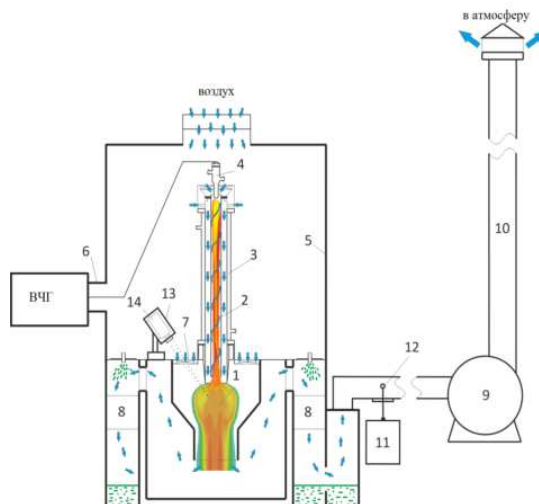


Рис. 3. Схема плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона:

1 – диспергатор, 2 – ВЧФ-разряд, 3 – ВЧФ-плазмотрон; 4 – электрод, 5 – корпус; 6 – высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13-01; 7 – импеллер реактора; 8 – узел «мокрой» очистки отходящих газов; 9 – вытяжной вентилятор, 10 – воздуховод, 11 – газоанализатор «Quintox» KM 9106, 12 – проботборник; 13 – защитный кожух пирометра, 14 – пирометр IPE 140/45

Проведенные на данной установке исследования процесса плазменной утилизации СФЛ в виде диспергированных горючих ВОК подтвердили рекомендованные режимы для исследуемого процесса.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании промышленных установок для плазменной утилизации сульфатных лигнинов, а также других горючих отходов предприятий целлюлозной и целлюлозно-бумажной промышленности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сарканена К.В., Людвиг К.Х. Лигнины. – М.: «Лесная промышленность», 1975. – 632 с.
2. Богданов А.В., Русецкая Г.Д., Миронов А.П., Иванова М.А. Комплексная переработка отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности. – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2000.- 227 с.
3. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств. – М: «Лесная промышленность», 1989.- 480 с..
4. Пестова Н.Ф. Сопродукты целлюлозно-бумажного производства. – Сыктывкар: СЛИ, 2013, -77 с.