

УДК 533.9 (075.8)

А.Г. КАРЕНГИН, А.А. КАРЕНГИН, А.Д. ПОБЕРЕЖНИКОВ

ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ТЕПЛА НА БАЗЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО ПЛАЗМОТРОНА

Представлены результаты экспериментальных исследований режимов работы плазменного модуля на базе высокочастотного факельного плазмотрона, предназначенного для плазменной утилизации горючих композиций на основе нефтяных шламов в условиях неравновесной воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда. Предлагается их использование для промышленного получения из горючих отходов тепловой энергии.

Ключевые слова: плазменный генератор тепла, факельный плазмотрон, неравновесная плазма, нефтяные отходы, адиабатическая температура горения, горючая композиция.

Только в России объёмы накопленных горючих промышленных отходов (нефтяные и угольные шламы, нефтесодержащие жидкости, битумизированные остатки, отработанные масла) достигают миллионов тонн, а плановые платежи за их размещение и хранение составляют миллиарды рублей в год [1, 2]. Существующие традиционные технологии (в основном, термические) не решают проблемы утилизации и обезвреживания таких отходов и приводят к образованию различных вредных и токсичных соединений [2, 3]. Следует также отметить, что эти отходы имеют значительную теплотворную способность (до 32 МДж/кг) и могут быть использованы в качестве топлива для промышленного получения дешевой тепловой и даже электрической энергии [3–5].

На кафедре технической физики Национального исследовательского Томского политехнического университета создан плазменный модуль на базе высокочастотного факельного плазмотрона, предназначенный для отработки технологии экологически безопасной утилизации нефтяных и других горючих промышленных отходов в условиях неравновесной воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда. На рис. 1 представлены фотография плазменного модуля (а) и его схема (б).

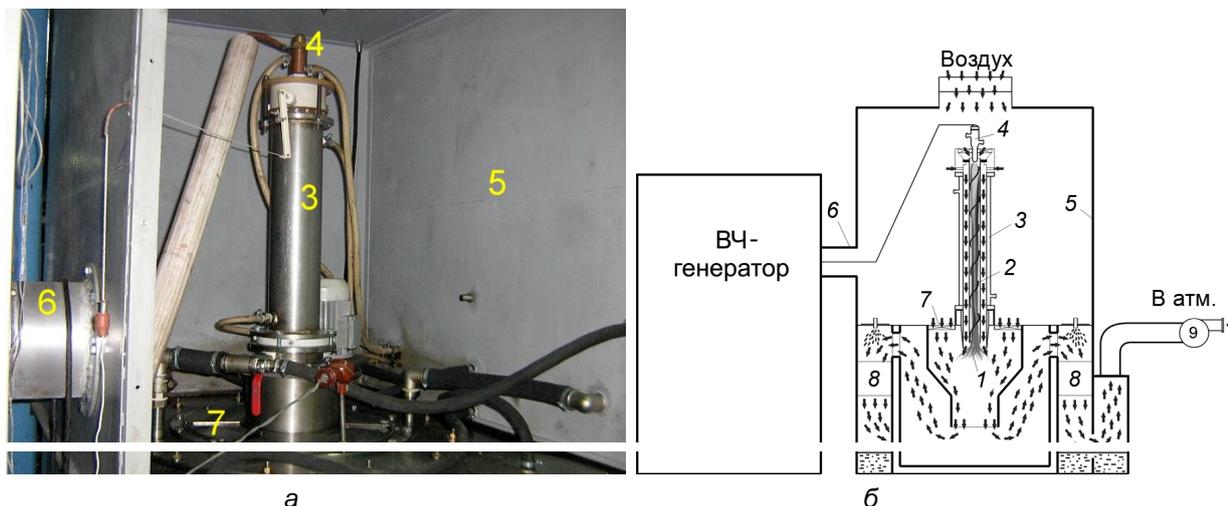


Рис. 1. Плазменный модуль на базе высокочастотного факельного плазмотрона: 1 – высокочастотный факельный разряд; 2 – кварцевая разрядная камера; 3 – корпус плазмотрона; 4 – водоохлаждаемый медный электрод; 5 – защитный корпус плазменного модуля; 6 – фидер ВЧ-генератора ВЧГ8-60/13; 7 – импеллер реактора с переменной входной площадью; 8 – узел мокрой очистки отходящих газов; 9 – высоконапорный вытяжной вентилятор ВР 240-26 (№ 4)

Для предварительной оценки оптимальных составов горючих композиций на основе нефтяных шламов был проведен расчет их адиабатической температуры горения для широкого диапазона концентраций нефтепродуктов, механических примесей и воды.

На рис. 2 показано влияние содержания нефтепродуктов и механических примесей на адиабатическую температуру горения $t_{ад}$ горючих композиций на основе нефтяных шламов.

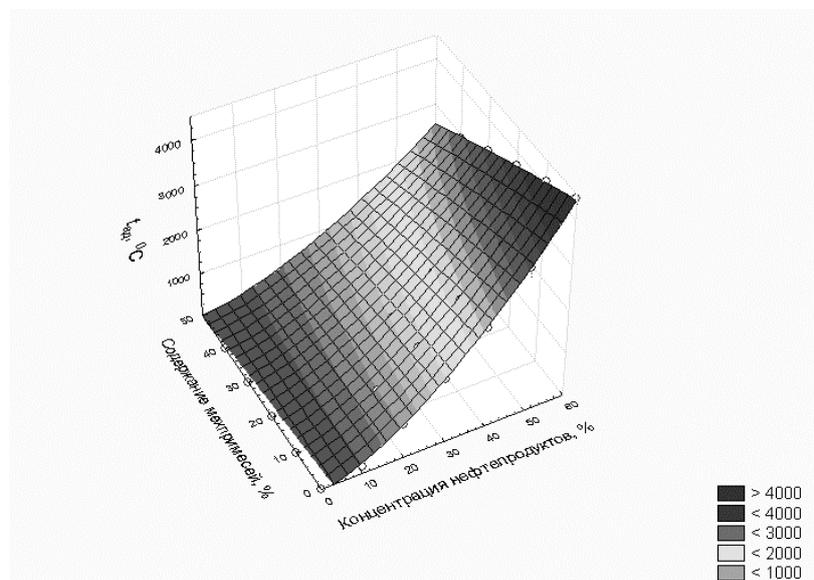


Рис. 2. Влияние содержания нефтепродуктов и механических примесей на адиабатическую температуру горения горючих композиций на основе нефтяных шламов

газов выше температуры вспышки этих отходов. На рис. 3 показано влияние на температуру отходящих из реактора газов анодного тока генератора (мощности факельного разряда) и входной площади импеллера реактора.

Из анализа полученной графической зависимости следует, что быстрый разогрев реактора и повышение температуры отходящих из реактора газов выше температуры вспышки горючих композиций могут быть достигнуты только при анодном токе генератора $I_a \geq 5$ А и входной площади импеллера реактора $S_{имп} \leq 330$ см².

С учётом этого, для повышения эффективности работы плазменного модуля его работу следует начинать в режиме «Прогрев» ($I_a \geq 5$ А, $S_{имп} = 330$ см²) для быстрого разогрева реактора и повышения температуры отходящих из реактора газов до температуры вспышки горючих отходов, а после подачи в реактор подготовленной горючей композиции и розжига реактора плазменный модуль необходимо перевести в режим «Работа» ($I_a \leq 3,0$ А, $S_{имп} \geq 1320$ см²) для экономичной работы плазменного модуля на заданном технологическом режиме.

Для подтверждения расчетных данных были проведены экспериментальные исследования плазменного сжигания диспергированных горючих композиций на основе нефтяных шламов различного оптимального состава в реакторе плазменного модуля. На рис. 4 показано влияние анодного тока генератора и содержания воды в горючей композиции на основе нефтяного шлама на

Представленный график позволяет определять различные горючие композиции оптимального состава на основе нефтяных шламов, имеющие $t_{ад} \geq 1200$ °С и обеспечивающие экологически безопасное сжигание таких отходов. Например, оптимальная горючая композиция на основе нефтяных шламов, включающая 10 % механических примесей, должна содержать не менее 40 % нефтепродуктов, остальное – вода.

Для оценки возможностей быстрого предварительного разогрева реактора были исследованы режимы работы факельного плазмотрона, обеспечивающие без подачи в реактор нефтяных отходов повышение температуры отходящих из реактора

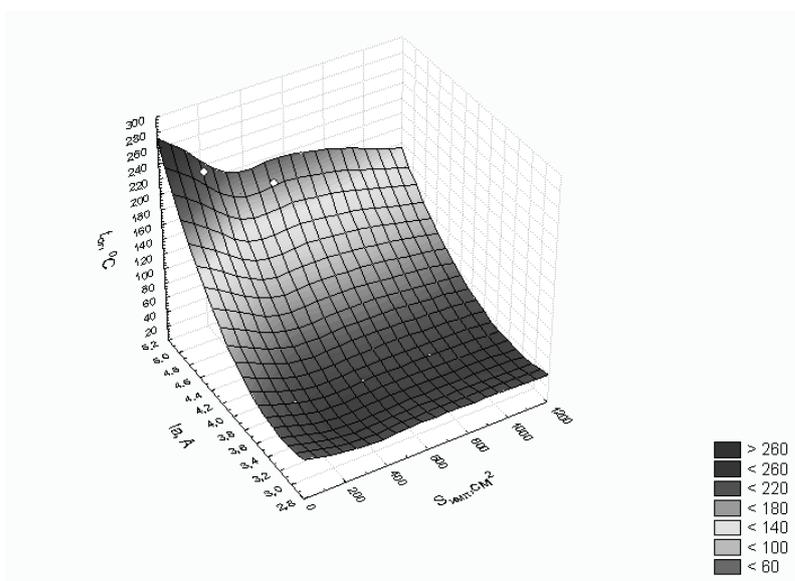


Рис. 3. Влияние анодного тока генератора и входной площади импеллера реактора на температуру отходящих газов

рабочую температуру плазменного горения горючей композиции (без механических примесей) в режиме «Работа» (расход 1000 л/ч).

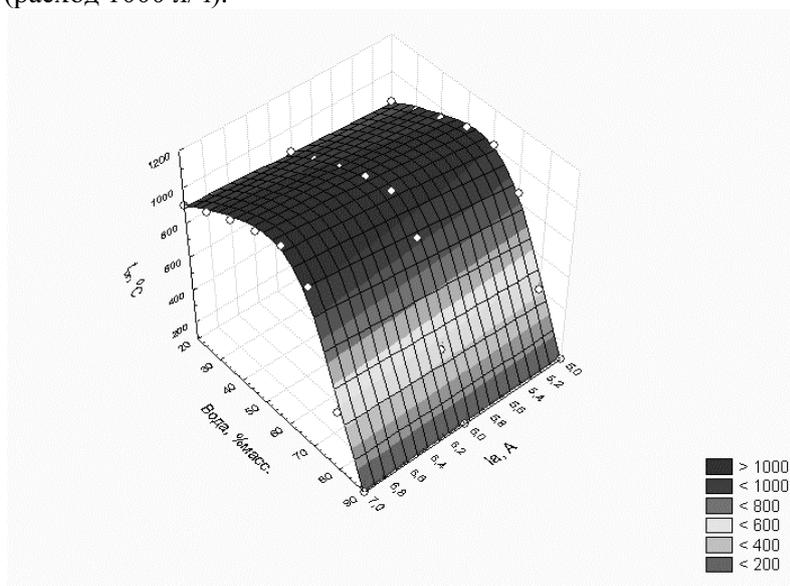


Рис. 4. Влияние анодного тока генератора и содержания воды в горючей композиции на рабочую температуру плазменного сжигания нефтяных шламов

Из анализа полученной графической зависимости следует, что во всём диапазоне изменения анодного тока генератора (3...5 А) рабочая температура плазменного горения горючей композиции достигает максимального значения ≈ 1200 °С при содержании воды ≈ 60 %, что удовлетворительно согласуется с расчетными данными (рис. 2). При этом с каждой тонны горючих композиций может быть получено не менее 2,0 МВт·ч (1,7 Гкал) тепловой энергии.

Таким образом, результаты проведённых исследований указывают на реальную возможность создания стационарных или передвижных плазменных генераторов тепловой энергии из промышленных отходов в виде горючих композиций оптимального состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазалов Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001.
2. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990.
3. Анисимова С. // Недра и ТЭК Сибири. – 2009. – № 3 (40). – С. 20–21.
4. Каренгин А.Г., Шабалин А.М. Патент РФ на изобретение № 2218378. Способ утилизации нефтяных шламов и плазмокаталитический реактор для его осуществления. Заявлено 09.12.2002; Опубли. 10.12.2003, Бюл. № 34. – 14 с.
5. Каренгин А.Г., Ляхова В.А., Шабалин А.М. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2007. – № 4. – С. 10–12.

Физико-технический институт
Национального исследовательского Томского политехнического университета,
г. Томск, Россия
E-mail: karengin@tpu.ru

Поступила в редакцию 10.08.10.