

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЛАЗМЕННОГО МОДУЛЯ НА БАЗЕ ВЧФ-ПЛАЗМОТРОНА

Ли Е.С., Шлотгауэр Е.Э., Подгорная О.Д.

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: shahmatovaol@tpu.ru

Известно, что потери тепловой мощности в корпус плазматрона от ВЧФ-разряда происходят за счёт теплопроводности, конвекции и излучения [1].

В данной работе проведено исследование режимов работы высокочастотного факельного (ВЧФ) плазматрона и показано влияние входной площади шибера реактора (расхода плазмообразующего газа) на КПД плазматрона и мощность ВЧФ-разряда.

На рисунке 1 приведена схема экспериментальной установки на базе ВЧФ-плазматрона, генерирующего потоки низкотемпературной плазмы, которая применяется в различных плазмохимических процессах.

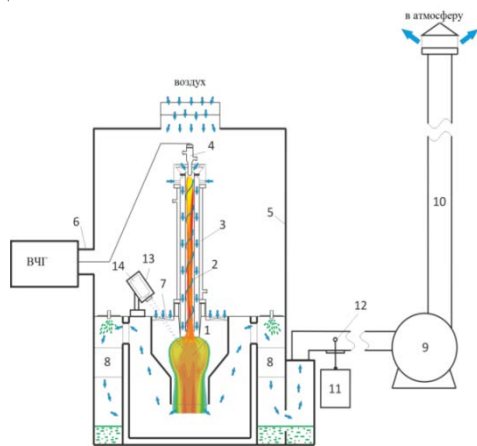


Рис. 1 – Схема лабораторного плазменного стенда «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01».

Плазменный стенд включает:

1 – диспергатор, 2 – ВЧФ-разряд, 3 – ВЧФ-плазматрон; 4 – медный электрод, 5 – корпус; 6 – коаксиальный вывод; 7 – импеллер реактора; 8 – узел «мокрой» очистки отходящих газов; 9 – вытяжной вентилятор (ВР 12-26, №4), 10 – газопровод, 11 – газоанализатор «Quintox» КМ 9106, 12 – пробоотборник; 13 – защитный кожух пирометра, 14 – пирометр IRE 140/45.

Для определения расхода плазмообразующего газа через ВЧФ-плазматрон его узел ввода газа с импеллером (входная площадь - $S_{\text{пг}} = 25 \text{ см}^2$) был заменен на фторопластовую трубку с равноценной входной площадью (диаметр - 55 мм, длина - 300 мм, площадь - $S_{\text{тр}} = 24,2 \text{ см}^2$), в нижней части которой через отверстие (диаметр 8 мм) была установлена трубка Пито, закрепленная строго по центру навстречу потоку воздуха.

Давление набегающего потока определяется с помощью трубки Пито по следующей формуле:

$$\frac{\rho V^2}{2} = P_{\text{п}} - P_{\text{ст}}$$

где $P_{\text{п}}$ – полное давление;

$P_{\text{ст}}$ – статическое давление;

ρ – плотность воздуха при температуре T ;

$\frac{\rho V^2}{2}$ – напор, создаваемый набегающим потоком.

Из формулы для расчета напора набегающего потока определяется его скорость:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{\text{п}} - P_{\text{ст}})}{\rho}}$$

Исходя из этого, рассчитывается объёмный расход плазмообразующего газа (воздуха) через ВЧФ-плазматрон по формуле:

$$Q_{\text{пг}} = S_{\text{тр}} \cdot V_{\text{пг}}$$

где $V_{\text{пг}}$ – скорость плазмообразующего газа через фторопластовую трубку;

$S_{\text{тр}}$ – площадь поперечного сечения фторопластовой трубки.

Измерения скорости плазмообразующего газа через ВЧФ-плазматрон в процессе опытов производились при различной входной площади импеллера реактора, которая изменялась путем перекрытия шиберами сегментов импеллера.

На рисунке 2 показано влияние входной площади импеллера реактора на объёмный расход воздуха через реактор, газопровод и ВЧФ-плазматрон.

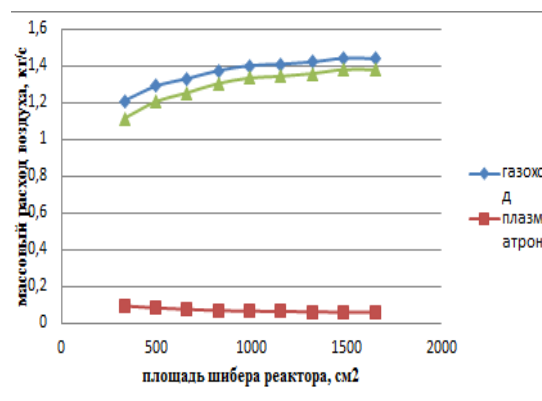


Рис 2.– Влияние входной площади импеллера реактора на объёмный расход воздуха через газопровод, реактор и ВЧФ-плазматрон.

На рисунке 3 показано влияние мощности плазменной струи и входной площади импеллера реактора на установочный КПД плазменного модуля.

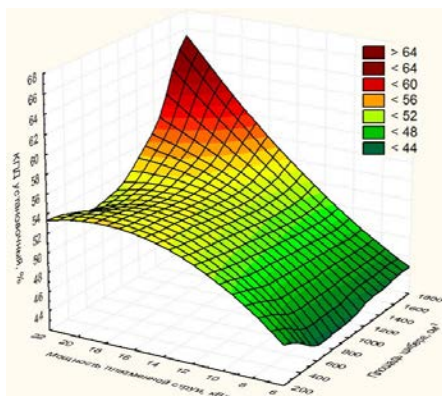


Рис.3 – Влияние мощности плазменной струи и входной площади импеллера реактора на установочный КПД плазменного модуля

Из анализа представленной зависимости можно сделать вывод, что установочный КПД плазменного модуля достигает максимального значения 54,6% при анодном токе 4 А.

На рисунке 4 представлена зависимость установочного КПД от изменения мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа.

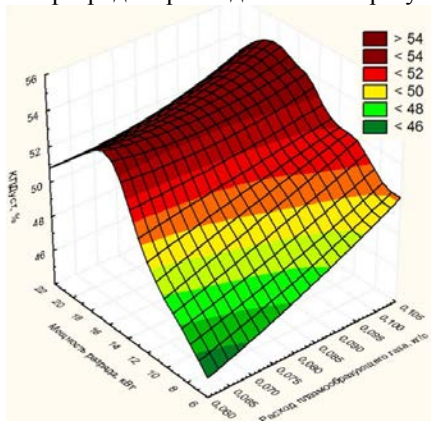


Рис. 4 – Зависимость установочного КПД от мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа.

Анализ приведенной зависимости позволяет сделать вывод, что КПД имеет пороговое значение при мощности разряда 15,3 кВт и расходе плазмообразующего газа 0,06 кг/с.

На рисунке 5 изображена зависимость температуры плазменной струи от мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа.

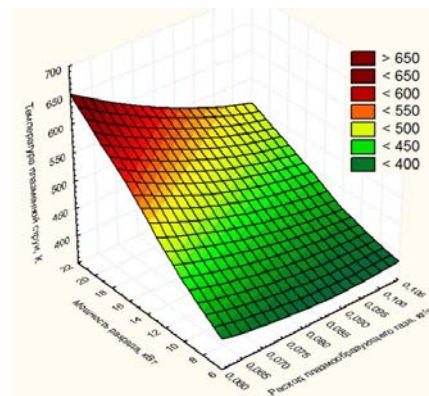


Рис. 5 – Зависимость температуры плазменной струи от мощности разряда и расхода плазмообразующего газа.

Данные, представленные на графике, позволяют сделать вывод о том, что рост температуры плазменной струи достигается при увеличении мощности ВЧФ-разряда и сокращении расхода плазмообразующего газа.

Значение КПД снижается до минимального значения 46,3% при максимальном уменьшении входной площади импеллера реактора и минимальном токе анода, равном 3 А.

Полученные результаты могут быть использованы для отработки и оптимизации режимов плазменной утилизации различных промышленных отходов, в том числе, отходов замкнутого замкнутого ядерного топливного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. – Л.: «Химия» Ленинградское отделение, 1981. – 104 с.
2. Тихомиров И.А., Власов В.А., Луценко Ю.Ю. Физика и электрофизика высокочастотного факельного разряда и плазмотрона на его основе. – М.: Энергоиздат, 2002. – 195 с.