

ИНТЕГРАЦИЯ ПЛАЗМАГЕНЕРАТОРА В СОСТАВ УСТАНОВКИ ГАЗИФИКАЦИИ

В настоящее время существует большое число установок для газификации в которых используются генераторы плазмы. Наибольшее коммерческое распространение получили технические решения корпорации Westinghouse Plasma Corp, построившей заводы плазменной газификации отходов в ряде стран Европы и Азии.

Генераторный газ, образуемый в результате процессов пиролиза, можно преобразовать во множество разнообразных энергетических продуктов, включая: электричество (посредством, например, газовых турбин), тепловую энергию, а также жидкие топлива, такие, как: этанол, метанол и т.д.

Указанные выше обстоятельства, позволяют рассматривать плазменную газификацию, как наиболее перспективный технологический способ переработки твердых бытовых отходов, позволяющий отказаться от мусоросжигания, являющегося, в настоящий момент, самым распространенным методом термической обработки отходов. Кроме того, использование именно плазменной газификации, помимо экономических, имеет ощутимые экологические преимущества [1 - 3].

Очевидно, что эффективность использования плазмагенератора зависит от соответствия расчетных режимов его работы реальным процессам, протекающим в указанном устройстве. Вместе с тем, существующие методы расчетов режимов работы плазмагенераторов не учитывают факт его интеграции в установку для газификации и, следовательно, влияние других конструктивных компонентов системы. Это снижает достоверность полученных результатов и, как следствие, уже на стадии конструкторской разработки уменьшает эффективность проектируемой установки.

В частности, экспериментальные исследования, результаты которых приведены ниже, показали необходимость учета в расчетах величины гидравлического сопротивления всех компонентов системы газификации. Это обусловлено необходимостью исключения перепадов давления внутри канала плазмагенератора, которые могут приводить к возникновению обратных токов.

Первые запуски опытного образца плазмагенератора в составе газификатора показали высокую степень эрозии катодной вставки (рис. 1), что вызвано запирающим газом внутри газоразрядного канала. Сделанные выводы относительно причин износа были также подтверждены результатами численного моделирования. На рис. 2

представлено поле температур в сечении канала плазмотрона. Как видно электрическая дуга имеет смещенное пятно контакта на поверхности катода и неустойчивую форму привязки к поверхности катода.



Рисунок 1 – Катодная вставка опытного образца плазмагенератора (а) до работы и (б) после работы

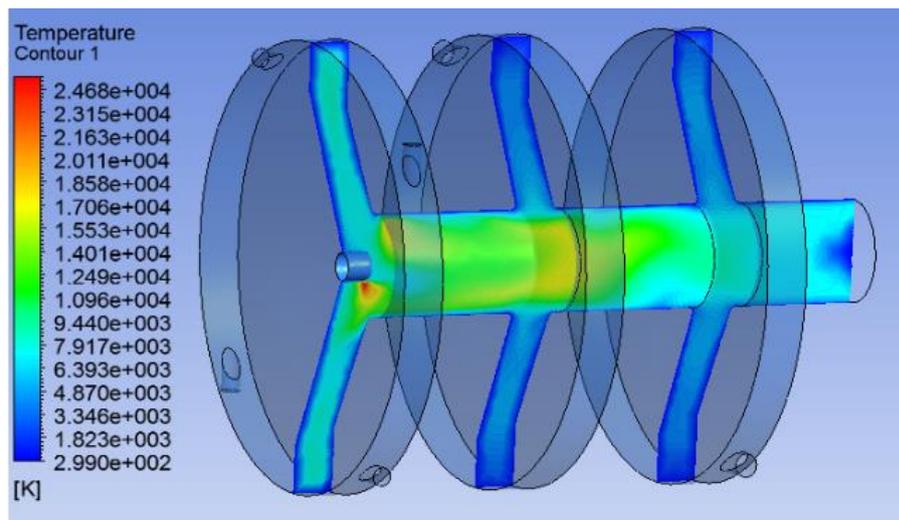


Рисунок 2 – Поле температур в сечении канала плазмагенератора

Для изучения указанного вопроса на базе кафедры технологии производства летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета имени Н. Е. Жуковского (г. Харьков, Украина) была создана опытная установка газификации с интегрированным генератором плазмы (рис. 3).

В качестве источника питания для плазмагенератора использовался тиристорный аппарат АПР 404 с модернизированной системой управления напряжением и силой тока дуги, что позволило использовать его при работе с плазмагенераторами малой мощности.

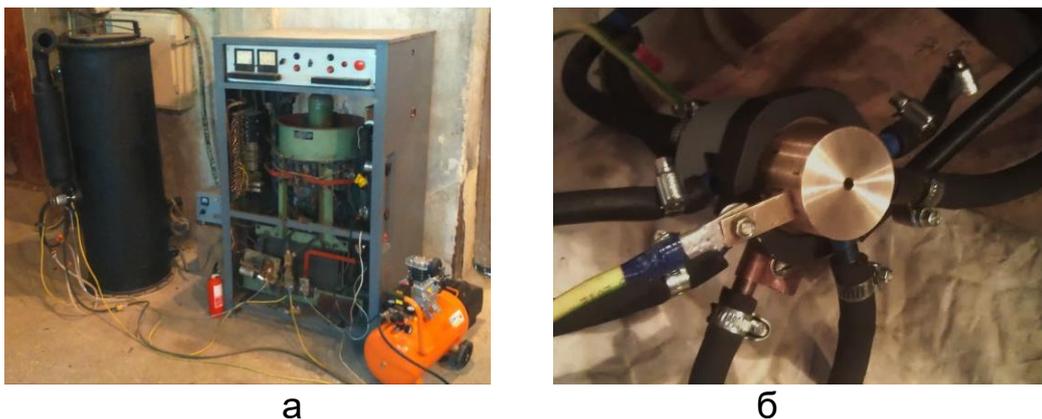


Рисунок 3 - Общий вид установки газификации с источником питания для плазмагенератора (а); опытный образец плазмагенератора (б)

На первых этапах газификатор работал в штатном режиме без включения генератора плазмы, а в качестве сырья для загрузки использовался древесный уголь. После выхода установки на стационарный режим работы были выполнены заборы проб газа с последующим их анализом на газоанализаторе (результаты сведены в табл. 1), также была получена качественная картина содержания смол на выходе аппарата (рис. 4).

Таблица 1 - Результаты компонентного анализа синтез-газа

№	CO, %	CO ₂ , %	H ₂ , %
1	19,1	8,5	13,3
2	19,5	8,2	13,5
3	19,3	8,3	13,4
4	19,6	8,4	13,3
5	19,5	8,2	13,4

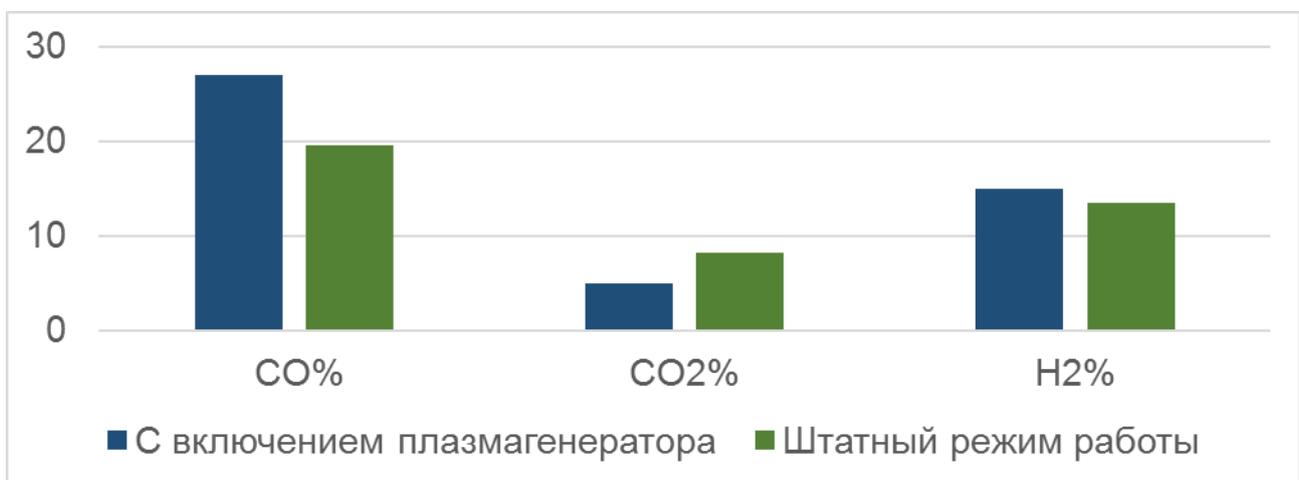


Рисунок 4 - Качественная картина содержания смол в генераторном газе

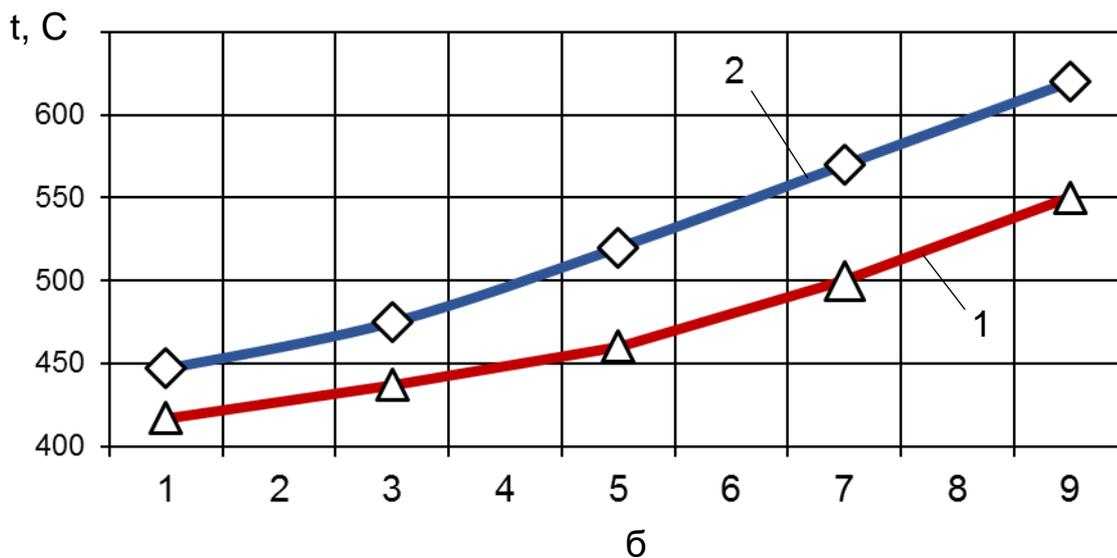
Для последующих расчетов системы очистки на базе сепараторов циклонного типа был проанализирован зольный остаток и выполнен гранулометрический анализ твердой фракции с использованием сит с различным размером ячейки.

Предварительный анализ характера износа катодной и промежуточных вставок установил одну из причин нештатной работы генератора – обратные токи в газоразрядном канале. Их причиной являются положительный перепад давления на газификаторе.

Сравнительные характеристики работы установки газификации с использованием плазмагенератора и без, а также в условиях нормального атмосферного давления и с перепадом давления, приведены на рис. 5.



а



б

Рисунок 5 - Сравнительные характеристики режимов работы установки газификации:

- 1 - работа в условиях атмосферного давления;
- 2 - работа в условиях перепада давления – 2 кПа

Работа плазмгенератора первоначально контролировалась вне установки газификации с последующей установкой и включением в составе газификатора, после чего были зафиксированы пульсации и неустойчивый режим работы плазмгенератора, что привело к стремительной эрозии катодной вставки.

Наибольшую величину гидравлических потерь на системе газификации вносит ступень очистки, а именно сепаратор циклонного типа, в зависимости от расходов газа перепад давления перед циклоном может составлять от 0,5 до 20 кПа.

Выводы

1. В ходе исследований особенностей работы генератора плазмы в составе комплекса для переработки сырья выявлена высокая степень эрозии катодных вставок, обусловленная контрагированием электрической дуги с локальными повышениями температуры, что вызвано, в первую очередь, образованием обратных течений.

2. Для уменьшения степени эрозии предложено при проектировании газоразрядных каналов учитывать гидравлическое сопротивление системы, вызывающее перепад давления на выходе плазмгенератора.

3. Показано, что применение генераторов плазмы позволяет повысить температуру процесса и увеличить на 5-10 % выход синтез-газа с одновременным уменьшением концентрации водорода и содержания смол.

Список использованных источников

1. Birsan N. Plasma gasification - the waste-to-energy solution for the future // Problemele energeticii regionale. - 2014. - № 3. - P. 87-93.

2. Development of modern gas producer technologies. A.F. Ryzkov, V.V. Kostunin, A.M. Dubinin, V.E. Silin. Papers of international Symposium on Combustion and atmospheric pollution / M.: Torus Press Ltd., 2003. P. 364-369.

3. Переработка твердых отходов методом плазменной газификации / А.Н. Братцев, В.Е. Попов, С.В. Штенгель, А.А. Уфимцев // Вода и экология: проблемы и решения - 2006. - №4 (29).- С. 69-73.

Поступила в редакцию 25.11.2016.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.И. Планковский,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*