

УДК 620.92

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НА БАЗЕ МЕТОДА СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ВОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ (СКВО)**

**Корнатовский А.Ф.** (Университет ИТМО), **Рахманов Ю.А.** (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Рахманов Ю.А.**  
(Университет ИТМО)

Отрицательное воздействие различных отраслей промышленности на окружающую среду определяется возрастающим потреблением природных ресурсов и образованием большого количества опасных отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Переработка таких отходов, в условиях сверхкритического водного окисления позволит не только решить экологические проблемы, но и получить дополнительную энергию. При сверхкритическом гидротермальном окислении достигается полнота переработки отходов не ниже 99,9 процентов с возможностью получения парогазовой смеси в качестве рабочего тела, используемого для производства тепловой и электрической энергии.

### **Введение**

В настоящее время на промышленных предприятиях, арсеналах, базах и складах по ряду причин длительное время находится значительное количество высокотоксичных веществ (ВТВ), не подлежащих использованию по прямому назначению и представляющих экологическую опасность. Класс высокотоксичных веществ очень широк. Типичные представители ВТВ, например, пестициды, имеют сложный элементный и химический состав, обладают высокой токсичностью и в большинстве случаев имеют высокую химическую и физическую стабильность. Все это определяет сложность процессов их уничтожения.

Существующие в настоящее время подходы к уничтожению высокотоксичных веществ путем их сжигания, захоронения, химической и биологической переработки весьма дорогостоящи и не универсальны.

Поэтому, в настоящее время ведутся разработки новой технологии по уничтожению опасных отходов методом сверхкритического водного окисления (СКВО). Этот метод может претендовать на наиболее высокую экологическую и экономическую эффективность, а также универсальность, обеспечивая полное одностадийное окисление любых органических веществ до безвредных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) с температурой порядка 400-600 °С, давлением 22,1 МПа и образованием неорганического осадка. Образующиеся продукты окисления (парогазовая смесь) могут быть рабочим телом для получения тепловой и электрической энергии при использовании теплоэнергетического оборудования (теплообменных аппаратов, детандеров, турбин и т.д.)

### **Основная часть**

В процессе, основанном на СКВО, органические соединения окисляются с помощью окислителя, например, кислорода, перекиси водорода, в присутствии воды, находящейся в сверхкритическом состоянии. Для превращения токсичных органических веществ в безвредные продукты применяются температуры более 500°С и давления 25-35 МПа. В процессе не образуются  $\text{NO}_x$  или  $\text{SO}_2$  и на месте может быть осуществлена нейтрализация образующихся кислых газов. СКВО органических стоков дает полноту разрушения более 99,99% при температурах выше 525°С.

Введение катализатора может повысить выходы продуктов полного окисления при понижении температурного процесса. Поскольку скорости реакции велики, то полное превращение может быть получено при коротких временах пребывания, вследствие чего могут быть использованы реакторы меньшего объема.

Скорость реакций при сверхкритических параметрах водной среды соизмерима со скоростью аналогичных реакций при горении топлива на воздухе с температурой во фронте горения 2300-2800 К. При высокотемпературном сжигании образуется большое количество

оксидов азота, требующих нейтрализации, в то время как при СКВО оксиды азота практически не образуются.

Реакции окисления органики экзотермичны, что позволяет эффективно использовать тепло самих реакций как для поддержания температурного режима процесса, так и для компенсации энергозатрат на разогрев реагентов.

На основе вышесказанного, обезвреживание опасных отходов методом СКВО предполагает:

- высокую надёжность и значительный ресурс работы основного и вспомогательного оборудования;
- достаточно высокий уровень коэффициента преобразования тепловой и/или химической энергии топлива в электрическую (20-40) и более %;
- возможность когенерации тепловой и электрической энергии с высоким коэффициентом использования энергии процесса (0,7-0,9);
- приемлемую себестоимость производства электрической энергии;
- высокий уровень автоматизации технологического процесса;
- возможность контейнерного и блочного модульного исполнения полной заводской готовности.
- применимость к широкому спектру органических соединений, в том числе трудноокисляемых;
- имеет возможность утилизации тепловой энергии, позволяет в ряде случаев добиться не только полного самоэнергосбережения, но и выработки дополнительной энергии; переводит присутствующие неорганические элементы в оксиды и соли, которые могут быть утилизированы.

### **Выводы**

Были сделаны расчеты, дающие энергетическую оценку комплексной переработки отходов с применением гидротермального окисления.

На основании расчета теплового баланса показано, что процесс сверхкритического водного окисления высокотоксичных веществ является термодостаточным, а образующая высокоэнтальпийная парогазовая смесь является рабочим телом в теплоэнергетическом оборудовании для получения электрической и тепловой энергии.

В случае использования экзотермической реакции окисления для работы реактора, затраты энергии на поддержание процесса за счет рекуперации могут быть сведены к нулю и даже получен положительный выход. Полученные данные позволят конкретизировать технические задания на разработку оборудования по реализации технологии СКВО.

Конденсат водяного пара, полученный при охлаждении парогазовой смеси, может быть повторно использован.

Реализация комплексной гидротермальной переработки опасных отходов с получением электрической и тепловой энергии будет востребована потребителями, не имеющими централизованного электроснабжения, но обладающими источниками непрерывно образующихся органических отходов.

Корнатовский А.Ф. (автор)

Подпись

Рахманов Ю.А. (научный руководитель)

Подпись