

**Исследование образования оксидов азота
в плазмохимических процессах переработки отходов**

д.т.н. проф. Сурис А.Л.
Университет машиностроения
8(499) 267-07-92, alsur@bk.ru

Аннотация. Выполнено исследование образования оксидов азота в плазмохимических процессах переработки отходов. Показана возможность образования сверх равновесных концентраций NO_x , связанных с профилем температур в канале сопла плазмотрона.

Ключевые слова: оксиды азота, плазмохимические процессы, переработка отходов.

В настоящее время в химической, металлургической, электронной и других отраслях промышленности используются плазмохимические процессы, основанные на применении плазмы в качестве реагента и (или) энергоносителя при различных химических взаимодействиях. Эти процессы, характеризующиеся высокой производительностью, возможностью осуществления целенаправленного синтеза материалов с заданными свойствами и позволяющие использовать дешевое сырье, становятся конкурентоспособными не только в малотоннажных, но и в крупнотоннажных производствах, приходя на смену традиционным технологиям. По-видимому, эта тенденция не только сохранится, но и усилится в ближайшем будущем. Последнее время плазменные процессы находят также применение в инженерной экологии и, в первую очередь, для переработки промышленных, медицинских, радиоактивных и бытовых отходов.

К сожалению, в большинстве случаев точный расчет плазмохимического реактора невозможен ввиду отсутствия надежных данных о механизме химического процесса, параметрах его отдельных стадий и кинетических коэффициентах переноса, а также ввиду сложности всестороннего описания физико-химических явлений, протекающих в аппарате, и др. Поэтому инженер-конструктор вынужден создавать аппараты, опираясь на некоторые имеющиеся методики расчета отдельных сторон сложного процесса (оценивая их вклад в суммарный, эффект), а иногда и просто на собственную интуицию и опыт работ аналогичных плазмохимических установок. Некоторые методики расчёта различных плазмохимических процессов и аппаратов, термодинамический анализ этих процессов и особенности термической переработки отходов приведены в работах [1 – 66].

В наиболее общем виде плазмохимический реактор (ПХР) включает зону разряда, устройство для ввода сырья в область высоких температур, реакционный объём, закалочное устройство, а также может иметь встроенный теплообменник и фильтр для отделения конденсированных продуктов. В отдельных случаях плазмотрон, закалочное устройство, теплообменник и фильтр могут быть конструктивно оформлены в виде самостоятельных узлов.

Оптимальная конструкция ПХР и его эффективность определяются возможностью достижения минимальной себестоимости целевого продукта заданного качества (или срока окупаемости капиталовложений) при соблюдении всех необходимых требований правил техники безопасности, экологии и др. В свою очередь, стоимость плазменной переработки зависит от затрат энергии, выхода целевых продуктов, количества образующихся побочных компонентов, ресурса работы ПХР и т.д.

Конструкции ПХР многообразны. Выбор определённой конструкции зависит от конкретного технологического процесса (т.е. от физико-химических свойств целевых продуктов и сырья, термодинамических и кинетических характеристик процесса при соответствующей температуре, давлении и соотношении реагентов), а также от производительности установки и типа плазмотрона. Кроме того, определяющую роль в настоящее время играют экологические характеристики процесса.

В последнее время плазмохимические процессы начали применять [5] для переработки различных отходов (промышленных, бытовых, медицинских). При этом часто в качестве энергоносителя (а иногда и окислителя) используют плазменную струю воздуха, генерируемую электродуговыми плазмотронами. Затем плазменная струя взаимодействует с отходами, способствуя их пиролизу, газификации или сжиганию.

В связи с высокой температурой в канале сопла плазмотрона равновесие устанавливается быстро. Однако можно показать [25], что концентрация оксидов азота в плазменной струе может достигать сверх равновесных концентраций.

При разработке плазмохимического реактора (на основании технологического расчета) известны тепловая мощность потока N и расход газа G . Представляет интерес для заданных N и G (т.е. для заданной среднemasсовой температуры) определить профиль температур и скоростей в реакторе, при которых выход целевого продукта максимален. Причем для высокотемпературных процессов, когда равновесие устанавливается быстро, можно с достаточной для практики точностью считать, что концентрации конечных продуктов в каждой точке некоторого сечения реактора равновесны.

Таким образом, поставленную задачу математически можно сформулировать следующим образом. Найти оптимальное распределение температур $T(r)$ и скоростей $W(r)$ по сечению реактора, обеспечивающих максимальное значение функционала

$$L = \int_0^R C(T)Z(T,U)rdr, \quad (1)$$

при условиях

$$\int_0^R Z(T,U)rdr = G, \quad (2)$$

$$\int_0^R Z(T,U)\alpha(T)rdr = N, \quad T_{\max} \geq T \geq T_{\min}, \quad (3)$$

где

$$Z = 2\pi W(U,T)\rho(T), \quad (4)$$

$$\alpha(T) = \sum_i C_i(T)I_i(T) - I_0 = I(T) - I_0, \quad (5)$$

T_{\max} , T_{\min} – максимальная и минимальная температуры в рассматриваемом сечении канала;

$C(T)$ – равновесная массовая концентрация целевого продукта;

R – радиус канала;

$\rho(T)$ – плотность продуктов реакции;

$W(U, T)$ – скорость потока в соответствующей точке, зависящая от температуры и от режима течения (влияние режима течения в выражении (4) характеризуется некоторой величиной $U(r)$);

I_0 – полная энтальпия исходных реагентов;

$I_i(T)$, $C_i(T)$ – полная энтальпия и равновесная массовая концентрация соответствующего компонента в конечных продуктах.

На основании полученного решения изопериметрической вариационной задачи (1) – (5) предложены следующие рекомендации по выбору оптимального профиля температур в реакционном канале [25].

Если по результатам термодинамических расчетов [1, 3, 4] построить зависимость массовой концентрации целевого компонента (C) от величины α , то максимальная концентрация целевого продукта, которую можно получить при данной среднемассовой температуре (\bar{T}), соответствует величине C на выпуклой оболочке, построенной для этой кривой между минимально возможной (T_{\min}) и максимально допустимой (T_{\max}) температурами (рисунок 1).

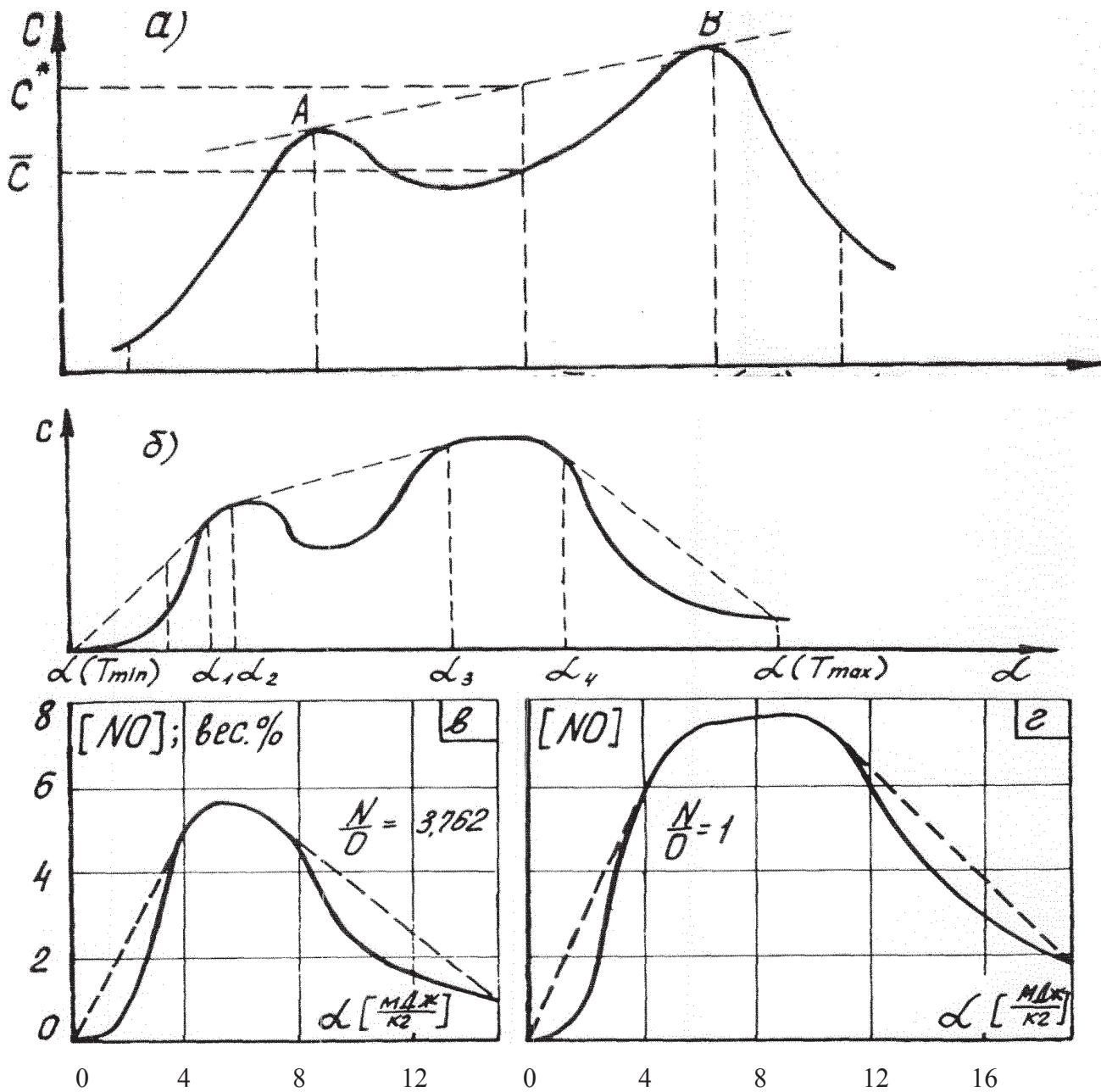


Рисунок 1. Выпуклые оболочки равновесных концентраций

Там, где выпуклая оболочка совпадает с кривой равновесного состава (сплошные линии), максимальная концентрация C^* является равновесной для данной среднемассовой температуры \bar{T} , а оптимальным является постоянный по сечению реактора профиль температур $T(r) = \bar{T}$, и, соответственно, реакционный канал должен быть теплоизолированным.

Если же $\alpha(\bar{T})$ таково, что $\alpha(T_{\min}) < \alpha(\bar{T}) < \alpha_1$ или $\alpha_2 < \alpha(\bar{T}) < \alpha_3$ или $\alpha_4 < \alpha(\bar{T}) < \alpha(T_{\max})$ оптимальным является ступенчатый профиль температур с двумя зонами течения (приосевой при T_2 и пристенной при T_1).

Соответствующие расходы продуктов в этих областях определяются выражениями:

$$G_1 = \frac{G\alpha(T_2) - N}{\alpha(T_2) - \alpha(T_1)}, \quad G_2 = \frac{N - G\alpha(T_1)}{\alpha(T_2) - \alpha(T_1)},$$

где T_2 и T_1 – базовые значения температур, между которыми находится \bar{T} .

Максимально возможная концентрация целевого продукта при заданном значении N/G определяется как ордината выпуклой оболочки кривой $C(\alpha)$ в точке $\alpha = N/G$.

На рисунках 1в и 1с представлены выпуклые оболочки функций $C(\alpha)$ для процессов образования оксида азота из воздуха и из эквимольной смеси кислорода и азота при давлении 0,1 МПа, $T_{min} = 400$ К, $T_{max} = 6000$ К (предполагается, что энтальпия отсчитывается от 293 К).

Как видно из рисунка, при среднемассовой температуре ниже 2800 К ($\alpha = 3,95$ МДж/кг) сверхравновесная (квазиравновесная) концентрация оксида азота в плазменной струе может превышать равновесную (иногда существенно). Например, при среднемассовой температуре плазменной воздушной струи $T_c = 2000$ К ($\alpha = 2$ МДж/кг) равновесная концентрация NO составляет 0,79 мас. %, а сверхравновесная (квазиравновесная) концентрация NO составляет 2,21 мас. %.

Однако если нагревать воздух в плазмотроне не для получения оксида азота (целевого продукта), а для получения высокотемпературного окислителя, используемого в других процессах, то необходимо учитывать возможные экологические проблемы.

При использовании плазменной струи воздуха для переработки отходов [2, 5, 33, 49, 50] необходимо учитывать возможное наличие значительных концентраций NO в струе даже при низких среднемассовых температурах, когда результаты расчёта равновесного состава показывают невысокие концентрации NO. Конечно, если производится пиролиз и газификация органических отходов, когда в составе конечных продуктов содержится большое количество водорода и CO, в процессе переработки отходов происходит восстановление оксидов азота.

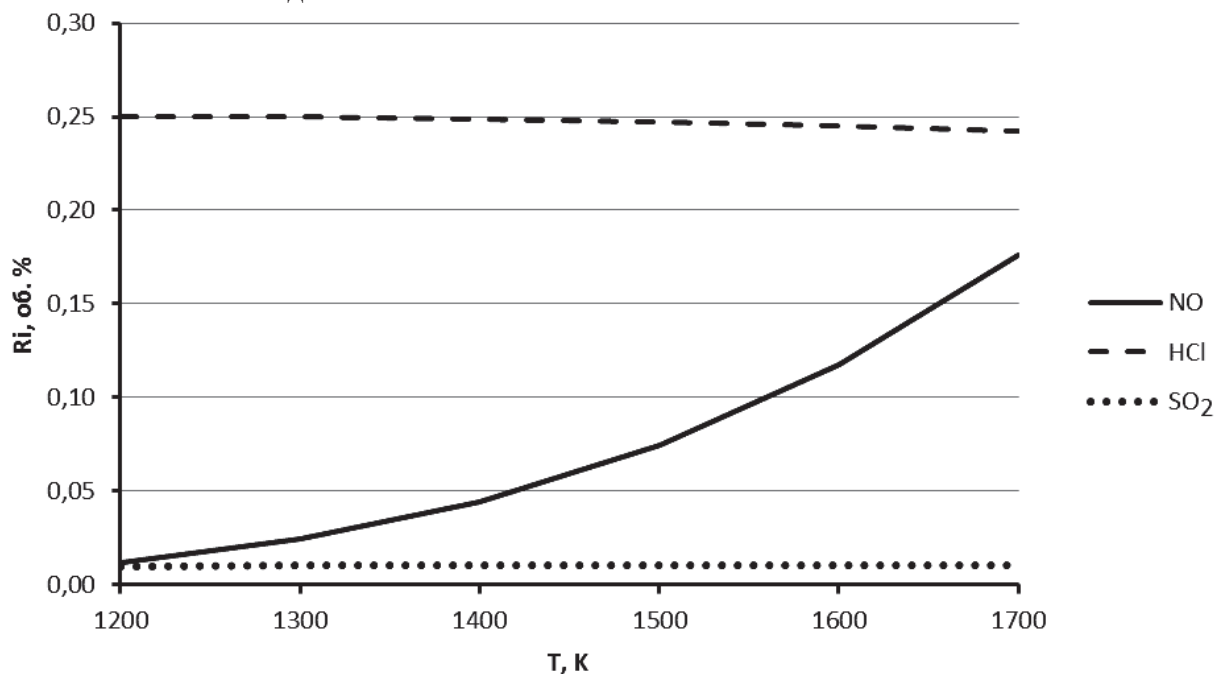


Рисунок 2. Объёмная концентрация токсичных компонентов в продуктах сжигания отходов в зависимости от температуры продуктов

Но, если плазменная струя воздуха используется для полного окисления отходов (например, уничтожение токсичных отходов), то необходимо учитывать высокую исходную концентрацию NO в окислителе. Особенно необходимо учитывать то обстоятельство, что в этих случаях коэффициент избытка воздуха, расходуемого на окисление отходов, довольно высок (выше 2).

В качестве примера на рисунке 2 представлены результаты термодинамических расчётов (равновесные концентрации токсичных компонентов) в процессе сжигания отходов имеющих следующий состав (массовые проценты): углерод – 20,9; водород – 2,65; кислород – 14,14; азот – 0,83; сера – 0,08; хлор – 2,08 – влажность – 48,92; зольность – 10,4. Коэффициент избытка воздуха – 2,1.

При сжигании отходов, содержащих более 1% галогенов в соответствии с Европейскими нормами температура продуктов горения должна превышать 1100 °С, а время пребывания продуктов в реакторе не должно быть ниже 2 секунд.

На рисунке 3 представлено сравнение равновесной и возможной сверхравновесной концентрации NO (при среднемассовой температуре окислителя 1300 К) от температуры продуктов сжигания отходов.

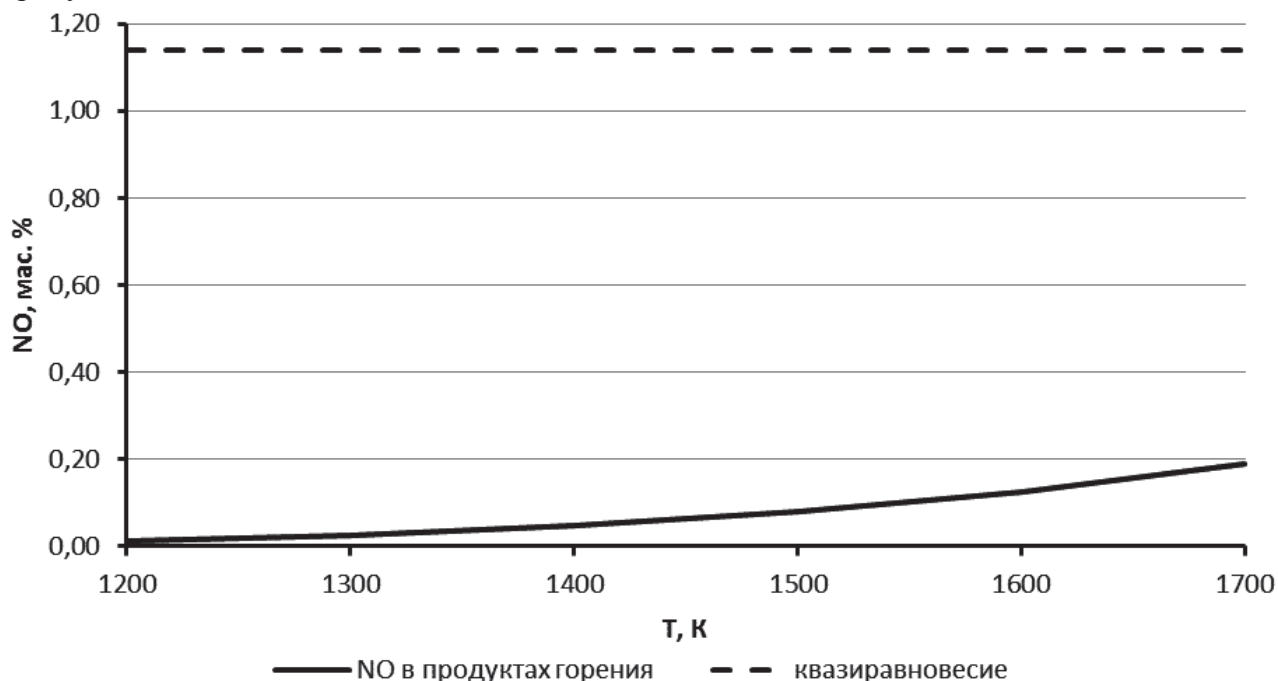


Рисунок 3. Массовая концентрация NO в продуктах сжигания отходов и возможная сверхравновесная концентрация NO в зависимости от температуры продуктов горения

Естественно, при длительном пребывании продуктов горения в реакторе сверхравновесная концентрация NO может уменьшиться и приблизиться к равновесной концентрации (сплошная линия). Реальную её концентрацию можно оценить на основании кинетических расчётов [2,14,28].

Выводы

На основании результатов расчётов показана возможность образования сверх равновесных концентраций оксидов азота в процессах сжигания отходов с использованием плазменной струи воздуха, полученной в электродуговом плазмотроне.

Литература

1. Сурис А.Л. Термодинамика высокотемпературных процессов. М.: Металлургия, 1985, 568с.
2. Сурис А.Л.. Плазмохимические процессы и аппараты. М. Химия, 1989, 304с.

3. Suris A.L. Handbook of Thermodynamic High Temperature Process Data. Hemisphere Publishing Corporation. N-Y, London, Washington, 1987, 600p.
4. Сурис А.Л. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов горения и газификации топлив и органических отходов. М.: ЛАТАРД, 2002, 328с.
5. Сурис А.Л. Плазменные процессы в химии и инженерной экологии. Учебное пособие. М, МГУИЭ, 2006, 156 с.
5. Сурис А.Л., Шорин С.Н. Пиролиз пропан-бутановой смеси в плазменной струе // Химия высоких энергий. 1967, т.1, N3, с.264.
6. Сурис А.Л., Шорин С.Н. Термодинамический анализ процесса получения ацетилена из углеводородов в плазмохимическом реакторе // Химия высоких энергий, 1969, т.3, N2, с.99.
7. Сурис А.Л., Шорин С.Н. Получение ацетилена из различных углеводородных газов в плазмохимическом реакторе // Химия высоких энергий, 1969, т.3, N2, с.105.
8. Сурис А.Л., Шорин С.Н. К вопросу о моделировании эндотермических процессов в плазмохимических реакторах. // Химия высоких энергий. 1971, т.5, N3, с.204.
9. Сурис А.Л. Метод решения системы уравнений термодинамического равновесия // Теоретические основы химической технологии. 1972, т.6, N5, с.784.
10. Сурис А.Л., Шорин С.Н. Поле температур и тепловых потоков в горячем катоде электродугового нагревателя // Инженерно-физический журнал. 1972, т. XXIII, N2, с.369.
11. Корягин В.С., Сурис А.Л., Троицкий В.Н., Шорин С.Н. Исследование процесса получения нитрида титана в плазмохимическом реакторе // Химия высоких энергий. 1973, т.7, N3, с.215.
12. Сурис А.Л. Закалка высокотемпературного газового потока жидкостью // Химия высоких энергий, 1973, т.7, N4, с.309.
13. Сурис А.Л. Испарение жидкости в высокотемпературном газовом потоке // Инженерно-физический журнал. 1973, т. IV, N1, с.161.
14. Сурис А.Л. Метод численного интегрирования кинетических уравнений высокотемпературных процессов // Химия высоких энергий. 1974, т.8, N2, с.141.
15. Сурис А.Л., Асланян Л.С., Шорин С.Н. Термодинамические свойства плазмообразующих газов // Химия высоких энергий. 1974, т.8, N5, с.392.
16. Сурис А.Л. Математическая модель процесса закалки продуктов плазмохимических реакций диспергированной жидкостью // Химия высоких энергий. 1974, т.8, N4, с.363.
17. Мамонтов Ю.Н., Сурис А.Л., Шорин С.Н. Термодинамический анализ процесса получения нитрида циркония из хлоридов // Порошковая металлургия. 1975, N12, с.186.
18. Гершуни С.Ш., Сурис А.Л., Алексеев Н.В., Шорин С.Н. Исследование плазмохимического процесса получения ацетилена из природного газа с закалкой углеводородами // Химия высоких энергий. 1975, т.9, N1, с.63.
19. Гершуни С.Ш., Сурис А.Л., Шорин С.Н. Термодинамический анализ процесса получения ацетилена пиролизом углеводородов в водородной плазме // Химия высоких энергий. 1975, т.9, N6, с.528.
20. Володин Н.Л., Зубаиров Р.Р., Сурис А.Л. и др. Исследование плазмохимического реактора для пиролиза бензина // Химия высоких энергий. 1975, т.9, N5, с.427.
21. Гершуни С.Ш., Сурис А.Л., Шорин С.Н. Термодинамический расчет гомогенной системы углерод-водород при переменных параметрах // Журнал физической химии. 1976, т.50, N2, с.334.
22. Фланкин Е.В., Сурис А.Л., Шорин С.Н. О длине свободных диффузионных пламен // Физика горения и взрыва. 1977, N4, с.539.
23. Шмыков Ю.И., Сурис А.Л., Шорин С.Н. и др. Исследование процесса получения ацетилена и этилена из бензина в плазменной струе водорода на установке мощностью 1500 кВт // Химия высоких энергий. 1977, т.11, N3, с.259.

24. Шмыков Ю.И., Сурис А.Л., Шорин С.Н. и др. Исследование процесса пиролиза хлоруглеводородов в плазмохимическом реакторе // Химия высоких энергий. 1977, т.11, N4, с.371.
25. Сурис А.Л. Оптимальный профиль температур и скоростей в химическом реакторе // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия технических наук. 1977, вып.3, N13, с.68.
26. Сурис А.Л., Фланкин Е.В., Шорин С.Н. Исследование процесса смешения струй сырья с плазменным потоком в канале реактора // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия технических наук. 1977, вып.3, N13, с.75.
27. Сурис А.Л. К вопросу о расчете плазмохимических реакторов // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия технических наук. 1977, вып.3, N13, с.61.
28. Сурис А.Л. Кинетический анализ высокотемпературного процесса получения окиси азота // Химия высоких энергий. 1978, т.12, N2, с.167.
29. Сурис А.Л. Скорость закалки в плазмохимических реакторах // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия технических наук. 1978, вып.1, N3, с.16.
30. Лыков А.М., Мамонтов Ю.Н., Сурис А.Л. и др. Термодинамический анализ процесса получения карбида титана из тетрахлорида и углеводорода // Физика и химия обработки материалов. 1979, N2, с.88.
31. Сурис А.Л. Распространение струи в поперечном сносящем потоке // Известия Сибирского отделения АН СССР. 1980, вып.1, N3, с.18.
32. Сурис А.Л. Метод определения кинетических параметров процессов конденсации в плазмохимическом реакторе // Химия высоких энергий. 1982, т.16, N2, с.176.
33. Сурис А.Л., Артамонов А.Г., Бесков А.Г. Высокотемпературная кислородная конверсия органических соединений // Химия высоких энергий. 1984, т.18, N4, с.342.
34. Белов Б.А., Сальникова Н.С., Сурис А.Л. Теплообмен в плазмохимическом реакторе с многоструйной камерой смешения // Инженерно-физический журнал. 1985, XLIX, N1, с.128.
35. Белов Б.А., Горожанкин Э.В., Сурис А.Л. и др. Исследование кинетики разложения азотнокислых солей // Журнал неорганической химии. 1985, т.30, вып.10, с.2520.
36. Сурис А.Л., Артамонов А.Г., Бабуркина О.В. К вопросу о гетерогенном зародышеобразовании из газовой фазы в высокоэнтальпийном потоке // Химия высоких энергий. 1985, т.19, N2, с.164.
37. Зимин А.И., Лобанов Н.Ф., Суменков А.Л., Сурис А.Л. Структурно-механические свойства высокодисперсных порошков // Порошковая металлургия. 1986, N7, с.17.
38. Зимин А.И., Лобанов Н.Ф., Сурис А.Л. Динамика отложений конденсированных продуктов в цилиндрическом канале плазмохимического реактора // Химия высоких энергий. 1987, т.21, вып.3, с.279.
39. Зимин А.И., Лобанов Н.Ф., Сурис А.Л. Газодинамическая защита элементов плазмохимического реактора от осаждения конденсированных продуктов // Химия высоких энергий. 1987, т.21, N4, с.367.
40. Белов Б.А., Горожанкин Э.В., Сурис А.Л. Двухзонная модель плазмохимического реактора для получения оксидов металлов из растворов // Химия высоких энергий. 1988, т.22, N2, с.161.
41. Белов Б.А., Горожанкин Э.В., Сурис А.Л. Теплоперенос от плазменного и газожидкостного потоков в реакторе с многоструйной камерой смешения // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия технических наук. 1988, N4, вып.1, с.42.
42. Лякин М.В., Постников В.М., Сурис А.Л. Исследование теплообмена в плазмохимическом реакторе // Инженерно-физический журнал. 1989, т.56, N1.
43. Самохин А.В., Сурис А.Л. Исследование процесса смешения струй сырья с плазменным потоком // Химия высоких энергий. 1995, т.29, N4.
44. Bogatov S.A., Suris A.L. Treatment of low level radioactive waste by plasma vitrification for permanent disposal // Proceedings of the International Symposium on Environmental Technologies: Plasma Systems and Applications. Atlanta, Georgia, USA, 1995. pp. 499-504.

45. Hermes W.H., Hoffmann D.P., Harris L.A., Lee H.T., Camacho S.L., Circeo L.J., Laird D., Suris A.L. Plasma Pyrolysis vitrification (PPV) Technology Demonstration Program as Applied to the Defense national Stockpile of Thorium Nitrate//Proceedings of The International Symposium on Environmental Technologies: Plasma Systems and Applications. Atlanta, Georgia, USA, 1995. pp. 369-380.
46. Suris A.L. Calculation and modelling of plasmachemical reactors for various applications // The Thermal plasma and New Materials Technology. vol 2: Investigations and Design of Thermal Plasma Technologies. Cambridge Interscience Publishing, England. 1995, pp. 268-290.
47. Васильев Д.В., Лыков А.М., Сурис А.Л. Нагрев дисперсных материалов электрической дугой // Физика и химия обработки материалов. 1996, № 6, с. 99-105.
48. Конорев О.А., Сурис А.Л. Исследование процесса слоевого сжигания твёрдых бытовых отходов // Химическое и нефтяное машиностроение. 1999, № 5, с.37.
49. Богоявленский Р.Г., Гнеденко В.Г., Пономарёв-Степной Н.Н., Сурис А.Л., Хмельник В.А. Завод плазменного пиролиза и остекловывания бытовых и промышленных отходов // Известия Академии промышленной экологии. 1999, №1, с.62-68.
50. Богоявленский Р.Г., Десятов А.В., Гнеденко В.Г., Коротеев А.С., Пономарёв-Степной Н.Н., Сурис А.Л., Хмельник В.А., Дмитриев С.А. Использование плазменных технологий для переработки различных отходов // Конверсия в машиностроении. 1999, №3-4 (34-35), с. 99-103.
51. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Термодинамическая модель процесса плазменной газификации твёрдых органических отходов // Химическое и нефтяное машиностроение. 1999, № 7, стр. 38-40.
52. Любин Л.Я., Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Влияние дренажной щели на гидродинамическую стабилизацию фильтрационного течения при боковом вводе баротропной жидкости // Механика жидкости и газа. 1999, №1, стр. 60-67.
53. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Исследование процесса плазменной газификации твёрдых органических веществ в шахтном реакторе // Теплоэнергетика, №11, Стр. 64-67.
54. Лыков А.М., Сурис А.Л. Получение плазменных порошков карбидов титана, вольфрама и их композиций // Перспективные материалы. 1999, №4, стр. 76-79.
55. Богоявленский Р.Г., Гнеденко В.Г., Пономарёв-Степной Н.Н., Хмельник В.А., Щёголев В.И. Установка для плазменной переработки отходов. Патент на изобретение № 2143086 от 20/12-1999г (приоритет от 28/04-1998 г).
56. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Газификация твёрдых органических веществ в шахтном реакторе // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000, № 1, стр. 12-15
57. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Использование плазменных методов для газификации твёрдых органических отходов // Физика и химия обработки материалов, 2000, №1, с.47-51.
58. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Газораспределение на начальном участке аппаратов с зернистой засыпкой // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000, № 4, стр. 7-11.
59. Сурис А.Л. Плазмохимические реакторы для равновесных процессов. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т4. М.: Наука. 2001. С. 342-349
60. Сурис А.Л., Хайруллин Р.С. Исследование процесса сжигания твёрдых бытовых отходов в кипящем слое // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000, № 12, стр. 68.
61. Сурис А.Л. Исследование теплоты сгорания жидких галогенорганических отходов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2007, №1. с13.
62. Сурис А.Л. Исследование кинетики пиролиза компонентов бытовых отходов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2009, № 11, с.32.
63. Сурис А.Л. Теплота сгорания галогенсодержащих конденсированных материалов // Теоретические основы химической технологии, 2011, том 45, № 3, с. 359.
64. Сурис А.Л. Расчёт и моделирование плазмохимических реакторов. Сб. «Высокотемпературные процессы и аппараты», М.: МГУИЭ, 2003, с. 7.

65. Зимин А.И., Лобанов Н.Ф., Сурис А.Л. Газодинамическая защита элементов плазмохимического реактора от осаждения конденсированных продуктов. Сб. «Высокотемпературные процессы и аппараты», М.: МГУИЭ, 2003, с. 104.
66. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Тепло-и массообменные процессы в шахтном реакторе при газификации твёрдых органических отходов. Сб. «Высокотемпературные процессы и аппараты», М.: МГУИЭ, 2003, с. 144.

Автоматизация стендовой установки для биологической очистки воды от органических загрязнений

Строков С.С., Максимов Г.С.
Университет машиностроения
8(499) 267-07-82, nauka@msuie.ru

Аннотация. Разработана система автоматизации стендовой установки для биологической очистки сточных вод от органических загрязнений с учётом перспективы дальнейшего неоднократного перемещения установки. Из соображений минимизации стоимости монтажных работ выбраны датчики и контроллеры, разработана SCADA-система, проведен пуск стендовой установки.

Ключевые слова: автоматизация и контроль, очистка воды, органические загрязнения, измерение температуры.

Для многих промышленных объектов характерно наличие значительных запасов органических загрязнений, которые скопились за длительное время. Они выводят из хозяйственного оборота значительные территории или требуют специальных ёмкостей для хранения, дорогостоящей переработки. Часто вредные компоненты являются водорастворимыми и при хранении под открытым небом под воздействием природных осадков могут переходить в раствор и впоследствии загрязнять подземные воды и другие источники воды.

Очистка стоков и уничтожение примесей часто осложняются их низкими концентрациями, переменными концентрациями и составом, что ведёт к усложнению и удорожанию систем очистки, основанных на физических и химических процессах. В этом случае часто целесообразно использовать системы биологической очистки, в частности системы, основанные на биодеградации органических примесей с помощью сложного комплекса микроорганизмов и иммобилизованных базидиальных грибных культур. Базидиальные грибы, базидиомицеты (*Basidiomycetes*) (от греч. *basidion* – фундамент и *mykes* – гриб), класс высших грибов, имеющих особые органы размножения – базидии. Большинство грибных культур в природной среде способны самопроизвольно закрепляться на различных поверхностях, поэтому иммобилизация для них является естественным состоянием. Использование иммобилизованной биомассы предполагает возможность ее многократного применения, а также простоту отделения биомассы от реакционной среды. Использование подобных комплексов позволяет разрушать широкий спектр загрязнений и продуктов их деструкции.

В Научно-техническом центре «Промышленная биотехнология» Университет машиностроения разработана технология очистки воды от загрязнений различной природы с использованием базидиомицетов, которые, являясь сапротрофами, способны разлагать даже трудноразрушимые органические соединения.

Основой технологии является перевод загрязнений в водный раствор, который подаётся в установку, где ведётся (в несколько стадий) культивирование базидиомицета. Культура базидиомицета заранее подбирается на основе отобранных проб загрязнений, и в лабораторных условиях проводятся обычные мероприятия по улучшению штамма и поиску оптимальных условий культивирования. В ходе процесса необходимо поддерживать оптимальные значения температур, показателя рН, вести контроль уровней в аппаратах, и т.д. Предполагается,