

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ
УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ
БИФЕНИЛОВ**

М.А. Дорошенко

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: lihac1997@gmail.com

**MODELING AND RESEARCHING THE PROCESS OF PLASMACHEMICAL RECYCLING OF OIL
WASTES BASED ON POLYCHLORINATED BIPHENYLS**

M.A. Doroshenko

Scientific Supervisor: Ass. Prof., PhD A.G. Karengin
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: lihac1997@gmail.com

***Abstract.** Theses represents results on thermodynamic simulation of plasmachemical recycling of dielectric oil wastes in air plasma in form of water-organic compositions having optimal composition, lower calorific value minimum 8,4 MJ/kg and adiabatic combustion temperature minimum 1200 °C.*

Введение. В последние годы уделяется повышенное внимание группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), которые воздействуют на среду обитания человека на чрезвычайно низком уровне. При этом полихлорированные бифенилы (ПХБ), входящие в состав трансформаторных масел, являются одними из самых распространенных СОЗ [1]. Синтез ПХБ, как и других ароматических полихлорированных соединений, приводит к образованию самых опасных из известных человечеству химических веществ. Среди них имеются 12 конгенов, воздействие которых на организм в 1997 году Всемирной организацией здравоохранения было признано аналогичным воздействию диоксинов.

Применяемые традиционные термические технологии утилизации и обезвреживания таких отходов приводят к образованию различных токсичных органических соединений (диоксины и др.), многостадийны, требуют значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т) и экологически не безопасны]. Совместная плазмохимическая переработка этих отходов в виде водноорганических композиций позволит обеспечить не только снижение затрат электрической энергии на их переработку (до 0,1 МВт·ч/т), но и получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2 МВт·ч/т) [2].

Методы исследования. Жидкими горючими композициями считают композиции с низшей теплотворной способностью не менее 8,4 МДж/кг [3]:

$$Q_n^p = \frac{(100 - W - A)Q_n^c}{100} - \frac{2,5W}{100},$$

где Q_n^c – низшая теплотворная способность горючего компонента композиции, МДж/кг; W и A – содержание соответственно воды и негорючих минеральных веществ в композиции, %; 2,5 – скрытая теплота испарения воды при 0 °С, МДж/кг.

Как показали опыты по сжиганию жидких горючих отходов различных органических веществ, достаточное и полное их сгорание в камерах с небольшими потерями тепла наблюдается у отходов, имеющих адиабатическую температуру горения $T_{ад} \geq 1200$ °С [4]:

$$T_{ад} = \frac{Q_n^p + c_{отх} \cdot t_{отх} + \alpha \cdot v_{ок}^0 \cdot c_{ок} \cdot t_{ок}}{v \cdot c},$$

где $c_{отх}$ – средняя массовая теплоемкость жидкой композиции, кДж/(кг·град); $t_{отх}$ – температура жидкой композиции, °С; α – коэффициент расхода окислителя; $v_{ок}^0$ – теоретический расход окислителя, м³/м³; $c_{ок}$ – средняя массовая теплоемкость окислителя, (кДж/м³/град); $t_{ок}$ – температура окислителя, °С; v и c – соответственно удельный объем и удельная равновесная теплоемкость продуктов плазмохимической утилизации отходов в виде водно-органических композиций, м³/кг и МДж/(м³·град).

В таблице 1 представлен состав отработанных трансформаторных масел (ОТМ).

Таблица 1

Состав отработанных трансформаторных масел

Совтол-1		Совтол-2		Совтол-3	
C ₁₂ H ₉ Cl, %	C ₆ H ₃ Cl ₃ , %	C ₁₂ H ₅ Cl ₅ , %	C ₆ H ₃ Cl ₃ , %	C ₁₂ HCl ₉ , %	C ₆ H ₃ Cl ₃ , %
75	25	75	25	75	25
64	36	64	36	64	36
90	10	90	10	90	10

На рисунке 2 показано влияние содержания ОТМ и воды на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций различного состава.

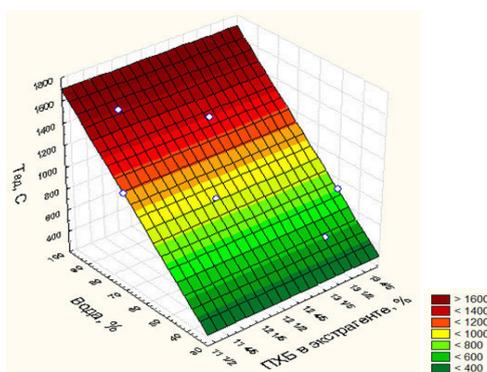


Рис. 1. Влияние содержания ОТМ и воды на адиабатическую температуру горения водноорганических композиций

В результате проведенных теплотехнических расчетов определены оптимальные по составу водноорганические композиции (ВОК) с максимальным содержанием ОТМ, имеющие $T_{ад} \geq 1200$ °С: ВОК-1 (70 % Вода : 30% Совтол-1); ВОК-2 (70 % Вода : 30% Совтол-2) и ВОК-3 (70 % Вода и 30% Совтол-3). Для определения оптимальных условий процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазмохимической утилизации ОТМ в виде композиций ВОК. Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), широком диапазоне температур (300÷4000) К и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя 10÷90 %. При этом, для этих композиций подбиралась такая минимальная массовая доля воздуха, которая не допускала

образования в конденсированной фазе углерода C(c) в продуктах плазменной утилизации. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

На рисунке 1 показано влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазмохимической утилизации ОТМ в виде композиции ВОК-2 при массовой доле воздуха 50 %.

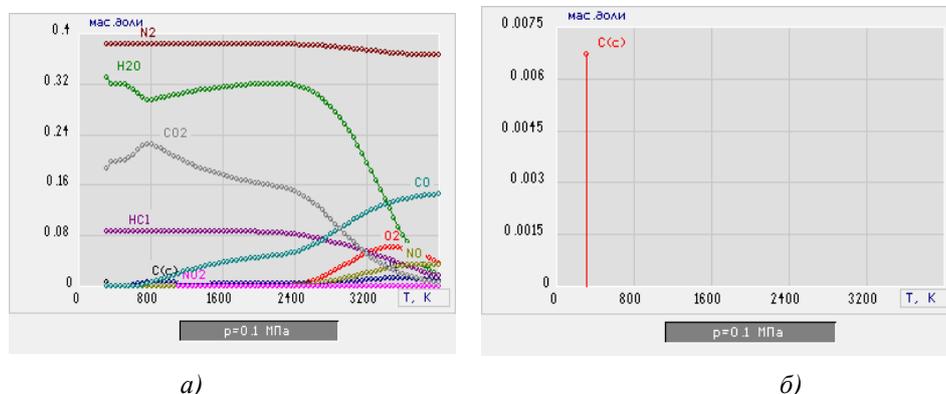


Рис. 1. Влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазмохимической утилизации ОТМ в виде композиции ВОК-2 в воздушной плазме: (50 % Воздух: 50 % ВОК-2)

Повышение массовой доли воздуха свыше 50 % не приводит к образованию C(c), а снижение приводит к резкому увеличению массовой доли C(c). Аналогичные результаты получены для плазмохимической утилизации БУТМ в виде композиций ВОК-1 и ВОК-3.

Закключение. Плазмохимическая утилизация является эффективным методом решения проблемы накопления и переработки хлорорганических отходов. По результатам проведенных исследований могут быть рекомендованы для практической реализации плазмохимической утилизации ОТМ в воздушной плазме следующие условия:

1. 50 % Воздух : 50 % ВОК-1 (70 % Вода : 30% Совтол-1).
2. 50 % Воздух : 50 % ВОК-2 (70 % Вода : 30% Совтол-2).
3. 50 % Воздух : 50 % ВОК-3 (70 % Вода и 30% Совтол-3).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазмохимической утилизации ОТМ в виде оптимальных по составу водноорганических композиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунова Т.И., Первова М.Г., Забелина О.Н., Салоутин В.И., Чупахин О.Н. Полихлорбифенилы: Проблемы экологии, анализа и химической утилизации-Отв. ред. В.Н. Чуприн. – М.: КРАСАНД; Екатеринбург: Уро РАН, 2011. – 400 с.
2. Каренгин А. Г. , Каренгин А. А. , Ковалев А. В. , Новоселов И. Ю. Расчет и оптимизация процесса плазменной утилизации горючих отходов переработки отработавшего ядерного топлива // Известия вузов. Физика. - 2014 - Т. 57 - №. 2/2. - С. 31-34.
3. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П.. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с.