

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГНЕВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (ТБО)**

*Татыбеков А.Т., Бугубаева М.А.*

*Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева КГТУ им.И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан*

*Рассматривается моделирование огневой переработки твердых бытовых отходов с помощью программы TERRA*

*Modeling of fire processing of solid household waste with the help of the TERRA program is considered*

Традиционно наиболее распространенные технологии переработки промышленных и бытовых отходов основаны на их сжигании без предварительной рассортировки с получением сухого или жидкого шлака [1].

Сжигание отходов наиболее экономично, однако может сопровождаться образованием высокотоксичных веществ (фосгены, диоксины и др.) из-за недостаточно высокой температуры пламени [2]. В связи с этим в настоящее время интенсивно разрабатываются плазменные технологии переработки отходов. Использование плазмы позволяет повысить температуру процесса до величины, при которой происходит полная деструкция указанных токсичных веществ (1200–2000°C) [3,4]. Известны плазменные пиролизные установки и технологии для переработки отходов. Как и мусоросжигающие печи, эти установки ориентированы на переработку мусора без его сортировки. Единичные работы посвящены переработке углеводородных отходов. Эти установки работают с жидким шлакоудалением, когда электрическая дуга нагревает шлак до нужной температуры, и далее отходы нагреваются от жидкого шлака. Такой подход сопряжен с

большим временем подготовки установки к работе, а также сложностью ее управления.

В результате исследований нами была усовершенствована известная модель термодинамического анализа огневой переработки твердых бытовых отходов (ТБО)[5]. Предлагаемая модель основана на группировке компонентов ТБО и использовании универсальной программы термодинамических расчетов TERRA. Для входа в программу TERRA теплотворная способность горючих компонентов ТБО пересчитывается в стандартную энтальпию образования. По модели вычисляются состав продуктов переработки, адиабатическая температура, необходимая дополнительная энергия.

**Модель**

Моделирование огневой переработки ТБО с использованием программы TERRA [6], предполагает задание исходного состава и соответствующих энтальпий образования. Предлагаемая модель может быть ориентирована на ТБО любого состава, но для конкретности изложена здесь на примере ТБО г. Бишкек. По данным мэрии г. Бишкек, усредненный за 1998 год состав ТБО приведен в табл.1.

Таблица 1

**Состав твердых бытовых отходов г. Бишкек**

ТБО	Бумага	Пищевые отходы	Дерево	Текстиль	Кости	Пластик	Металл	Стекло	Зола	Камни	Прочие*	Сумма
% вс	16,3	19,9	11,4	5,6	2,6	5,7	2	2	10,7	12,1	11,7	100

\* Половина «прочих» ТБО – горючие.

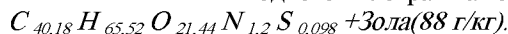
Реальные ТБО чрезвычайно сложны по составу, содержат десятки различных веществ. Включить их все в термодинамический анализ невозможно. Необходимо как-то сгруппировать компоненты ТБО, уменьшить их общее количество. Однако составленная так «проба» модель должна отражать основные черты реальных ТБО. С другой стороны, в состав ТБО желательно включить вещества, не указанные в табл.1, которые могут давать токсичные выбросы, чтобы попытаться найти пути их устранения.

В табл.2 приведен элементный состав горючих бытовых отходов, их теплотворная

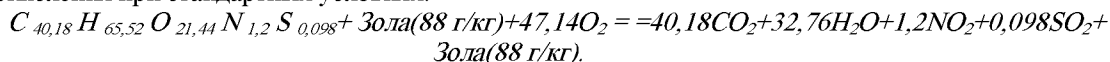
способность и влажность, найденные экспериментально в калориметрической бомбе [7]. Горючие компоненты отходов (бумага, древесина, остатки растительной и животной пищи) имеют широкие пределы изменения внешнего вида и плотности, но их химический состав весьма близок, ибо все они являются производными целлюлозы ( $C_6H_{12}O_6$ ). В связи с этим, мы усреднили элементный состав сухой основы, золы, влажности и теплотворной способности. (Средние значения табл. 2.) Поделив средние значения (в граммах) на соответствующий молекулярный вес (ММ,

г/моль), получили количество молей элементов на кг сухой основы (M, моль/кг).

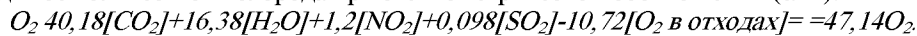
Таким образом, обобщенная формула одного килограмма горючих отходов следующая:



Формула окисления при стандартных условиях:



Необходимое количество кислорода при стехиометрическом соотношении ( $\alpha=1$ ):



Или  $47,14 \cdot 32 / 1000 = 1,5 \text{ кг } O_2$  на 1 кг горючих отходов.

На рис. 1 приведена зависимость адиабатической температуры от теплотворной способности влажных 25% исходных ТБО.

Таблица 2

Элементный состав сухой основы горючих отходов, % вес

№	Компоненты	Углерод	Водород	Кислород	Азот	Сера	Зола	Сумма	Влажность, %	Теплотв. способ. на сухую основу, q, кДж/кг
1	Газеты	49,14	6,1	43,03	0,05	0,16	1,52	100	5,97	19724
2	Грубая оберточная бумага	44,9	6,08	47,34	0	0,11	1,07	99,5	5,83	17924
3	Журналы	32,91	4,95	38,55	0,07	0,09	23,43	100	4,11	12746
4	Коробки из гофрированной бумаги	43,73	5,7	44,93	0,09	0,21	5,34	100	5,2	17280
5	Бумага, покрытая пластиком	45,3	6,17	45,5	0,18	0,08	2,77	100	4,71	17917
6	Вошенная бумага молочных пакетов	59,18	9,25	30,13	0,12	0,1	1,22	100	3,45	27289
7	Оберточная бумага продуктов питания	44,74	6,1	41,92	0,15	0,16	6,93	100	6,11	17980
8	Отходы почтовой корреспонденции	37,87	5,41	42,74	0,17	0,09	13,72	100	4,56	14835
9	Отходы растительной пищи	49,06	6,62	37,55	1,68	0,2	4,89	100	78,29	19236
10	Кожура и зерна citrusовых	47,96	5,68	41,67	1,11	0,12	3,46	100	78,7	18643
11	Остатки обработанного мяса	59,59	9,47	24,65	1,02	0,19	5,08	100	38,74	29942
12	Жир от жарения	73,14	11,54	14,82	0,43	0,07	0	100	0	38300
13	Кожаная обувь	42,01	5,32	22,83	5,98	1	22,86	100	7,46	18203
14	Резиновые каблучки и подметки	53,22	7,09	7,76	0,5	1,34	30,09	100	1,15	25646
15	Мусор из пылесоса	35,69	4,73	20,08	6,26	1,15	32,09	100	5,47	15714
16	Обрезки вечнозеленых кустарников	48,51	6,54	40,44	1,71	0,19	2,61	100	69	20318
17	Еловый бальзам	53,3	6,66	35,17	1,49	0,2	3,18	100	74,35	22192
18	Цветы садовых растений	46,65	6,61	40,18	1,21	0,26	5,09	100	53,94	18671
19	Трава зеленых газонов	46,18	5,96	36,43	4,46	0,42	6,55	100	75,24	19334
20	Опавшие листья деревьев	52,15	6,11	30,34	6,99	0,16	4,25	100	9,97	20629
<b>Средние значения</b>		<b>48,26</b>	<b>6,6</b>	<b>34,3</b>	<b>1,68</b>	<b>0,315</b>	<b>8,8</b>	<b>100</b>	<b>26,6</b>	<b>20626</b>
ММ, г/моль		12,011	1,008	16	14	32,066				
М, моль/кг		40,18	65,52	21,44	1,2	0,098				

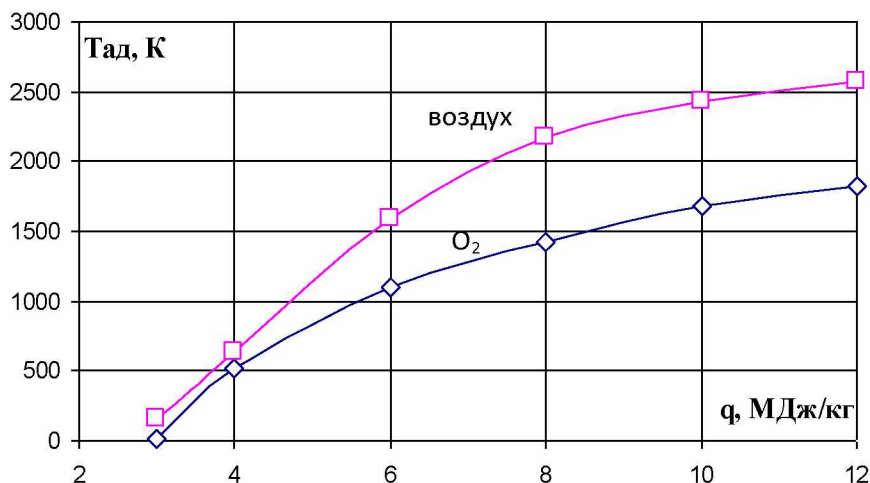


Рис. 1. Адиабатическая температура  $T_{ад}$  как функция теплотворной способности

Проведен термодинамический анализ модельного состава ТБО г. Бишкек при вариации теплотворной способности ТБО. Определены состав продуктов переработки и адиабатическая температура для поддержания температуры на уровне  $T=2000K$ .

#### Литература:

1. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник/под ред. А.Н. Мирного. – М.: Стройиздат, 1990.
2. Высочин В.И. Диоксины и родственные соединения: Аналитический обзор /Ин-т биорганической химии совместно с ГПНТБ СО АН СССР. –Новосибирск: СО АН СССР, 1988.
3. Будрина Е.В., Десятков Г.А. Энгельшт В.С. Экзотермический эффект при восстановительном пиролизе хлорорганических соединений. /Мат. 9-й школы по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ. – Иваново, 1999. –С. 109–112.
4. Татыбеков А., Сатыбалдиев О., Мукалаев К.О. Медицинские отходы и пути их утилизации // Изв. НАН КР. – 2006, №1. – С. 57–61.
5. Балан Р.К., Татыбеков А., Энгельшт В.С. Энтальпийный фактор огневой переработки твердых бытовых отходов // Вестник КНУ, серия 5. – Вып.3, 2005. – С.18–24.
6. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий в плазмохимических системах. 3-й межд. симп. по теоретической и прикладной плазмохимии. Сб. материалов. – Т.1. – Иваново, 2002. – С. 217–220.
7. Твердые отходы: (возникновение, сбор, обработка и удаление)/ Пер. с англ. /Под ред. Мантелла Ч. – М.: Стройиздат, 1979. – 519 с.