

УДК 620.93

## Влияние теплофизических свойств твердых бытовых отходов на температурный режим термической переработки

Горинов О.И., Горбунов В.А., Колибаба О.Б., кандидаты техн. наук, Самышина О.В., инж.

Представлены результаты исследования влияния влажности и массовой доли неорганической части твердых бытовых отходов на температурный режим термической переработки, при которых не требуется их предварительной подготовки и привлечения дополнительного источника энергии для их термического разложения. Определен диапазон влажности, при котором возможно термическое уничтожение твердых бытовых отходов.

*Ключевые слова:* твердые бытовые отходы, термическая переработка, температурный режим, влажность.

## Influence of Thermal and Physical Properties of Solid Household Wastes on Temperature Mode of Thermal Recycling

O.I. Gorinov, V.A. Gorbunov, O.B. Kolibaba, Candidates of Engineering, O.V. Samyshina, Engineer

The authors present the research results of humidity effect and mass fraction of the inorganic component of solid household wastes on temperature mode of thermal recycling when preliminary preparation and additional energy source for their thermal decomposition are not required. The authors determine humidity limits which are possible for thermal destruction of solid household wastes.

*Keywords:* solid household wastes, thermal recycling, temperature mode, humidity.

Твердые бытовые отходы (ТБО), являющиеся отходами сферы потребления и образующиеся в результате бытовой деятельности населения, включают в себя пищевые отходы, стекло, бумагу, металл, пластиковую упаковку, тряпье, отходы от ремонта квартир и т.п.

Любые ТБО состоят из трех компонентов: органической и неорганической субстанций и физической воды. Вода обуславливает такое важное свойство ТБО, как влажность. Органическая субстанция (горючая масса) является нетрадиционным возобновляемым источником энергии, поэтому ее исследование представляет особый интерес. Элементарный состав ТБО приведен в табл. 1 [1].

Соотношение органической и неорганической составляющих ТБО непостоянно и зависит от целого ряда факторов: времени года, климатических условий, степени благоустройства зданий и др. При выборе метода и технологии обезвреживания ТБО необходимо иметь полную информацию о морфологическом составе и теплотехнических свойствах среднестатистических ТБО (табл. 2) [4]. Твердые бытовые отходы опасны в санитарно-гигиеническом и пожарном отношении. Они являются благоприятной средой для развития патогенной микрофлоры, питательной средой для насекомых и грызунов – переносчиков инфекций. В условиях достаточного снабжения кислородом начинается аэробное разложение ТБО, сопровождающееся самоподогревом внутренних слоев до температуры 70–90 °С. При этом верхний слой быстро высы-

хает и легко воспламеняется. При большой увлажненности (85–95 %) и недостатке кислорода начинается анаэробное разложение ТБО с выделением сероводорода и таких соединений, как индол и скатол. Выделяющаяся при этом влага приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод. Таким образом, проблема полного уничтожения ТБО актуальна, прежде всего, с точки зрения их отрицательного воздействия на окружающую среду. Кроме этого, ТБО – это богатый источник вторичных энергоресурсов и «бесплатный» энергоноситель.

Таблица 1. Элементарный состав ТБО

Наименование	Процентное соотношение в целом	Процентное соотношение органической части	Процентное соотношение неорганической части
Металл	4,5		5,7
Бумага	22	35	28
Древесина	1,5		
Текстиль	5,5		
Пластмасса	2,0	3,0	2,5
Резина, кожа	1,5		
Пищевые отходы	35	56	44,6
Стекло	7,5		9,6
Керамика, камни	1,5		2
Полимерная пленка	4,0	6,0	7,6
Кости	1,0		
Прочее	14		
Сумма	100	100	100

Таблица 2. Морфологический состав и теплотехнические свойства ТБО

Вид отходов	Элементарный состав, массовая плотность, %						Удельная теплота сгорания на сухую основу Q, кДж/кг
	Влажность, W	Углерод, С	Водород, Н	Кислород, О	Азот, N	Зола, А	
Бумага газетная	6,0	46,2	5,6	40,5	0,05	1,5	19700
Бумага журнальная	4,5	31,5	4,8	36,8	0,07	22,24	12700
Бумага картонная	5,2	41,5	5,4	42,8	0,09	4,8	17300
Бумага упаковочная	3,5	57,2	8,9	29,0	0,12	1,18	27200
Пищевые отходы	39,0	36,5	5,8	16,0	0,68	1,9	29900
Пластмасса (ПВХ)	0,9	-	-	-	-	9,1	36000

Известен ряд методов хранения и переработки ТБО: предварительная сортировка, санитарная земляная засыпка, биотермическое компостирование, сухой пиролиз, огневая переработка.

В основу огневого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. В зависимости от химического состава отходов, дымовые газы могут содержать  $SO_x$ , P,  $N_2$ , HCl, и инертные газы.

Для достижения требуемой санитарно-гигиенической полноты обезвреживания отходов необходимо, как правило, расчетно-экспериментальное определение оптимальной температуры и продолжительности процесса. При этом большую роль играет влажность составляющих ТБО и массовая доля неорганической части.

Целью предлагаемого исследования является определение диапазона влажности и массовой доли неорганической части ТБО, при которых не требуется предварительная подготовка (сортировка и сушка) и привлечение дополнительного источника энергии для термической переработки.

Согласно данным табл. 2, влажность различных компонентов ТБО лежит в пределах 1–40 %. Поэтому преобладание компонентов с большей или меньшей влажностью будет способствовать либо интенсификации, либо замедлению процессов термообработки. На рис. 1, 2 представлены зависимости калориметрической температуры горения от влажности ( $T_k = f(W)$ ) для основных компонентов ТБО, а также для «идеально» перемешанного ТБО среднего состава.

Если действительная температура горения ТБО меньше температуры воспламенения, то полное термическое уничтожение ТБО должно протекать с подводом энергии извне.

Величину действительной температуры горения можно найти исходя из калориметрической температуры горения по формуле

$$t_g = \eta t_k$$

где  $\eta$  – пирометрический коэффициент, полученный на основе экспериментальных данных [7].

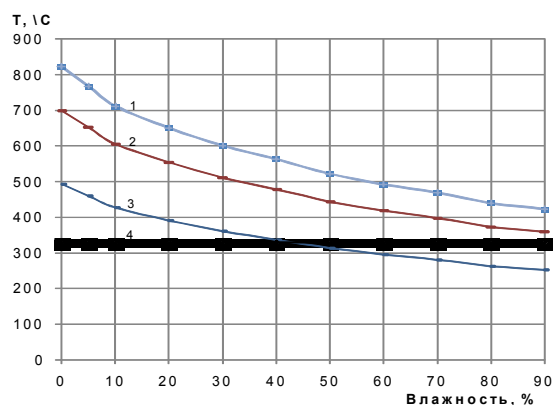


Рис. 1. Зависимость температуры от влажности органической части ТБО: 1 – общая кривая для органической части ТБО; 2 – общая кривая для органической части ТБО с коэффициентом 0,6; 3 – общая кривая для органической части ТБО с коэффициентом 0,85; 4 – температура воспламенения

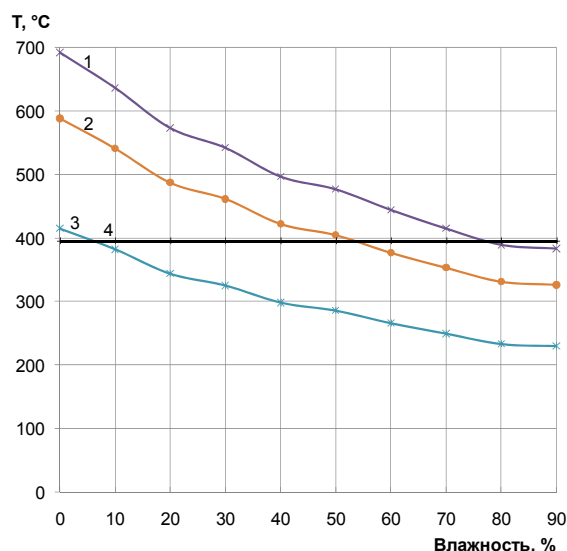


Рис. 2. Зависимость температуры от влажности ТБО среднего морфологического состава: 1 – общая кривая ТБО; 2 – общая кривая для ТБО с коэффициентом 0,6; 3 – общая кривая для ТБО с коэффициентом 0,85; 4 – температура воспламенения

Пирометрический коэффициент зависит от температурного режима и конструкции установки, величины тепловых потерь в окружающую среду, теплотехнических свойств наружных ограждений, от организации процесса горения и его интенсивности. Численные значения пирометрического коэффициента рекомендуется

выбирать в диапазоне от 0,6 до 0,85 для менее и более теплотехнически совершенной установки соответственно.

Анализ полученных зависимостей (рис. 2) показывает, что при средней температуре воспламенения  $t_{\text{восп}} = 396$  °С с учетом доли неорганической части первичная влажность ТБО не должна превышать: 5 % для менее теплотехнически совершенной установки и 50 % для более теплотехнически совершенной установки.

При удалении из ТБО неорганической части их первичная влажность может быть повышена до 40 % в первом случае и до 90 % во втором.

### Заключение

Для среднего состава ТБО при учете органической и неорганической части первоначальная влажность ТБО должна быть не более 5 % в установках термической переработки ТБО без привлечения энергии извне.

В установках термической переработки ТБО, где используется предварительная подготовка по выделению из ТБО негорючей части, первоначальная влажность топлива может быть повышена до 40 %.

### Список литературы

1. **Голубев Д.В., Пряхин В.Н.** Использование ТБО в рамках системы обеспечения безопасности объектов АПК: Мат-лы междунар. науч.-практич. конф. – М., 2006.
2. **Казанцев Е.И.** Промышленные печи. – М.: Металлургия, 1975.
3. [www.bestreferat.ru/referat-91159/html](http://www.bestreferat.ru/referat-91159/html)
4. **Рекомендации** по проектированию пунктов уничтожения твердых бытовых отходов в аэропортах. – М., 1984.
5. **Краткий справочник** физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. – Л.: Химия, 1974.
6. **Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П.** Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1973.
7. **Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я.** Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990.

Горинов Олег Иванович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетике теплотехнологий и газоснабжения,  
e-mail: gorinov@tvp.ispu.ru

Горбунов Владимир Александрович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетике теплотехнологий и газоснабжения,  
e-mail: zamdekana@iff.ispu.ru

Колибаба Ольга Борисовна,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетике теплотехнологий и газоснабжения,  
e-mail: tevp@tvp.ispu.ru

Самышина Ольга Васильевна,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
инженер кафедры энергетике теплотехнологий и газоснабжения,  
e-mail: tevp@tvp.ispu.ru