

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ  
НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПЕРЕРАБОТКИ  
ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТЕКСТИЛЬ,  
ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**THE INFLUENCE OF THE THERMO PHYSICAL PROPERTIES  
OF SOLID HOUSEHOLD WASTES WITH TEXTILE COMPONENTS  
ON THE TEMPERATURE REGIME OF THE THERMAL DECOMPOSITION**

*О.Б. КОЛИБАБА, В.А. ГОРБУНОВ, О.И. ГОРИНОВ, О.В. САМЫШИНА, Р.Н. ГАБИТОВ  
O.B. KOLIBABA, V.A. GORBUNOV, O.I. GORINOV, O.V. SAMYSHINA, R.N. GABITOV*

**(Ивановский государственный энергетический университет)  
(Ivanovo State Power University)**

E-mail: gorinov@tvp.ru; tevp@tvp.ispu.ru

*Представлены результаты исследования влияния влажности и массовой доли неорганической части ТБО на температурный режим термической переработки, при которых не требуется предварительная подготовка ТБО и привлечение дополнительного источника энергии для их термического разложения. Определен диапазон влажности, при котором возможно термическое уничтожение ТБО.*

*The influence of humidity and mass fraction of the inorganic component of solid household wastes where preliminary preparation and additional energy source for thermal decomposition is not required was investigated. The range of humidity of possible thermal decomposition was determined.*

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

**Keywords:** solid household wastes, thermal decomposition, temperature regime, humidity.

Важной задачей настоящего времени является решение проблемы утилизации твердых отходов, особенно бытовых. Это позволит уменьшить нагрузку на биосферу, получить дополнительный источник полезной продукции и энергии. Во многих странах мира твердые бытовые отходы (ТБО) являются неотъемлемой составляющей приходной части топливно-энергетического баланса.

ТБО – это отходы сферы потребления, образующиеся в результате бытовой деятельности населения. К ТБО относят не только муниципальные отходы, но и отходы торговых предприятий, ресторанов, учреждений, муниципальных служб и т.п.

ТБО представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава, включающую в себя: пищевые и растительные отходы, макулатуросодержащие и текстильные компоненты, пластмассы, кожу, резину, дерево, черные и цветные металлы, стекломой, камни, кости (табл. 1) [1]. При этом негорючую составляющую не всегда возможно выделить.

Процентные соотношения морфологического состава ТБО весьма условны, так как на соотношение составляющих оказывают влияние степень благоустройства жилого фонда, сезонность, климатические условия и др.

Таблица 1

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Металл	3,5...5,5	2,5...4,5	3,5...5,5
Бумага	32...35	22...30	26...35
Древесина	1...2	1...2	2...5
Текстиль	3...5	3...5	4...6
Пластмасса	3...4	3...6	3...4
Резина, кожа	0,5...1	1	2...3
Пищевые отходы	35...45	40...49	32...39
Стекло	2...3	2...3	4...6
Керамика, камни	0,5...1	1	1...3
Кости	1...2	1...2	1...2
Прочее	1...2	3...4	1...2

Исследовательскими лабораториями НИИСтромкомпозит [2] были проведены многолетние наблюдения за количественной и качественной динамикой формирования ТБО в городах и населенных пунктах. При изучении морфологического состава отходов сотрудниками института было выделено более 1000 различных ингредиентов. На первом месте по количеству видов являются отходы текстиля – до 200 ингредиентов. Отходы бумаги и пищевые отходы вместе добавляют до 150 ингредиентов. При этом доля того или иного вида отходного материала в общей массе ТБО не связана с количеством ингредиентов в группе. В морфологическом составе ТБО текстиль в процентном отношении занимает четвертое место после пищевых отходов, бумаги и пластмассы.

Любые ТБО состоят из трех компонентов: органической и неорганической составляющих и воды. Вода обуславливает такое важное свойство ТБО, как влажность. Органическая составляющая (горючая масса) является нетрадиционным возобновляемым источником энергии, поэтому ее исследование представляет особый интерес.

Известны методы хранения и переработки ТБО, которые можно разделить на две группы: механико-биологические и термические.

К *механико-биологическим методам* относятся: компостирование отходов после предварительной сортировки; механизированная сортировка, сушка и уплотнение отходов для экологически безопасного захоронения на специальных полигонах (депонирование); сортировка отходов, произво-

димая населением, и распределение по предприятиям переработки вторичного сырья (текстильные отходы).

Сортировку текстильных отходов проводят (в основном бытового потребления) – для удаления нетекстильных элементов изделий (застежек, кнопок, молний и других элементов фурнитуры). Обычно сортировку осуществляют вручную, с применением малой механизации: сортировочных столов, оборудованных дисковыми и ленточными ножами. Обязательная при переработке текстильных отходов трудоемкая стадия ручной сортировки и ручного удаления текстильной фурнитуры из первоначальной массы отходов, по-видимому, является основной причиной отсутствия в мировой практике налаженной системы переработки текстильных бытовых отходов. Лишь в некоторых странах практикуется сбор у населения отходов по сортам (макулатура, тряпье, стеклотара и др.), чем предотвращается попадание в ТБО ценных текстильных компонентов, которые могут быть переработаны и использованы повторно.

Многочисленные эксперименты по селективному сбору компонентов ТБО у населения показали нерентабельность сортировки всех ТБО на месте их образования в бытовых условиях (слабая активность населения, большие трудозатраты, невозможность повсеместного внедрения) и невозможность решения этим методом проблемы ТБО, общее количество которых увеличивается на 3...4% ежегодно. Из-за возрастающего количества ТБО проблема не может быть решена непромышленными методами.

Термические методы включают: сжигание, пиролиз, плазмолиз, газификацию и комбинированные методы.

При выборе метода и технологии обезвреживания ТБО необходимо иметь полную

информацию о морфологическом составе (табл. 1) и теплотехнических свойствах среднестатистических ТБО (табл. 2) [3].

Т а б л и ц а 2

Вид отходов	Элементарный состав, массовая плотность, %				Удельная теплота сгорания на сухую основу Q, кДж/кг
	влажность, W	плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	доля летучих веществ V, %	зола А	
Ткань нейлоновая	1,7	102	100	0,13	30700
Ткань шерстяная	1,59	171	81	11,4	25700
Хлопок	6,6	504	90,3	4,8	18000
Полиэтилентерефталат (лавсан)	0,3	1330	89	1,18	44600
Пищевые отходы	39,0	-	17	1,9	29900
Пластмасса(ПВХ)	0,9	146	85	9,1	36000
Бумага	6,0	-	80	1,5	19700

Наиболее эффективными являются термические методы. Они позволяют почти в 10 раз снизить объем отходов, вывозимых на свалки, причем несгоревший остаток не содержит органических веществ, вызывающих гниение, самопроизвольное возгорание и опасность эпидемий.

Особое внимание привлекает концепция "энергетического баланса", предложенная рабочей группой Всемирного энергетического совета: полученная энергия должна покрывать энергетические затраты на саму переработку мусора. Поэтому выбор технологии чаще всего определяется балансом производимой и потребляемой энергии.

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 ТБО и массовая доля неорганической части.

Целью данного 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.

Из табл. 2 видно, что влажность различных компонентов ТБО лежит в пределах 1...40%. Поэтому преобладание компонен-

тов с большей или меньшей влажностью будет способствовать либо интенсификации, либо замедлению процессов термической переработки.

Расчетные зависимости калориметрической температуры горения от влажности для текстильных компонентов ТБО приведены на рис. 1 (зависимость температуры от влажности для текстильных компонентов ТБО: 1 – хлопок; 2 – шерсть; 3 – лавсан; 4 – нейлон; 5 – температура воспламенения), а для органической части ТБО в целом – на рис. 2 (зависимость температуры от влажности для органической части ТБО среднего морфологического состава: 1 – кривая для органической части ТБО; 2 – кривая для органической части ТБО с пирометрическим коэффициентом 0,85; 3 – кривая для органической части ТБО с пирометрическим коэффициентом 0,6; 4 – температура воспламенения). На рис. 3 (зависимость температуры от влажности для ТБО среднего морфологического состава с учетом неорганики: 1 – общая кривая ТБО; 2 – общая кривая для ТБО с пирометрическим коэффициентом 0,85; 3 – общая кривая для ТБО с пирометрическим коэффициентом 0,6; 4 – температура воспламенения) представлена зависимость температуры от влажности для "идеально" перемешанного ТБО среднего морфологического состава с учетом неорганической части.

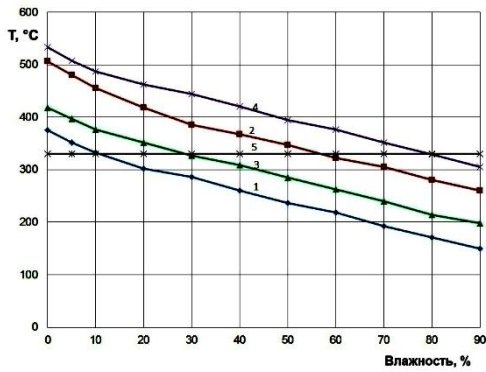


Рис. 1

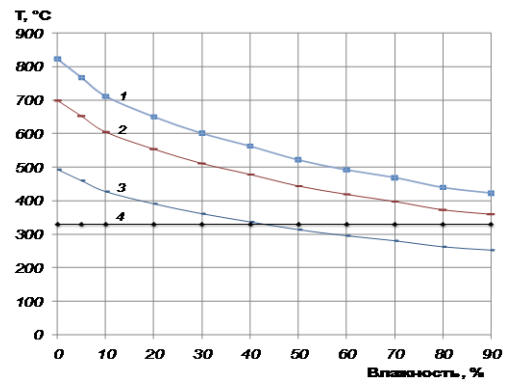


Рис. 2

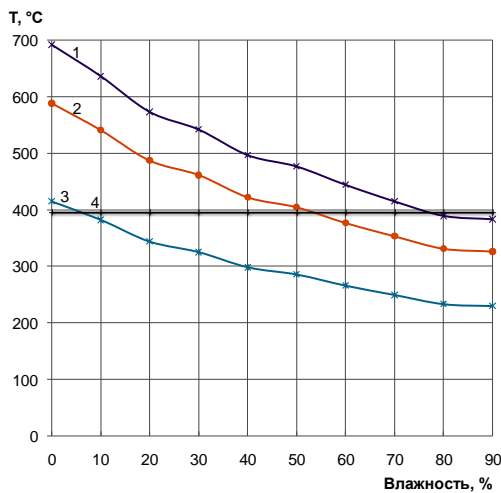


Рис. 3

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:

$$t_d = \eta t_k,$$

где  $\eta$  – пирометрический коэффициент, полученный на основе экспериментальных данных [4].

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.

Из рис. 3 видно, что при средней температуре  $t_{восп} = 360^\circ\text{C}$  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.

## ВЫВОДЫ

1. 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.

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев Д.В., Пряхин В.Н. Использование ТБО в рамках системы обеспечения безопасности объектов АПК // Мат. Междунар. научн.-практ. конф. – М., 2006.
2. Термическая утилизация твердых бытовых отходов. Концепция НИИСтромкомпозит. – Красноярск, 2006.

3. Рекомендации по проектированию пунктов уничтожения твердых бытовых отходов в аэропортах. – М., 1984.

4. *Стаскевич Н. Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я.* Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990.

#### REFERENCES

1. Golubev D.V., Prjahn V.N. Ispol'zovanie TBO v ramkah sistemy obespechenija bezopasnosti ob"ektov APK // Mat. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. – М., 2006.

2. Termicheskaia utilizacija tverdyh bytovyh othodov. Konceptija NIISTromkompozit. – Krasnojarsk, 2006.

3. Rekomendacii po proektirovaniju punktov unichtozhenija tverdyh bytovyh othodov v ajeroportah. – М., 1984.

4. Staskevich N. L., Severinec G.N., Vigdorichik D.Ja. Spravochnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza. – L.: Nedra, 1990.

Рекомендована кафедрой энергетики теплотехнологий и газоснабжения. Поступила 12.05.15.

---