

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ  
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.  
НЕУГЛЕРОДНАЯ И МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

УДК 620.93

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ  
ОТХОДОВ В ТЕРМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ ШАХТНОГО ТИПА**

**RESEARCH OF SOLID WASTE PYROLYSIS IN THE THERMAL  
REACTOR OF MINE TYPE**

Артемяева В. А., Габитов Р. Н., Колибаба О. Б.  
Ивановский государственный энергетический университет, г. Иваново,  
tevp@tvp.ispu.ru

Artemieva V.A., Gabitov R. N., Kolibaba O. B.  
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

**Аннотация:** В работе был исследован процесс пиролиза твердых бытовых отходов среднего морфологического состава, с целью определения эффективной теплоты пиролиза.

**Abstract:** In this work was to investigate the process of pyrolysis of municipal solid waste morphological composition of medium, in order to determine the effective heat of pyrolysis.

**Ключевые слова:** *пиролиз; термогравиметрические кривые; дифференциально-сканирующая калориметрия; термогравиметрический анализ*

**Key words:** *pyrolysis; thermogravimetric curves; differential scanning calorimetry; thermogravimetric analysis*

Твердые бытовые отходы (ТБО) в Российской Федерации, представляют собой грубую механическую смесь самых разнообразных материалов и гниющих продуктов, отличающихся по физическим, химическим и механическим свойствам и размерам. По качественному составу ТБО подразделяются на: бумагу (картон); пищевые отходы; дерево; металл черный; металл цветной; текстиль; кости; стекло; кожу и резину; камни; полимерные материалы. Высокое содержание органической составляющей позволяет использовать ТБО в качестве топлива для установок термической переработки.

Переход на предлагаемый вид топлива для решения проблем энергоснабжения промышленности и ЖКХ должен сопровождаться применением передовых энергоэффективных технологий на базе пиролиза или газификации исходного сырья и последующей комбинированной выработки электрической и тепловой энергии в цикле ПГУ [1].

Кроме того, оценка возможности переработки твердых бытовых отходов дает широкие перспективы их энергетического использования, однако существует множество факторов, оказывающих определенное влияние на эффективность использования ТБО.

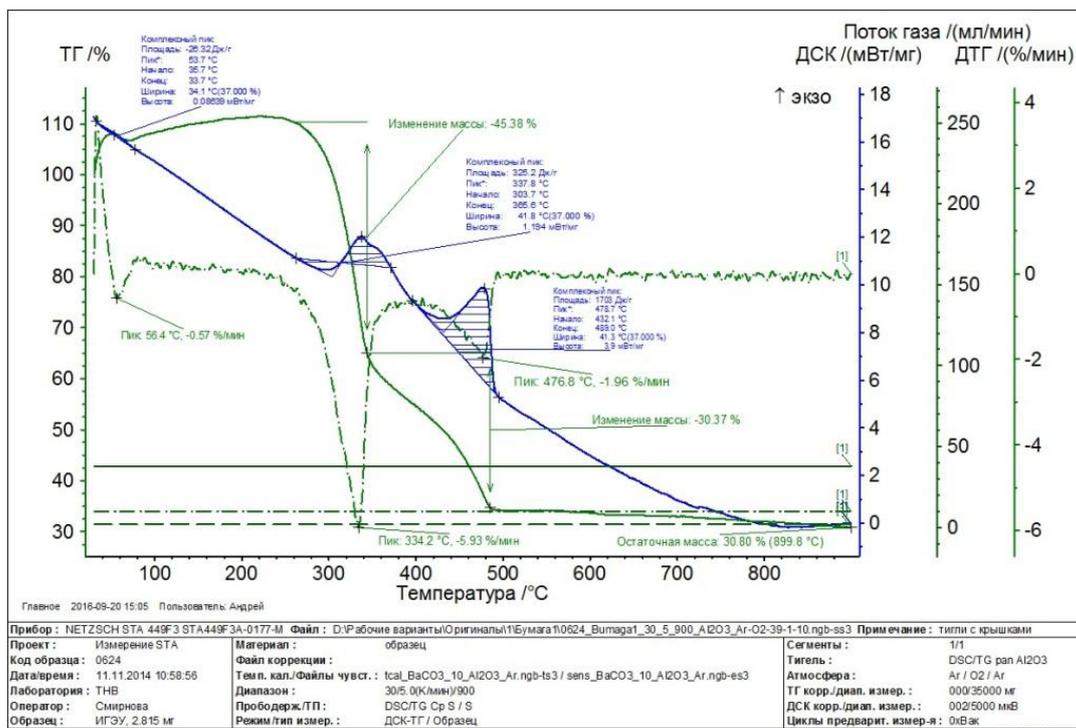
Учитывая эти аспекты, исследование процесса пиролиза позволяет определить оптимальные условия реализации данного процесса, чтобы получить наибольший выход теплоты. Изучение влияния различных факторов на эффективность сжигания органического топлива является весьма актуальной задачей. Для ее решения используют методы термического анализа [2, 3].

Нами было произведено исследование процесса низкотемпературного пиролиза [4] нескольких образцов ТБО, содержащих бумагу, ткань, пленку и картофель при различном содержании кислорода с предварительной сушкой образцов с помощью синхронного термического анализатора NETZSCH STA 449 F3 Jupiter, с последующим детальным анализом выделяющихся летучих продуктов с помощью QMC 403 с газовой кюветой.

Термоанализатор STA 449 F3 Jupiter работает под управлением программного пакета Proteus, с помощью которого проводились все необходимые измерения и обработка полученных результатов. Результатом термической обработки образцов являлись ТГ, ДТГ и ДСК кривые, строящиеся в автоматическом режиме, и обрабатываемые с помощью программного пакета Proteus, поставляемого совместно с установкой.

На рисунке приведены экспериментальные кривые ДСК, ТГ и ДТГ для бумаги в процессе пиролиза.

Изменение массы образцов в процессе нагрева можно разбить на несколько характерных областей. Первая область, соответствующая интервалу температур от комнатной до 200 °С, характеризуется незначительным изменением массы образцов (от 0,5 до 8 %), связанным с выходом физической воды с поверхности и из пористой структуры материала. При дальнейшем повышении температуры, начиная с 220 °С, происходит достаточно быстрое уменьшение массы, обусловленное интенсивным выходом летучих компонентов газа. При достижении температуры порядка 400 °С процесс термической деструкции замедляется. По достижении 600 °С процесс пиролиза ТБО прекращается. Результаты экспериментального исследования приведены в таблице.



Кривые ДСК, ТГ и ДТГ для бумаги при содержании  $O_2=1\%$  в атмосфере по температуре

### Полученные параметры экспериментов

№ образца	Материал	$O_2$ , %	Остаточная масса, %	Теплота процесса пиролиза, Дж/г	Скорость убыли массы, %/мин
1	Бумага	1	30,80	2054,52	5,93
2	Картофель	1	2,41	3170,81	5,27
3	Ткань	1	14,34	1544,99	10,24
4	Полиэтилен	1	10,01	1760,4	6,67
5	Бумага	10	6,57	3861,83	9,69
6	Картофель	10	6,69	5074,82	4,13
7	Ткань	10	13,43	3052,35	8,60
8	Полиэтилен	10	9,96	3538,93	5,16

Определение эффективных теплот процесса пиролиза позволяет рассчитать режимные и конструктивные параметры установки по переработке ТБО.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований определены значения теплоты пиролиза ТБО при содержании кислорода 1 % и 10 %.

2. Определены диапазоны оптимальных температур с максимальным выделением пиролизных газов.

#### Список использованных источников

1. Федюхин А. В. Разработка систем комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на основе исследования процессов пиролиза и газификации биомассы : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.04 / Федюхин Александр Валерьевич; [Место защиты: Иван. гос. энергет. ун-т]. Москва, 2014. 157 с.
2. Уэндландт У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978. 527 с.
3. Barneto A. G., Carmona J. A., Alfonso J. M. and Ferrer J. C. Use of thermogravimetry/mass spectrometry analysis to explain the origin of volatiles produced during biomass pyrolysis // Ind. Eng. Chem. 2009. Vol. 48. P. 7430-7436.
4. Kosov V. V., Kosov V. F., Maikov I. L., Sinelshchikov V. A., Zaichenko V. M. High calorific gas mixture produced by pyrolysis of wood and peat // The Proceedings of 17th European Biomass Conference and Exhibition. Hamburg, Germany. 2009. P. 1085-1088.

УДК 621.311

## СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

### SOLAR ENERGY

Бабаянц М. Т., Перельгина А. В., Орехова Т. С.  
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный  
технологический университет), г. Владикавказ, orehova.93@list.ru

Babayants M. T., Perelygina A. V., Orehova T. S.  
North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological  
University), Vladikavkaz

**Аннотация:** В работе рассматривается солнечная энергетика как возобновляемый источник энергии, ее перспективы. Представлен рост солнечной энергетики по всему миру. Проведен обзор установленных мощностей в крупных мировых странах.

**Abstract:** In the article solar energy as a renewable energy source is being examined. The growth of solar energy around the world, its advantages and the installed capacity in the world's major countries are being analyzed.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика; фотоэлектрические модули; мощность, солнечные батареи.

**Keywords:** solar energy; photovoltaic modules; power; solar panels.