

**Министерство образования и науки РФ
Российская академия архитектуры
и строительных наук
Ассоциация строительных вузов
Правительство Белгородской области
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»**

**Международная
научно-практическая конференция
НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ
(XXII научные чтения)**



**Сборник докладов
Белгород 6 – 7 октября 2016 г.**

Белгород 2016

ОСОБЕННОСТИ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.,

Щекин И.И., аспирант,

Корнилова Н.В., ст. преподаватель,

Гришко Б.М., ст. преподаватель

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В настоящее время не существует экономически эффективного и одновременно экологически безопасного решения для утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) [1–3]. Существующая система управления отходами в России ориентирована преимущественно на их захоронение на полигонах. Это приводит к выводу из использования больших земельных площадей, загрязнению атмосферы биогазом и токсичными продуктами горения при самовозгорании отходов, а почвы и водоемов – токсичной жидкостью («фильтратом»), образующейся в слое отходов [2].

Сжигание бытового мусора является наиболее привычным и широко распространенным способом его утилизации. В мире действуют около 1500 мусоросжигательных заводов, из них около трети – в Европе (табл. 1), где сжигается около 16% отходов, в основном с выработкой тепловой энергии и незначительно – с выработкой электроэнергии [4]. В США объем сжигаемых ТБО после 2000-х годов стал сопоставим с объемом отходов, размещаемых на полигонах (рис. 1). Сжигание бытового мусора, помимо снижения объема и массы, позволяет получать дополнительные энергетические ресурсы, которые могут быть использованы для централизованного отопления и производства электроэнергии. Кроме того, складирование оставшейся части твердых отходов после сжигания экологически безопасно и требует в 10 - 12 раз меньше площади. Так же сжигание отходов является наиболее эффективным видом нетрадиционных источников энергии с экономической точки зрения (рис. 2).

Существуют три основных метода сжигания твердых отходов – слоевое (с неподвижной и подвижной колосниковой или цепной решёткой); пылевидное (во взвешенном или кипящем слое) и в пиролизных котлах. Первый метод более прост в реализации, не требует предварительной подготовки мусора, отличается высокой надежностью, но второй позволяет получить более полное сгорание отходов. По

материалам ряда источников пиролиз наиболее экономически эффективен и оказывает наименьшее влияние на окружающую среду [6]. Однако об эффективности сухого пиролиза при сжигании твердых бытовых и некоторых промышленных отходов мнения специалистов расходятся [7].

Таблица 1 – Структура утилизации ТБО в Европе [4]

Страна	Общий объем отходов	Охват населения	Вторичная переработка	Компостирование	Сжигание с получением энергии	Сжигание, всего	Захоронение на полигонах	Другое
Австрия	3 096	100%	34%	15%	15%	15%	29%	7%
Бельгия	5 473	100%	22%	16%	23%	27%	32%	...
Чешская республика	3 434	100%	...	...	...	...	...	0%
Дания	3 546	100%	22%	16%	52%	52%	10%	...
Финляндия	2 400	100%	...	...	8%	8%	60%	...
Франция	30 744	100%	10%	8%	28%	33%	48%	...
Германия	44 094	100%	34%	7%	0%	21%	37%	1%
Греция	3 900	85%	8%	0%	...	...	91%	...
Венгрия	4 084	85,1%	...	...	9%	9%	91%	...
Исландия	192	99%	9%	2%	3%	9%	81%	...
Ирландия	2 302	...	8%	1%	...	...	91%	...
Италия	27 425	100%	7%	9%	4%	6%	78%	...
Люксембург	227	100%	0%	15%	59%	59%	26%	...
Нидерланды	9 691	100%	23%	24%	41%	41%	13%	...
Норвегия	2 755	99%	22%	9%	15%	15%	55%	...
Польша	12 226	...	0%	2%	...	...	98%	...
Португалия	4 531	96%	6%	6%	21%	21%	67%	...
Словакия	1 706	96%	2%	5%	12%	12%	62%	19%
Испания	18 377	...	5%	18%	5%	6%	72%	...
Швеция	4 000	100%	25%	8%	35%	35%	33%	...
Швейцария	4 681	99%	32%	14%	48%	48%	6%	...
Великобритания	33 200	...	9%	2%	8%	8%	81%	0%
Россия	26 000	73%	...	1%	...	4%	95%	...
Всего	248 084	...	13%	8%	11%	16%	61%	1%



Рисунок 1 – Соотношение способов переработки бытовых отходов в США [4]

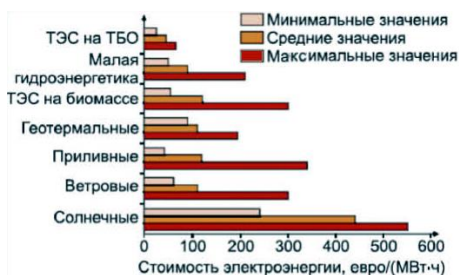


Рисунок 2 – Общая себестоимость получения энергии на электростанциях различного вида на основе возобновляемых источников энергии [5]

В табл. 2 приведено средний состав различных топлив, откуда видно, что по теплотворной способности бытовые отходы (RDF-топливо) уступают каменному углю всего в 2 раза и имеют такую же теплоту сгорания, как древесина и бурый уголь.

Таблица 2 – Характеристики различных видов топливах

Показатель	Ед. изм.	RDF - топливо	Древесина	Бурый уголь	Каменный уголь
Влажность W _P	%	7,0...25,5	5...30	20...30	до 12%
Зольность A _P	%	14,0...17,3	1	10...25	до 30%
Выход летучих	%	64,2...78,0	68	45...65	до 32%
Низшая теплота сгорания	ккал/кг	3800...4850	3500	5250...7400	5500...8000
	МДж/кг	15,9...20,3	14,5	22...31	23...33,5
Общий углерод С	%	46,0±1,0	40,5	60...75	75...95
Общий водород Н	%	6,3±0,3	5	6	4...6
Азот N	%	0,27±0,01	0,1	0...2	до 2,7%
Общая сера S	%	8,30±0,03	–	0,5...3	0,7...4
Хлор Cl	%	0,80±0,02	–	–	–
Кислород	%	39,0±1,5	34	17...34	16

Главный недостаток прямого сжигания – загрязнение атмосферы вредными выбросами при избытке кислорода в зоне горения и низкой температуре горения. Но например в работе [7] утверждается, что захоронение отходов на свалках более опасно, чем переработка сжиганием. Опыт Швеции показывает, что, несмотря на рост в течение последних лет объемов бытовых отходов, выброс диоксинов в атмосферу с мусоросжигательных заводов составляет всего 5-6% от всех выбросов, т.е. столько же, сколько и при ранее имевших место пожарах на свалках [4].

Термическое обезвреживание отходов на современном уровне развития науки и техники гарантирует практически полное разрушение находящихся в отходах органических вредных веществ [8]. Но для этого необходимо обеспечить высокие температуры. Согласно Директиве Европейского Парламента и Совета 2000/76/ЕС «О сжигании отходов»

экологическим требованиям удовлетворяют установки, в которых продукты горения находятся не менее 2 с при температуре не менее 850°C, или если сжигаются опасные отходы с содержанием более 1% галогенных органических соединений, выраженных как хлорин, температура должна быть минимум 1100°C.

Способами повышения температуры горения отходов и снижения вредных выбросов являются:

- предварительный подогрев отходов и воздуха за счёт теплоты отходящих газов;
- обогащение воздуха, идущего на сгорание, кислородом;
- использование дополнительного топлива (дополнительное сжигание в топке природного газа или подмешивание в отходы угля с высокой теплотой сгорания).

В табл. 3 приведена концентрация вредных веществ при сжигании ТБО как на зарубежных и отечественных мусоросжигательных заводах, так и полученная авторами при испытаниях водогрейных отопительных котлов малой производительности, эксплуатируемых ТК «Экотранс» (г. Белгород), при сжигании отходов разного вида.

Таблица 3 – Концентрация вредных веществ в неочищенных отходящих газах при сжигании ТБО, мг/м³

Вещество	Типичные концентрации на зарубежных заводах [9]	Мусоросжигательный завод № 2 [9]	Водогрейные котлы малой мощности ТК «Экотранс»	
			Пиролизный	С колосниковой решеткой
NO _x	75–600	320	1,2–96	18,6–27,4
CO	<30	30	94–267	582–920
SO ₂	50–400	120	0–6,44	Не определялось
HCl	50–1000	120	0,151–1,73	Не определялось

Как видно из результатов измерений, котлы малой производительности по выбросам вредных веществ сопоставимы с налагами, но при этом характеризуются более низкой эффективностью горения (большое количество CO). При сжигании отходов в пиролизных котлах вредных веществ образуется в 2–10 раз меньше, чем при слоевом сжигании.

Можно сделать вывод, что теплотехнические свойства отходов сопоставимы с традиционными видами топлив. Главным требованием

при сжигании отходов является обеспечение необходимого режима горения, то есть теплотехническая организация и контроль процессов [10]. При выполнении этих требований экологическая опасность сжигания отходов не будет превышать последствия от их захоронения на полигонах.

Список литературы:

1. Левин Б.И. Использование твердых бытовых отходов в системах энергоснабжения. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.
2. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.
3. Кожевников В.П., Токач Ю.Е., Огнев М.Н. Современные решения по переработке твердых бытовых отходов в БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 172-174.
4. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. С.Пб.: НП РЭП, 2004. 73 с.
5. Тугов А.Н. Перспективы энергетической утилизации ТБО // Энергосовет. 2014. № 4 (35). С. 31–35.
6. Коровин И.О. Исследование пиролизной утилизации углеродсодержащих твердых бытовых отходов: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень. 2003. 159 с.
7. Kasakura Tadao, Hiraoka Masakatsu // Water Res.. 1982. V. 16. N 1. P. 1569-1575.
8. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9–2015. М.: Бюро НДТ, 2015. 249 с.
9. Тугов А.Н., Москвичев В.Ф. Энергия из мусорного бака // Энергоэффективность и энергосбережение. 2012. № 4. С. 9-13.
10. Трубаев П.А., Гришко Б.М., Украинский В.А., Сухорослова В.В. Исследование процессов теплообмена в материалах и аппаратах цементной технологии. Белгород: Изд-во БГТУ, БИЭИ, 2013. 190 с.