

Энергия из мусорного бака

Как превратить отходы в электрическую и тепловую энергию? Разговор об этом мы начали в № 7 журнала за 2011 г. статьей «Похороны на полигоне», в которой шла речь о законодательных и организационных аспектах проблемы. Предлагаемая вниманию читателей публикация посвящена российскому опыту создания наиболее доступного альтернативного источника энергии для больших городов — **ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОТХОДАХ.**



Андрей Тугов,
► к. т. н., ОАО «ВТИ»



Виктор Москвичев,
► к. т. н., ОАО «ВТИ»

Одним из наиболее экономически целесообразных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются тепловые электростанции, на которых сжигают твердые бытовые (муниципальные) отходы (ТБО) — ТЭС на ТБО.

Как известно, твердые бытовые отходы — топливо, которое по те-

плоте сгорания сопоставимо с торфом и некоторыми марками бурых углей; образуется в местах, где электроэнергия наиболее востребована, т. е. в крупных городах, и, пока существует человечество, имеет гарантированное предсказуемое возобновление. Работа ТЭС на ТБО не зависит от природных условий и географического расположения (в отличие, например, от солнечных, ветровых, приливных или геотермальных установок) и в результате ее эксплуатации, помимо выработки энергии, решается важная социальная задача — утилизируются образующиеся в процессе жизнедеятельности человека отходы.

Больше отходов — больше пользы

В первое десятилетие XXI в. в мире устойчиво прослеживается тенденция увеличения количества отходов, утилизируемых термическими методами. Так, например, по имеющимся в распоряжении авторов данным, в период с 1998 по 2007 г. суммарная производительность предприятий для термической переработки отходов увеличилась в Германии и Франции примерно в 1,4 раза, а в Италии — более чем в 2,3 раза.

По данным Конфедерации европейских электростанций, работающих на отходах (Confederation of European Waste-to-Energy Plant,

CEWER), в Европе уже сейчас ежегодно сжигается 69 млн т твердых бытовых отходов и вырабатывается более 28 млрд кВт·ч электроэнергии и примерно 69 млрд кВт·ч тепловой энергии. Это позволяет экономить от 7 до 38 млн т органического топлива и предотвращать выбросы парниковых газов (в пересчете на CO₂) до 37 млн т в год. В США ежегодно сжигается около 33,5 млн т ТБО в год с производством более 17 млрд кВт·ч электроэнергии.

Наблюдается рост количества строящихся предприятий для сжигания ТБО в Китае, Южной Корее, Индии и других странах, где до этого метод термической утилизации ТБО широко не применялся. Так, например, в Китае в 2007 г. уже находилось в эксплуатации 55 заводов для сжигания ТБО общей установленной мощностью около 16 млн т отходов в год (средний возраст этих заводов составлял менее 8 лет, т. е. до 2000 г. заводов для сжигания ТБО в Китае практически не было). В 2010 г. суммарная мощность сжигания ТБО в Китае достигла 24 млн т в год, и по этому показателю Китай опередил Германию (суммарная мощность сжигания ТБО в Германии составляла в 2007 и 2010 гг. соответственно 18 и 21 млн т в год). В ближайшей перспективе в Китае намечено строительство еще 60 заводов (планируется ежегодный прирост мощностей порядка 4 млн т отходов).

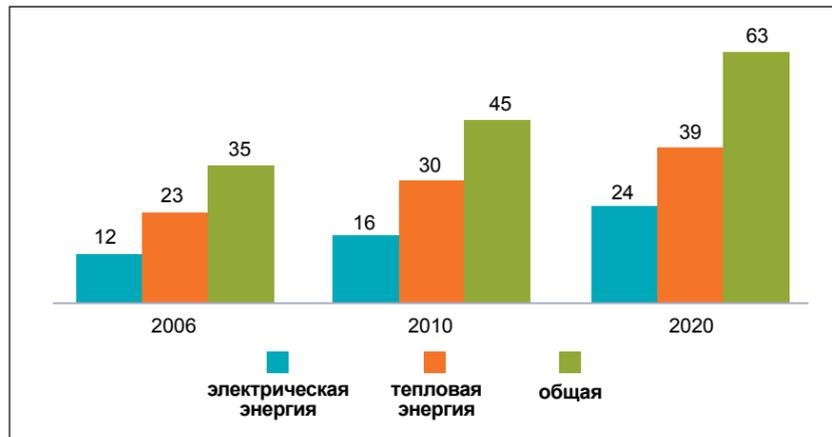


Рис. 1. Выработка электрической и тепловой энергии в Европе, млрд кВт·ч

Производство энергии за счет сжигания отходов на душу населения в 2001 г. было самым высоким в Швеции, Дании и Норвегии.

Вид производимой энергии (тепловой или электрической) зависит от местных требований и технологических особенностей. В общем плане можно отметить, что в Европе в начале XXI в. примерно 70 % заводов производили тепловую энергию для теплосети и 30 % вырабатывали электроэнергию. В последнее время доля выработки электроэнергии несколько повышается (рис. 1). Тенденция повышения этой доли прогнозируется и в дальнейшем.

Оптимальный выбор типа производимой энергии зависит от местных потребностей в тепловой и электрической энергии, мощности предприятия, существующих тарифов на покупку энергии и т. д. и существенно влияет на стоимость и экономичность эксплуатации завода в целом.

Так, например, оценочные расчеты для ТБО с теплотой сгорания 10 МДж/кг показывают, что общие удельные расходы на строительство завода при увеличении его мощности с 100 до 300 тыс. т ТБО в год уменьшаются примерно на 25–35 %. Выручка от продажи вырабатываемой энергии в первую очередь зависит от типа и качества продаваемой энергии. Так, например, в Австрии электроэнергия покупается по цене 45 евро за 1 МВт·ч

при гарантированном обеспечении ею потребителя, и 25 евро за 1 МВт·ч, если поставка электроэнергии зависит от режима работы поставщика. Тарифы на отпуск тепловой энергии составляют 10 и 6 евро за 1 МВт·ч соответственно.

Что общего у Москвы и Челябинска?

Россия в деле энергетической утилизации ТБО делает пока только первые шаги. В 2001 г. после реконструкции введен в эксплуатацию московский спецзавод (МСЗ) № 2, на котором установлены три турбоагрегата электрической мощностью 1,2 МВт. Это первая в России теплоэлектростанция, основным топливом которой являются ТБО. До этого немногочисленные российские предприятия для сжигания отходов использовали выделяемую энергию для покрытия собственных теплофикационных нужд, а излишки отпускали в тепловые городские сети. Первая попытка объединить усилия энергетиков и коммунальных служб была предпринята в Челябинске, где в 1996 г. было начато строительство завода «Термоэкология», основной задачей которого была не только термическая переработка ТБО, но и удовлетворение потребностей близлежащих



Рис. 2. Челябинский завод для термической переработки ТБО «Термоэкология», проектной производительностью 150 тыс. т отходов в год (по состоянию на 2006 г.): каркас котла; административный корпус

промпредприятий в технологическом паре. Работа завода предусматривалась в единой системе с расположенной рядом Челябинской ТЭЦ-2, что обеспечивало значительную экономическую эффективность его эксплуатации. Всероссийский теплотехнический институт разработал технологический регламент и участвовал в проектировании этого завода. Однако в силу ряда причин, прежде всего финансовых, строительство завода было приостановлено (рис. 2).



Рис. 3. Общий вид МСЗ № 4 «Руднево»

Таблица 1. Действующие московские ТЭС на ТБО

Наименование	Производительность по перерабатываемым ТБО, тыс. т/год	Располагаемая электрическая мощность, МВт	Тип турбины	Тип конденсатора
МСЗ № 2	130,0	3,6 (3×1,2)	П-1,2-13/6	ВКУ ¹
МСЗ № 3	360,0	11,0 (1×11,0)	с противодавлением	–
МСЗ № 4 «Руднево»	280,0	12,0 (2×6,0)	П-6-1,6/0,5	КП ²

Примечание: 1) ВКУ – конденсатор пара с воздушным охлаждением; 2) КП – конденсатор пара с испарительной градирней.

В дальнейшем строительство новых объектов по термической утилизации отходов с получением тепловой и электрической энергии велось только в Москве. Кроме упомянутого МСЗ № 2 в 2000-х гг. введены в эксплуатацию еще два предприятия для сжигания ТБО с выработкой электроэнергии: МСЗ № 4 (рис. 3) (установленной электрической мощностью 12 МВт) и МСЗ № 3 (11 МВт) (табл. 1).

Кроме представленных в табл. 1 объектов, постановлением Правительства Москвы № 313-ПП от 22.04.2008 «О развитии технической базы городской системы обращения с коммунальными отходами в городе Москве» в столице предусматривалось строительство еще шести новых заводов для утилизации ТБО с получением тепловой и электрической энергии. К сожалению, реализация данного постановления в настоящее время приостановлена. По официальной версии – в силу протестных заявлений экологов, поддержанных общественностью, выступающей против сжигания отходов как наносящего ущерб окружающей среде и здоровью людей. Однако истинная причина, по-видимому, кроется в чем-то другом. Опыт многолетней промышленной эксплуатации зарубежных и отечественных ТЭС, работающих на ТБО, показал, что принятые меры по очистке дымовых газов от вредных выбросов достаточны для соблюдения требований европейской Директивы по сжиганию отходов 2000/76/ЕС. В качестве примера на рис. 4 пред-

ставлены данные французской фирмы КНИМ по нормируемым и эксплуатационным величинам различных составляющих вредных выбросов с дымовыми газами на примере своих установок, поставляемых в различные страны мира, в том числе и в Россию на МСЗ № 2. Сравнение этих величин показывает, что эксплуатационные значения более чем в два раза ниже предельных значений выбросов, установленных ЕС.

Результаты измерений, выполненных Всероссийским теплотехническим институтом на действующих московских предприятиях, также показывают соответствие принятым в ЕС нормативам по всем регламентируемым значениям, которые, кстати, намного жестче, чем установленные в России для обычных ТЭС.

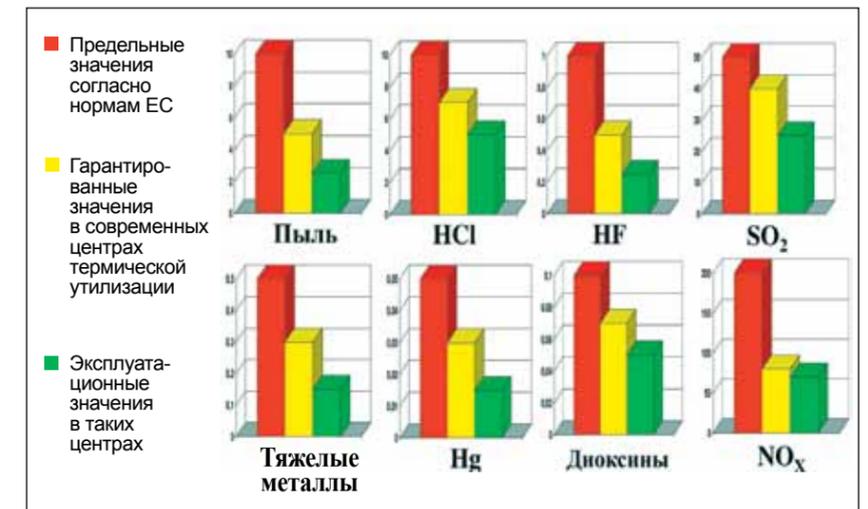


Рис. 4. Сравнение значений выбросов по различным загрязняющим веществам (по вертикали – концентрация вредных веществ, относительные значения)

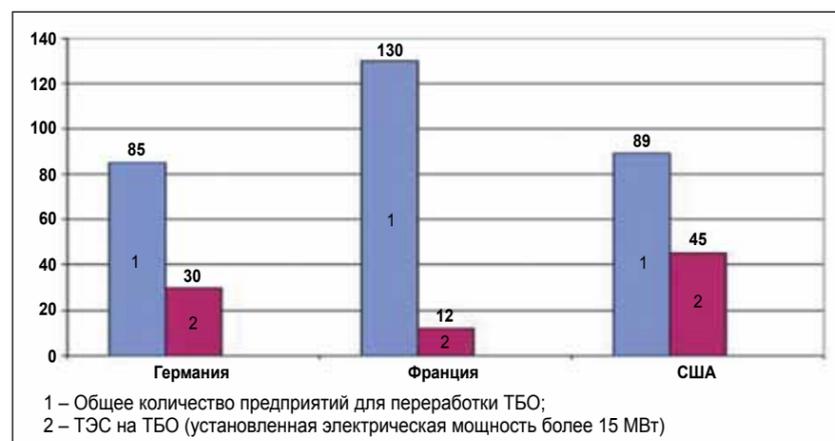


Рис. 5. Общее количество предприятий для термической переработки ТБО, включая ТЭС на ТБО

Дело принципа

Решающим фактором, определяющим установленную электрическую мощность ТЭС на ТБО, является вопрос топливообеспечения, т. е. прогнозируемый расчетный расход поступающих на переработку отходов. (Электрическая мощность обычных ТЭС, на которых сжигают органическое топливо, как правило, выбирается в зависимости от потребности региона в электроэнергии). Величина этого расхода зависит от ряда факторов, таких как численность населения и удельный объем накопления отходов в обслуживаемом регионе; свойства и характеристики перерабатываемых отходов; политика региональных властей в области обращения с отходами.

С учетом этих факторов ВТИ разработал основные принципиальные технические решения, позволяющие уже сейчас создать полномасштабный опытно-промышленный образец современной отечественной ТЭС на ТБО с установленной электрической мощностью 12 МВт (120–180 тыс. т ТБО в год) и 24 МВт (360–420 тыс. т ТБО в год).

ТЭС на ТБО представляет собой современное предприятие с завершенным технологическим процессом термической переработки отходов и традиционным паросиловым циклом для выработки электроэ-

нергии. На ТЭС используется одна или две технологические линии (ТЛ) единичной производительностью по сжигаемым отходам примерно 180 тыс. т ТБО в год (рис. 6).

Для очистки продуктов сгорания ТБО принят наиболее перспективный и востребованный в настоящее время полусухой метод с применением многократной циркуляции увлажненных реагентов и продуктов газоочистки, частично возвращенных в процесс после их улавливания в рукавном фильтре.

На ТЭС применена тепловая схема с поперечными связями и конденсационной турбиной с регулируемым промежуточным отбором пара на теплофикацию, что по-

зволяет ТЭС производительностью 360 тыс. т ТБО в год вырабатывать от 10 до 25 МВт электрической и от 2,4 до 8 ГДж/ч тепловой энергии.

Результаты расчета материального и теплового баланса ТЭС на ТБО, выполненного для отходов с различными характеристиками во всем диапазоне нагрузок, обосновывают проектные технико-экономические и экологические показатели электростанции, приведенные в табл. 2 и 3.

Освоение полномасштабного опытно-промышленного образца современной отечественной ТЭС на ТБО позволит широко тиражировать подобные объекты в нашей стране и странах СНГ. По сегодняшним оценкам, только в России потенциально возможно построить по крайней мере 34 таких ТЭС в 22 городах.

В заключение необходимо заметить, что деятелям экологических движений следовало бы бороться не за запрещение сжигания отходов, а за внедрение современных отработанных методов их термической утилизации, за определение их места в комплексных системах очистки городов от отходов. При этом следует обратить особое внимание на принятие и узаконивание современных нормативных требований по всем методам утили-

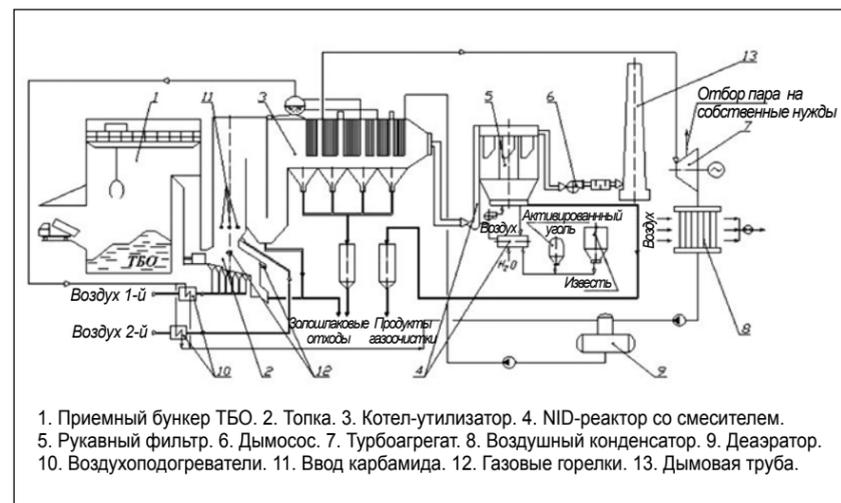


Рис. 6. Принципиальная технологическая схема ТЭС на ТБО производительностью 120–180 тыс. т отходов в год (установленная электрическая мощность – 12 МВт)

Таблица 2. Общие технические показатели предлагаемых типовых ТЭС на ТБО установленной электрической мощностью 12 и 24 МВт

Наименование	Значения параметров	
	12	24
Установленная мощность для выработки электрической энергии, МВт	12	24
Количество ТБО, подлежащих сжиганию, т/год	120–180	360
Количество технологических линий	1	2
Производительность комплекса по сжиганию ТБО, тыс. т/ч	18–24	42
Производительность комплекса по выработке перегретого пара, т/ч	30–50	70–100
Установленная мощность для выработки тепла на собственные нужды, МВт	< 8,0 ¹	< 8,0 ¹
Расход электрической энергии на собственные нужды, не более, МВт	3,5 ¹	4,5 ¹
Годовая выработка электрической энергии, МВт·ч/год	74500 ¹	150000 ¹
Потребление на собственные нужды, МВт·ч/год	25000 ¹	30000 ¹
Выдача в городские сети, МВт·ч/год	49500 ¹	120000 ¹
Расход дополнительного топлива, т. е. природного газа, для стабилизации процесса горения и для разогрева технологической линии после останова, тыс. нм ³ /год	450 ¹	800 ¹
Расход для очистки дымовых газов, т/год		
Ca(OH) ₂	2650 ²	5250 ²
Активированный уголь	100 ²	200 ²
Сухой карбамид	550 ²	1095 ²

Примечания: 1 – Уточняется в ходе проектирования. 2 – Уточняется при выборе поставщика технологии газоочистки и требований по выбросам.

Таблица 3. Максимальное содержание вредных веществ в очищенных дымовых газах

Вещества	Значения, мг/нм ³ (в пересчете на содержание кислорода в сухих дымовых газах 11 %)	
	Среднесуточные	Среднеполучасовые
Летучая зола	10	30
Хлористый водород (HCl)	10	60
Фтористый водород (HF)	1	4
Оксиды азота (NO _x)	120-130	
Диоксид серы (SO ₂)	50	200
Моноксид углерода (CO)	50	100
Органические вещества (C _{орг})	10	
Диоксины и фураны (ПХДД/ПХДФ)	0,1×10 ⁻⁶ *	
Кадмий, таллий	0,05*	
Ртуть	0,05*	
Суммарное содержание свинца, кобальта, хрома, марганца, никеля, мышьяка, сурьмы, меди, ванадия	0,5*	

* - среднее по пробам

лизации отходов, будь то селективный сбор, сортировка, переработка вторичных фракций, биохимические и термические методы переработки отходов, а также и их полигонное захоронение.

Зарубежный опыт показывает, что без термических методов утилизации отходов сегодня не обходится ни одна промышленно развитая страна мира. Эти методы, безусловно, дороже, чем вывоз на свалку, но они являются одной из основных составных частей экологически безопасного и энергетически эффективного комплексного решения проблемы отходов. Россия только вступает на путь выбора и разработки цивилизованных технологий сбора и утилизации ТБО, большинство которых находится у нас в зачаточном состоянии. Однако уже сейчас имеется практическая возможность создания своих отечественных экологически чистых объектов по термической утилизации ТБО. ■