



УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И СНЕГА

Л.И. Соколов, А.И. Фоменко

Вологодский государственный университет

Представлена новая установка для переработки твёрдых коммунальных отходов и таяния снега, убранного с улиц и дорог. Разработка относится к оборудованию для утилизации городских коммунальных отходов термической обработкой.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, утилизация, термическая обработка

Plant for the Treatment of Solid Municipal Waste and Snow

L.I. Sokolov, A.I. Fomenko

Vologda State University, 160000 Vologda, Russia

A new plant for the treatment solid municipal waste and melting snow removed from streets and roads. The development relates to the field of recovery of municipal waste by heat treatment.

Keywords: municipal solid waste, recovery, heat treatment

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-09-10-12

В мировой практике термические методы до сих пор остаются основным альтернативным способом уничтожения твердых коммунальных отходов (ТКО). За последние десятилетия технология сжигания отходов проделала большой путь от открытого сжигания и простых мусоросжигателей, сильно загрязняющих окружающую природную среду, до современных эффективных инсинераторов, оборудованных сложной системой обработки отходящих газов и обеспечивающих минимальный выброс загрязнителей [1–3].

Сжигание — наиболее отработанный и используемый способ. Этот метод осуществляется в печах различных конструкций при температурах не менее 1200 °С. Температура подбирается так,

чтобы она была ниже точки плавления золы (до 1650 °С). В результате сгорания органической части отходов образуются диоксид углерода, пары воды, оксиды азота и серы, аэрозоль, оксид углерода, бенз(а)пирен и диоксины. Зола, имеющая в своем составе неподвижную форму тяжелых металлов, накапливается в нижней части печи и периодически вывозится на полигоны для захоронения или используется в производстве цемента. Сжигание не может рассматриваться как экономически оправданный или ресурсосберегающий метод. Существующие и предлагаемые к использованию мусоросжигающие установки имеют целый ряд недостатков, главным из которых является образование при работе вторичных чрезвычайно токсичных отходов

(полихлорированные дибензодиоксины, фураны и бифенилы), выделяемых в окружающую среду вместе с тяжелыми металлами, дымовыми газами, сточными водами и шлаком. Другой серьезный недостаток мусоросжигателей — их низкая экономичность. Коэффициент полезного использования тепловой энергии даже на лучших мусоросжигающих предприятиях не превышает 65 %. Кроме того, на тонну сжигаемых отходов приходится использовать дополнительно до 370 л жидкого топлива.

Сжигание бытового мусора, помимо снижения объема и массы, позволяет получать дополнительные энергетические ресурсы для централизованного отопления и производства электроэнергии. При сжигании ТКО получают

28–44 % золы от сухой массы и газообразные продукты в виде диоксида углерода, паров воды, различных примесей. Запыленность отходящих газов составляет 5–10 г/м³ (25–50 кг/т ТКО). Теплотворная способность бытовых отходов примерно соответствует бурому углю. В среднем теплотворная способность бытовых отходов колеблется от 1000 до 3000 ккал/кг. Выявлено также, что по теплотворной способности 10,5 г ТКО эквивалентны 1 т нефти; по калорийности бытовые отходы уступают каменному углю всего в два раза. Примерно 5 т мусора выделяют при сгорании столько же тепла, сколько 2 т угля или 1 т жидкого топлива. Для повышения экологической безопасности необходимым условием при сжигании мусора является соблюдение ряда принципов. К основным из них относятся температура сжигания, которая зависит от вида сжигаемых веществ; продолжительность высокотемпературного сжигания, зависящая также от вида сжигаемых отходов; создание турбулентных воздушных потоков для полноты сжигания отходов. Различие отходов по источникам образования и физико-химическим свойствам предопределяет многообразие технических средств и оборудования для сжигания. К модернизированным способам сжигания отходов можно отнести замену воздуха, подаваемого к месту сжигания, на кислород, озон, что и предлагается авторами данной работы. Это позволяет ускорить процесс и снизить выбросы оксидов азота.

В Вологодском государственном университете разработана новая установка, обеспечивающая эффективное дожигание и уничтожение газовых выбросов при высоких температурах. Кроме того, установка выполняет функцию получения воды из снега. При этом повышается эффективность работы инсинератора, расширяются его функциональные возможности, снижается вредное воздействие на атмосферную среду в процессе утилизации бытовых отходов.

Технический результат достигается благодаря тому, что камера сжигания установки для переработки коммунальных отходов содержит дополнительно патруб-

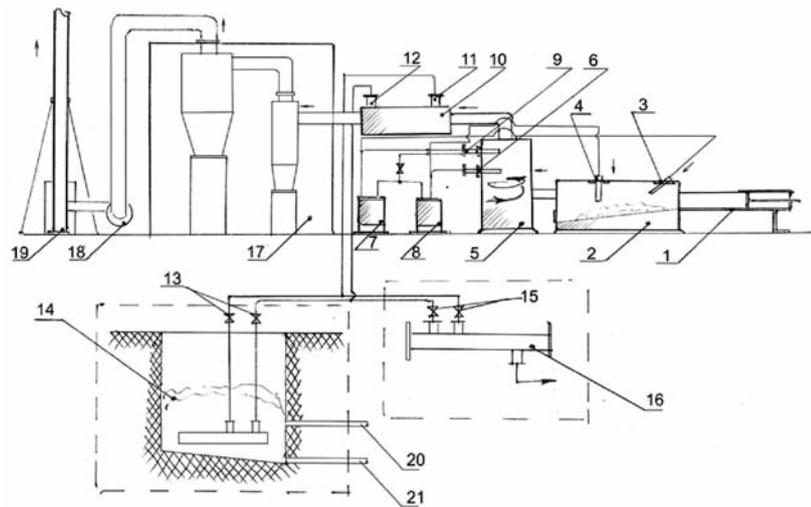


Схема установки для переработки ТКО
Scheme of the installation for MSW processing

ки для подачи окислителя, а в камере дожигания, имеющей цилиндрическую форму, также имеются дополнительные патрубки, соединенные с электролизером и (или) озонатором для повышения температуры горения, при которой происходит полное разложение токсичных компонентов в продуктах горения на безвредные составляющие. Дополнительные патрубки расположены в камере дожигания тангенциально к поверхности корпуса. Выходной и входной патрубки теплообменника имеют соединение через задвижки с теплообменником емкости для снеготаяния и с коллектором горячего водоснабжения потребителей.

На рисунке показана схема установки для переработки коммунальных отходов. Установка содержит узел подачи 1 ТКО в камеру сжигания 2 с форсункой 3 и дополнительными патрубками 4 для подачи окислителя (кислород и (или) озон), камера сжигания 2 соединена с камерой дожигания 5, имеющей форму цилиндра, в которой тангенциально расположены дополнительные патрубки 6 для ввода окислителя, соединенные с электролизером 7 и (или) с озонатором 8, а также горелки 9. Камера дожигания 5 имеет соединение с теплообменником 10, входной 11 и выходной 12 патрубки которого имеют соединение через задвижки 13 с теплообменником емкости 14 для снеготаяния и через задвижки 15 —

с коллектором 16 горячего водоснабжения потребителей. Емкость 14 для снеготаяния содержит трубопровод 20 для удаления талой воды и трубопровод 21 для удаления осадка. Дно емкости для снеготаяния имеет уклон, чтобы облегчить удаление осадка, выделившегося из снежных масс. Теплообменник 10 соединен с системой очистки выбросов 17, например в виде циклонов, скрубберов и рукавных фильтров, а система очистки выбросов 17 через вентилятор 18 с вытяжной трубой 19.

Принцип действия установки для переработки ТКО следующий. ТКО через узел подачи 1 подаются в камеру сжигания 2, где под действием высоких температур происходит их деструкция и сжигание. Кислород, который вырабатывается в электролизере 7, или озон, поступающий из озонатора 8, направляются через дополнительные патрубки 4 в камеру сжигания 2 и обеспечивают более интенсивное сгорание ТКО. Продукты горения далее поступают в камеру дожигания 5, где под действием тангенциально расположенных горелок 9 и дополнительных патрубков 6, из которых подается кислород (или озон) из электролизера 7 или озонатора 8, в камере дожигания 5 закручиваются по спирали. Это обеспечивает увеличение периода пребывания продуктов горения в камере (6 с при температуре 1300–1500 °С). При этих условиях полностью происходит разложение токсич-

ных веществ на безвредные для природы и человека компоненты. Из камеры дожигания 5 продукты горения при высокой температуре поступают в теплообменник 10 и нагревают теплоноситель (воду), которая подается через задвижки 15 в коллектор горячего водоснабжения 16 потребителям (жилые дома микрорайона). В зимнее время при необходимости через задвижки 13 теплоноситель из теплообменника 10 подается в теплообменник емкости 14 для снеготаяния. Например, при обильном снегопаде емкость 14 для снеготаяния значительно облегчает транспортные расходы по уборке снега, а требуемое тепло для таяния снега получают от сгорания ТКО, и дополнительные затраты энергии (газ, электроэнергия) при этом не требуются. Осадок, образовавшийся в процессе таяния снега, удаляется через трубопровод 21, а вода отводится через трубопровод 20. Продукты горения из теплообменника 12 поступают в

систему очистки выбросов 17 и затем через вентилятор 18 в вытяжную трубу 19. Особенности подбора сети теплообменников для инсинераторов, предназначенных для сжигания ТКО, представлены в [4], а пример выбора материала труб и облицовки установки по сжиганию ТКО приведен в [5].

Система очистки выбросов может быть осуществлена также в псевдооживленном слое раскаленного (более 1000 °С) гравия (керамзита), размещенного в колонне. Колонна изнутри покрывается высокотемпературной облицовкой из коррозионно-стойких материалов. Однако установки с псевдооживленным слоем требуют относительно высоких капитальных затрат и, следовательно, должны использоваться для переработки больших количеств отходов.

Таким образом, эффективный этап дожигания в представленной схеме установки обеспечит уничтожение газовых выбросов при высоких темпера-

турах. При этом получают горячую воду или пар (калорийность несортированных коммунальных бытовых отходов около 1500 ккал/кг), который подают в общий коллектор горячего водоснабжения 16 для жилого микрорайона. При необходимости использование этого тепла зимой позволяет значительно сократить транспортные расходы и продолжительность уборки снега с улиц, при этом расходы энергии сокращаются в 5 раз в сравнении с существующими аналогами.

Переработка ТКО на предлагаемой установке значительно снижает все расходы в сравнении с известными способами переработки [6], отличающимися неполным сгоранием частиц отходов и значительным выносом их из топочной камеры, и даёт экологический эффект, так как патогенно опасные отходы не попадают на полигон и не загрязняют городские территории, землю, поверхностные и подземные воды.

Результаты исследования получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (Задание № 11.9503.2017/8.9).

Литература

1. **Соколов Л.И.** Управление отходами (waste management). Учебное пособие. М., Инфра-Инженерия, 2018. 208 с.
2. **Соколов Л.И.** Отходы производства и потребления. Размещение и переработка: учебное пособие. Вологда, ВоГУ, 2014. 123 с.
3. **Carrasco F., Llauro X., Poch M.** A methodological approach to knowledge-based control and its application to a municipal solid waste incineration plant. *Combustion science and technology*. 2006. Vol. 178. Iss. 4. P. 685–705.
4. **Chen D., Liu H., Zhu T.** Choices of heat exchanger network for incineration plant fuelled with high water content municipal solid waste. *Advanced computational methods in heat transfer: conference proceedings*. Ashurst, Wit Press, 2004. P. 193–202.
5. **Morales M., Chimenos J.M., Fernandez A.I. et al.** Materials Selection for Superheater Tubes in Municipal Solid Waste Incineration Plants. *Journal of materials engineering and performance*. 2014. Vol. 23. Iss. 9. P. 3207–3214.
6. **Lee C.C.** Plasma Systems. *Standard Handbook of Hazardous and Disposal*. Ed. H.M. Freeman McGraw-Hill Book Company, N.Y., 1988. P. 8.169–8.177.

References

1. **Sokolov L.I.** Upravlenie otkhodami (waste management). *Uchebnoe posobie*. M., Infra-Inzheneriya, 2018. 208 s.
2. **Sokolov L.I.** Otkhody proizvodstva i potrebleniya. *Razmeshchenie i pererabotka: uchebnoe posobie*. Vologda, VoGU, 2014. 123 s.
3. **Carrasco F., Llauro X., Poch M.** A methodological approach to knowledge-based control and its application to a municipal solid waste incineration plant. *Combustion science and technology*. 2006. Vol. 178. Iss. 4. P. 685–705.
4. **Chen D., Liu H., Zhu T.** Choices of heat exchanger network for incineration plant fuelled with high water content municipal solid waste. *Advanced computational methods in heat transfer: conference proceedings*. Ashurst, Wit Press, 2004. P. 193–202.
5. **Morales M., Chimenos J.M., Fernandez A.I. et al.** Materials Selection for Superheater Tubes in Municipal Solid Waste Incineration Plants. *Journal of materials engineering and performance*. 2014. Vol. 23. Iss. 9. P. 3207–3214.
6. **Lee C.C.** Plasma Systems. *Standard Handbook of Hazardous and Disposal*. Ed. H.M. Freeman McGraw-Hill Book Company, N.Y., 1988. P. 8.169–8.177.

Л.И. Соколов – д-р техн. наук, профессор, Вологодский государственный университет, 160000 Россия, г. Вологда, ул. Ленина 15, e-mail: Sokolovli@mail.ru • А.И. Фоменко – д-р техн. наук, профессор, e-mail: fomenko1212@inbox.ru

L.I. Sokolov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Vologda State University, 160000 Russia, Vologda, Lenin Str. 15, e-mail: Sokolovli@mail.ru • A.I. Fomenko – Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: fomenko1212@inbox.ru