

**УДК 629.5.068.4**

Козлова В. Е., студент ЭН-420012

Бочкарева Е. А., студент ЭН-420012

Потапов В. Н., кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых  
электрических станцийУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.  
Н. Ельцина

Kozlova V. E., student of EN-420012

E. A. Bochkareva, student of EN-420012

Potapov V. N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Thermal Power Plants

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ  
ПРИЕМЛЕМЫХ СХЕМ МУСОРОСЖИГАНИЯ В ЕВРОСОЮЗЕ И  
ЯПОНИИ****FEATURES OF THE ORGANIZATION OF ENVIRONMENTALLY  
ACCEPTABLE WASTE INCINERATION SCHEMES IN THE  
EUROPEAN UNION AND JAPAN**

Сбор, обезвреживание и утилизация твердых бытовых отходов (ТБО) является все более актуальной, но трудно разрешимой комплексной проблемой. Все ее известные решения противоречивы по своим последствиям и требуют индивидуальной проработки. Одним из таких наиболее спорных направлений является мусоросжигание. Наиболее приемлемой стратегией в данной области пока является строительство так называемых мусоросжигательных заводов для переработки неподготовленных или частично сортированных ТБО. Экономика таких предприятий становится в ряде случаев удовлетворительной, если она совмещена с производством энергии и продажи хотя бы части конечных отходов таких предприятий. Поэтому все лучшие Мусоросжигающие заводы (МСЗ) – это тепловые электростанции (ТЭС) для выработки электроэнергии на тепловом потреблении, то есть городские ТЭЦ средней мощности обязательно с полным циклом экологической безопасности, работающие на возобновляемом источнике первичной энергии – то есть на твердых бытовых или коммунальных отхода. Отсутствие сегодня единой схемы подготовки ТБО к сжиганию, даже в условиях отдельных технологически самых развитых стран, их МСЗ имеют значительные различия в технологии сжигания отходов и очистки продуктов сгорания.

В основу определения возможности использования и обезвреживания ТБО термическими способами, в первом приближении можно использовать

данные документов по наилучшим доступным технологиям (НДТ) в разных аспектах их применения в России и информационно-технический справочник по НДТ ИТС 9–2020 [1], справочник ЕС по НДТ Европейской комиссии и Директиву о промышленных эмиссиях 2010/75/EU, а также Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Сжигание отходов. 2019 г.» [2].

Экологическая безопасность МЗС пока удовлетворительно решена лишь на некоторых новых МЗС Европы и Японии. В качестве примеров отметим МЗС Bristaverket, CopenHill в Европе и Maishima в Японии [3–6]. На примерах этих разных МЗС выделим главные признаки и принципиальные особенности их технологических схем.

Во-первых, это отказ от всех известных технологий сжигания отходов в пользу только лишь слоевого сжигания на наклонных цепных решетках с качающимися колосниками или элементами переворачивания горячей массы с дозированной регулируемой подачей воздуха через отдельные зоны решетки. Температура горения, избытки воздуха и, главное, время пребывания ТБО в активной зоне с перемешиванием горючей массы на этих МЗС не публикуются. Предположительно это примерно 1200 °С с поддержанием горячей массы в этой зоне примерно от 2 до 6 с. Зола собирается, сортируется на пригодность к переработке и продаже, и от нее отделяют остатки металлов и стекла.

Далее, за топкой, дымовые газы относительно медленно, но обязательно проходят через одну или две камеры газохода котла, в которых происходит восстановление оксидов азота в молекулярный азот. Для этого в них сначала создается восстановительная атмосфера из газов СО и Н<sub>2</sub>, а затем избыток этих газов на выходе из камер перед обычным конвективным газоходом дожигается. Всё решает время пребывания продуктов сгорания ТБО в зоне восстановления (по нашей оценке, 2–5 с), обеспечивая полный или частичный отказ от использования на МЗС дорогостоящих и сложных в эксплуатации установок для селективного каталитического восстановления оксидов азота в дымовых газах до уровня удельных выбросов лучшими ТЭС мира, сжигающих природные газы.

После восстановления оксидов азота и полного дожигания СО и Н<sub>2</sub> газы проходят через обычные конвективные пароперегреватели, нагреватели воды и воздуха, оптимизированные под используемую горючую массу, и поступают на электрофилтры. Но чаще и в итоге более эффективно дымовые газы проходят через реактор условно «мокро-сухой» сероочистки, после которой обязательно доочищаются в тканевых золоуловителях. Перед сероочисткой обычно газы подают в специальную колонну (скруббер) для предварительной промывки относительно холодной водой, чтобы не допустить обратный синтез диоксинов и фуранов, а также одновременно удаляют часть летучей золы и снижают температуру газов за котлом до оптимальной применительно к сероочистке выбранного типа.

При душировании газов, как в этой промывочной колонне, так и в самом реакторе сероочистки, к воде могут добавлять реагенты хотя бы для частичного улавливания ртути, таллия или других подобных особо опасных веществ. Возможно, именно это позволяет также поддерживать и допустимое соотношение разных форм органического углерода в дымовых газах с рядом токсичных элементов и металлов для ослабления их синергетического канцерогенного эффекта. Это требует самое жёсткое законодательство [7].

Иногда промывочную колонну ставят после сероочистки, например, рядом или после установки азотоочистки. Иногда реактор сероочистки размещают по ходу газов между двух установок тканевых фильтров, а дополнительную промывочную колонну размещают в конце газового тракта, перед дымовой трубой. Не исключено, что вместо дополнительной промывки с добавлением реагентов связывания ртути или иных опасных веществ, например, диоксинов, фуранов или иных углеводородов, реактор сероочистки дополняют устройством, в котором газы пропускают через влажный слой угля, извести и некоторых активных добавок для дополнительной очистки всех или части дымовых газов от ртути и, возможно, от других опасных веществ.

На рассмотренных нами зарубежных МСЗ такая система обеспечивает соблюдение самого жёсткого стандарта на очистку дымовых газов как на МСЗ, так и на угольных электростанциях, прежде всего ФРГ, рекордным по снижению выбросов золы, органических веществ, газообразных соединений хлора, фтора и серы, оксидов азота, СО, ртути и аммиака. Дополнительно к этому немецкий стандарт [7] по защите от выбросов МСЗ выполняется также и по снижению удельных выбросов семи наиболее опасных диоксинов, десяти самых опасных фуранов и двенадцати полихлорированных бифенилов. Согласно требованиям того же стандарта также снижают канцерогенный эффект от выбросов МСЗ дополнительным контролем выбросов, отмеченных выше углеводородов вместе с кадмием, таллием, мышьяком, сурьмой, хромом, кобальтом, медью, никелем, ванадием и цинком (первая группа). Во второй группе требуется также контроль суммы бензо(а)пирена с мышьяком, кобальтом, сурьмой и их соединениями.

На таких предприятиях обычно существует служба контроля за выбросами этих веществ и их комбинаций: часть работает в непрерывном режиме, а часть – периодически. Также, вся эта информация в оцифрованном виде передаётся в государственные и прочие открытые базы данных. За длительное нарушение норм предусматривается наказание в виде закрытия установки или предприятия вплоть до достижения или восстановления допустимых законом параметров. Все перечисленные меры даже после их оптимизации и адаптации к уже принятой в данном месте системе сбора и предварительной сортировки ТБО приближают повышение экологической безопасности МСЗ средней единичной электрической

мощностью около 50 МВт к уровню экологической безопасности современной паротурбиной ТЭЦ на природном газе и многих известных угольных ТЭС.

Неизбежно все это оплачивается увеличением тарифов на электроэнергию и теплоту для населения и предприятий, и оправдано лишь необходимостью исполнения действующих жёстких экологических норм [2, 7]. Современные требования выбора НДТ для осуществления схем утилизации и обезвреживания отходов в России термическими методами также должны быть направлены на максимальное снижение эмиссий в окружающую среду, на глубокое ресурсо- и энергосбережение, в том числе на коммерческую выработку энергии двух видов, а также и для получение побочных минеральных и органических продуктов [1].

### Список литературы

1. Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9–2020. М.: Бюро НДТ, 2020. 208 с. URL: <https://rst.gov.ru:8443/file-service/file/load/1609143586806> (дата обращения: 25.12.2024).
2. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration : Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). EUR 29971 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. doi:10.2760/761437. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118637>
3. 舞洲工場アクセスマップ – 大阪広域環境施設組合. URL: <https://www.osaka-env-paa.jp/kojo/maishima/access.html> (дата обращения: 25.12.2024).
4. Incineration or Recycling of Waste in Stockholm Environmental Sciences Essay | CustomWritings. URL: <https://customwritings.co/incineration-or-recycling-of-waste-in-stockholm-environmental-sciences-essay/> (дата обращения: 25.12.2024).
5. Bristaverket | Stockholm Exergi. URL: <https://web.tours/exergi-bristaverket/> (дата обращения: 25.12.2024).
6. CopenHill: The story of iconic clean energy plant with its own ski slope. URL: <https://interestingengineering.com/videos/ep-2-copenhill-the-story-of-iconic-clean-energy-plant-with-its-own-ski-slope?ysclid=m1lysm0zrc414444616> (дата обращения: 25.12.2024).
7. Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV). Berlin, 2013. 30 s. URL: <https://www.clearingstelle-eeg->

[kwkg.de/sites/default/files/17\\_BImSchV\\_20130502.pdf](https://www.kwkg.de/sites/default/files/17_BImSchV_20130502.pdf) (дата обращения: 25.12.2024).

## References

1. Waste disposal and neutralization by thermal methods: information and technical reference book on the best available technologies ITS 9–2020. Moscow: Bureau of NDT, 2020. 208 p. URL: <https://rst.gov.ru:8443/file-service/file/load/1609143586806> (accessed 25.12.2024).
2. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration : Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). EUR 29971 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. doi:10.2760/761437. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118637>
3. 舞洲工場アクセスマップ – 大阪広域環境施設組合. URL: <https://www.osaka-env-paa.jp/kojo/maishima/access.html> (accessed 25.12.2024)
4. Incineration or Recycling of Waste in Stockholm Environmental Sciences Essay | CustomWritings. URL: <https://customwritings.co/incineration-or-recycling-of-waste-in-stockholm-environmental-sciences-essay/>. (accessed 25.12.2024).
5. Bristaverket | Stockholm Exergi. An electronic resource. Access mode: <https://web.tours/exergi-bristaverket/> (accessed 25.12.2024).
6. CopenHill: The story of iconic clean energy plant with its own ski slope. An electronic resource. Access mode: <https://interestingengineering.com/videos/ep-2-copenhill-the-story-of-iconic-clean-energy-plant-with-its-own-ski-slope?ysclid=m1lysm0zrc414444616> (accessed 25.12.2024).
7. Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV). Berlin, 2013. 30 s. URL: [https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/17\\_BImSchV\\_20130502.pdf](https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/17_BImSchV_20130502.pdf) (accessed 25.12.2024).