

УДК 678.002.8

*Зеленский Сергей Иванович,**аспирант кафедры "Промышленная теплоэнергетика",
СПБГУПТД "Высшая школа технологии и энергетики"**e-mail: Zelenskiy.ru@mail.ru**Сколяров Ян Николаевич,**к.т.н., доцент кафедры "Промышленная теплоэнергетика",
СПБГУПТД "Высшая школа технологии и энергетики"**e-mail: Yan.Skolyarov@gmail.com**Дудинский Алексей Иванович,**инженер, руководитель отдела,
ОАО "НПО ЦКТИ им. Ползунова"**e-mail: adudinskiy@mail.ru***УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МОБИЛЬНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ***Zelenskii S.I., Scolyarov Ya.N., Dudinski A.I.***UTILIZATION OF SOLID MUNICIPAL WASTE IN A MOBILE POWER PLANT**

Аннотация. В данной статье представлена существующая проблема с переработкой и утилизацией твердых коммунальных отходов. Предложено решение сложившейся проблемы за счёт использования мобильной энергетической установки. Приведено описание установки и представлены технические характеристики.

Ключевые слова: твердые бытовые и твердые коммунальные отходы, переработка и сортировка отходов, сжигание отходов, не санкционированные свалки.

Abstract. This article presents the existing problem with the processing and disposal of municipal solid waste. A solution to the current problem is proposed through the use of a mobile power plant. A description of the installation is given and specifications.

Keywords: waste disposal, solid municipal waste, waste landfills, mobile power plant, unauthorized landfills.

Главная экологическая проблема, с которыми сталкиваются быстроразвивающиеся страны это переработка и утилизация твердых коммунальных отходов. К сожалению, наша страна не исключение.

На сегодняшний день в нашей стране накоплено порядка 100 млрд. т. отходов производства и потребления, а ежегодное образование твердых коммунальных отходов колеблется на отметке 70 млн. т. Большое количество накопленных отходов говорит о запущенности данной проблемы.

Переработка и утилизация отходов, в значительной степени, оказывает влияние на экологическую обстановку. Количество перерабатываемых и утилизируемых отходов в России составляет от 10 до 15% в год, что является весьма низким показателем. В Швеции перерабатывается до 99% отходов, в Австрии до 63%. В Финляндии перерабатывается 41%, а утилизация отходов достигает 48% и только 2% ТКО не поддается переработке и отправляется на полигон. На низкий показатель переработки и утилизации

ТКО влияет низкое количество специализированных мощностей. По состоянию на 2022 год насчитывается около 310 комплексов по переработке и утилизации ТКО. Вследствие чего до 83% отходов отправляется на полигоны для хранения. Имея в наличии достаточно большое свободное территориальное пространство, решение об увеличении мощностей по переработке и утилизации отходов откладывалось на долгие годы, что способствовало созданию огромного количества полигонов, которые на сегодняшний день переполнены [1-8].

Представленные данные наглядно демонстрируют важность и актуальность проблемы отходов производства и потребления. В России разработан национальный проект "Экология", в котором прописаны все действия по переработке и утилизации отходов, а также сконцентрировано внимание на проблеме несанкционированных свалок. По предварительным подсчетам, только учтенных, несанкционированных свалок в нашей стране на 2018 год составило более 55 тыс.

Вдобавок в нашей стране с 1 января 2019 года действует мусорная реформа, которая должна взять под контроль все отходы производства и потребления, от места образования отходов до конечной переработки.[9-15]

В сложившейся ситуации предлагается использование мобильной энергетической установки для переработки и утилизации твердых коммунальных отходов. Основной вид мобильной энергетической установки представлен на рисунке 1.

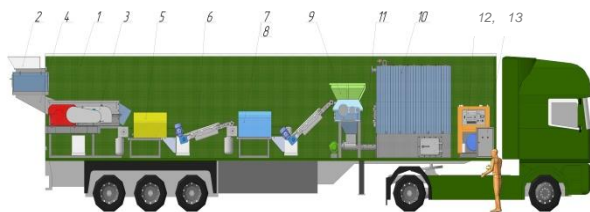


Рисунок 1. Общий вид мобильной установки. Обозначения: 1 - металлический контейнер, 2 - разрыватель пакетов, 3 - роторный валковый сепаратор, 4 - смежная шахта, 5 - оптикомеханическая сортировка, 6 - ленточный транспортер, 7 - металлоуловитель, 8 - стеклоуловитель, 9 - шредер, 10 - котельный агрегат, 11 - шнековый питатель, 12 - дизель генератор, 13 - щит управления

Мобильная энергетическая установка для переработки и утилизации твердых коммунальных отходов позволяет:

- 1) Ликвидировать свалки и иные места скопления отходов в полном объеме;
- 2) Извлекать полезные компоненты вторичных фракций, за счет сортировочного комплекса;
- 3) Осуществлять отбор органоминеральной части, включая опасные компоненты.
- 4) Производить тепловую энергию для потребителя;
- 5) Производить электрическую энергию в соответствующей модификации.

Мобильная энергетическая установка для переработки и утилизации твердых коммунальных отходов размещается на автопоезде. Наличие возможности передвижения, способствует не привязываться к отдельно взятому району и позволяет перемещать комплекс к месту ликвидации отходов. Важным критерием компоновки узлов установки является обязательный учет максимальных габаритов транспортного средства. Максимальные габариты установки совместно с

транспортным средством не должны превышать: ширину 3м, высоту 4м, длину 20м. Обеспечению эффективной работы установки способствует наличие следующих узлов:

1. Узел сортировки и подготовки твердых коммунальных отходов.
2. Узел утилизации твердых коммунальных отходов.
3. Узел производства тепловой и электрической энергии.
4. Узел передачи тепловой и электрической энергии потребителю.

Технологическая схема работы мобильной установки ориентированной на производство тепловой энергии представлена на рисунке 2.

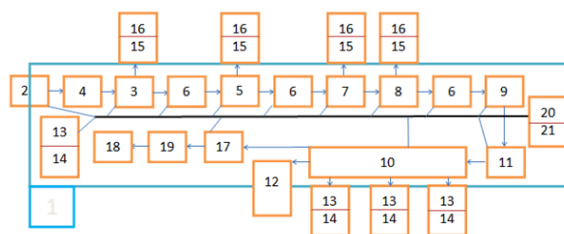


Рисунок 2. Технологическая схема работы мобильной энергетической установки. Обозначения: 1 - Металлический контейнер; 2 - Разрыватель пакетов; 3 - Роторный валковый сепаратор; 4 - смежная шахта 5- Оптикомеханическая сортировка; 6 - Основной ленточный транспортер мобильной установки; 7 - Металлоуловитель; 8 - Стеклоуловитель; 9 - Узел дробления; 10 - Водогрейный котельный агрегат; 11 - Шнековый питатель; 12 - Соединительная муфта; 13 - Отверстие для удаления зольного остатка; 14 - Крышка; 15 - Крючок; 16 - Мешок сборник; 17 - Узел очистки дымовых газов; 18 - Дымовая труба; 19 - Дымоходная труба; 20 - Дизель-генератор; 21 - Щит управления.

Использование сортировочного комплекса в мобильной энергетической установке позволяет перерабатывать отходы без предварительной сортировки. Сортировка отходов - обязательный процесс, без которого не возможна работа главного узла мобильной установки - узла утилизации. Основная задача сортировочного узла заключается в извлечении полезных вторичных фракций из всего потока твердых коммунальных отходов. Не менее важной задачей сортировочного узла мобильной энергетиче-

ской установки считается защита узла утилизации от попадания внутрь опасных фракций и негорючих материалов, таких как металл и стекло, путем удаления описанных фракций из общего потока твердых коммунальных отходов.

В качестве топлива используется бумага, картон, упаковки из картона, текстиль, кожа, древесина и древесные изделия (мебель). Утилизации ТКО осуществляется за счет котельного агрегата, слоевого типа, с колосниковой решеткой. Котельный агрегат мобильной установки является сердцем установки. Использование специального котельного агрегата, в котором организован процесс горения твердых бытовых отходов, позволяет полностью сжигать отходы неоднородного состава и отходы, утратившие свою жизнеспособность, обеспечивая выбросы в атмосферу с ПДК. Для очистки дымовых газов и поддержания вредных выбросов в допустимых значениях, предусмотрен циклон и скруббер. Необходимо отметить, что в установке данного типа сжигаются отходы 4-5 класса опасности. В мобильной установке существует возможность перерабатывать и утилизировать некоторые виды отходов 3 класса опасности, в частности, строительный мусор. Основные технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики установки

№ п/п	Наименование	Значение
1	Производительность (Мощность) установки	3МВт
2	Расход топлива на котел	600кг/ч
3	Теплота сгорания топлива	17 МДж/кг
4	Мощность турбины	300кВт·ч
5	Расход пара на турбину	3-5кг/с
6	Количество перерабатываемых отходов	10 т/ч
7	Температурный график	150/70
8	Расход воды через котел	10,6т/ч
9	Температура уходящих газов	200°С
10	Габариты установки	20-3-4м
11	Расход электроэнергии на собственные нужды	100кВт
12	КПД котла Брутто	88,47%

Подвод питательной воды в котельный агрегат и обратно в тепловую сеть осуществляется из тепловой муниципальной сети. Подключение к сети осуществляется через ИТП, ЦТП, котельные, при помощи системы гибкой связи. В качестве системы гибкой связи используется гофротруба, через которую осуществляется получение и передача теплоносителя в сеть. В этом случае присутствие длинных сетей получения и передачи воды нежелательно, обуславливается это необходимостью установки дополнительного насосного оборудования. Оптимальная протяженность системы гибкой связи не должна превышать 100 м. Движение воды в котельном агрегате совершается по принципу противотока для достижения наивысшего потенциала на выходе из котельного агрегата. В начале сетевая вода подается в конвективный пучок, где нагревается до 98°С и поступает в фестон. В фестоне вода нагревается до 102°С и поступает в топку котельного агрегата. В топке котельного агрегата сетевая вода нагревается до 150°С. Полученный теплоноситель заданных параметров направляется потребителю [16-25].

При реализации компоновки для производства электрической энергии, мобильная энергетическая установка попадает под «зеленый тариф». Зеленым тарифом называется система покупки государством электроэнергии, полученной на основе возобновляемых источников энергии, а так же при сжигании отходов на 40 % выше себестоимости произведенной энергии. Используя зеленый тариф, мобильная энергетическая установка будет экономически привлекательна в большей степени, ввиду большого спроса на переработку отходов.

Предлагаемая мобильная энергетическая установка в качестве современного способа переработки и утилизации твердых коммунальных отходов, расположенных на несанкционированных свалках, полигонах и иных местах – является одной из наиболее правильных путей решения описываемой проблемы. В Российской Федерации катастрофически не хватает подобных технологических решений, охватывающих не только переработку и утилизацию отходов, но и затрагивающих ключевую проблему - борьбу с несанкционированными свалками [26-29]. Использование мобильной энергетической установки позволит незамедлительно приступить к работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иватанова Н.П., Стоянова И.А.** К вопросу о становлении в России отрасли по переработке, утилизации и обезвреживанию отходов. Известия Тульского государственного университета // Науки о Земле. 2018. № 3. С. 292-302.
2. **Шилкина С.В.** Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №1 [Электронный ресурс]. URL: <https://resources.today/issue-1-2020.html> (16.05.20).
3. **Мочалова Л.А., Гриненко Д.А., Юрак В.В.** Система обращения с твердыми коммунальными отходами: зарубежный и отечественный опыт // Известия УГТУ. 2017. Вып. 3(47). С. 97–101.
4. **Лихачева О.И.** Методологические аспекты управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами / О.И. Лихачева, П.М. Советов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т.10. – №4. – С. 111–127.
5. **Латыпова М.В.** Анализ развития системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы с учетом европейского опыта // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 741–758.
6. **Холявко Т.И.** Утилизация твердых бытовых отходов в Санкт-Петербурге, Стокгольме, Токио и Хельсинки // Стратегия устойчивого развития регионов России .2014. №19. С.89-93
7. **Соколов Л.И., Фламме Сабине, Кубардина С.М.** Сбор и переработка твердых коммунальных отходов // Монография, 2019
8. **Плотникова Л.А.** Переработки твёрдых бытовых отходов с получением вторичного сырья и электроэнергии // Синергия Наук. 2017. № 12. С. 845-851.
9. Jan Wajs, Roksan Bochniak, Aleksandra Golabek. Proposal of a Mobile Medical Waste Incinerator with Application of Automatic Waste Feeder and Heat Recovery System as a Novelty in Poland. Department of Energy and Industrial Apparatus, Gdansk University of Technology, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdansk, Poland. Sustainability 2019, 11(18), 4980; [https://doi.org/10.3390/su11184980] Received: 7 August 2019 / Revised: 2 September 2019 / Accepted: 4 September 2019 / Published: 12 September 2019.
10. Yoon, Hag Sang. Mobile animal incinerator for burning contaminated animal without transfer to another place. Patent Republic of Korea, KR101156579*, 08.06.2012
11. Nakagawa, Kunio. The vehicle moving type general refuse incinerator. Japanese Patent JP2003222315, 13.04.2006
12. Комплекс мобильных установок по термическому обезвреживанию шламов нефтехимических производств [Электронный ресурс] URL: <http://gosniokht.ru/content/activity/8.3.html> (17.11.20)
13. Мобильный цех переработки ртути-содержащих отходов [Электронный ресурс] URL: <https://fid-dubna.com/equipment/mobilniy-tzeh-pererabotki-othodov/> (17.11.20)
14. Пат. № 2020134563, Российская Федерация, F23G 5/00. Мобильная установка для утилизации твердых коммунальных отходов / Зеленский Сергей Иванович, Сколяров Ян Николаевич, Дудинский Алексей Иванович. Заявитель и патентообладатель Зеленский Сергей Иванович, Сколяров Ян Николаевич, Дудинский Алексей Иванович. Заявл. 01.12.20;
15. **Шаповалов Ю.Н., Саликов П.Ю., Ивакин О.Н.** Мобильная установка для утилизации отходов древесины // Твердые бытовые отходы. 2013. № 7 (85). С. 30-33.
16. Пат. № 2331020, Российская Федерация, F23G 5/00, B09B 3/00. Способ термического обезвреживания и утилизации органических отходов и мобильная установка для его осуществления / Ривкин Александр Григорьевич, Алексеев Кир Борисович, Соколов Олег Иванович, Быков Александр Николаевич, Гладышев Павел Вячеславович. Заявитель и патентообладатель Ривкин Александр Григорьевич, Алексеев Кир Борисович. Заявл. 24.11.06; опубл. 10.08.08. Бюл. № 22.
17. Пат. № 2633833, Российская Федерация, F23G 5/40, F23D 11/00, B05B 1/14. Мобильная установка для сжигания органических отходов на полигонах по приему твердых бытовых отходов / Кочетов Олег Савельевич. Заявитель и патентообладатель Кочетов Олег Савельевич. Заявл. 17.10.16; опубл. 18.10.17. Бюл. № 29.
18. Parveen Fatemeh Rupani, Reza Maleki Delarestaghi, Madjid Abbaspour, Mohammad Mobin Rupani, Hany S. EL-Mesery, Weilan

Shao. Current status and future perspectives of solid waste management in Iran: a critical overview of Iranian metropolitan cities. *Environmental Science and Pollution Research* volume 26, pages 32777–32789 (2019).

19. Czop, Monika; Poranek, Nikolina; Czajkowski, Adrian; Wagstyl, Łukasz. 2019. "Fuels from Waste as Renewable Energy in Distributed Generation on the Example of the ORC System." *Recycling* 4, no. 3: 26.

20. Ordóñez, Isabel; Rexfelt, Oskar; Nagy, Shea; Unkrig, Luisa. 2019. "Designing Away Waste: A Comparative Analysis of Urban Reuse and Remanufacture Initiatives." *Recycling* 4, no. 2: 15.

21. Massimiliano Mazzanti, Roberto Zobolib Waste generation, waste disposal and policy effectiveness: Evidence on decoupling from the European Union. *Resources, Conservation and Recycling* Volume 52, Issue 10, August 2008, Pages 1221-1234.

22. Olukanni, David O.; Pius-Imue, Favour B.; Joseph, Sunday O. 2020. "Public Perception of Solid Waste Management Practices in Nigeria: Ogun State Experience." *Recycling* 5, no. 2: 8.

23. Abila, Beatrice; Kantola, Jussi. 2019. "The Perceived Role of Financial Incentives in Promoting Waste Recycling—Empirical Evidence from Finland." *Recycling* 4, no. 1: 4.

24. **Зеленский С.И.** Обоснование и разработка передвижной мобильной установки для утилизации твердых бытовых отходов // Энергетика и автоматизация в современном обществе: материалы II Всероссийской научно - практической конференции. (г. Санкт - Петербург, 6 ноября 2018 г.). Санкт – Петербург, 2018. Вып.2. С. 318 – 321.

25. **Аракелова Г.А.** Исследование проблем, влияющих на темпы реализации «мусорной реформы» в Российской Федерации // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №1.

26. Mueller, W. The effectiveness of recycling policy options: Waste diversion or just diversions? *Waste Manag.* 2013, 33, 508–518.

27. **Левин Е.А.** Комплексная переработка твердых бытовых отходов – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 512 с.

28. Troschinetz, A.M.; Mihelcic, J.R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Manag.* 2009, 29, 915–923.

29. **Турсунгалиев И.К., Садовая А.К.** Российский и зарубежный опыт по переработке твердых бытовых отходов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 1. № 12. С. 944-945.