

## Обзор систем сортировки твердых коммунальных отходов

*А.Е. Карелин, А.В. Кожемяченко, М.А. Лемешко*

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты*

**Аннотация:** В последние годы обращение с твердыми коммунальными отходами в развитых странах основывается на принципе рециркуляции и повторного использования вторичных продуктов. Зарубежный уровень сортировки и утилизации отходов выше и детальнее, он относится к более высокому экономическому уровню, культурному уровню качества жизни, капиталовложениям правительства, соответствующей политике и строительству соответствующих вспомогательных объектов. В данной статье рассмотрены некоторые системы и методы сортировки твердых коммунальных отходов с целью обоснования необходимости разработки технических средств распознавания объектов при переработке мусора.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, проблемы сортировки отходов, подготовка отходов к сортировке, технологии автоматической сортировки отходов.

С развитием экономики и общества страны, быстрым ростом уровня урбанизации, увеличением доходов жителей РФ и уровня потребления, количество твердых коммунальных отходов (ТКО) быстро увеличивается. Традиционные методы утилизации, такие как захоронение, сжигание и компостирование, имеют недостатки, заключающиеся в бесполезной трате остаточных ресурсов, загрязнении окружающей среды и нанесении вреда здоровью населения [1].

В последние годы обращение с ТКО в развитых странах основывается на принципе рециркуляции и повторного использования вторичных продуктов. Зарубежный уровень сортировки и утилизации ТКО выше и детальнее, он относится к более высокому экономическому уровню, культурному уровню качества жизни, капиталовложениям правительства, соответствующей политике и строительству соответствующих вспомогательных объектов. Например, в Германии работают около 800 законов, касающихся обращения с отходами. Новые идеи обращения с отходами были определены законом и осуществляют утилизацию ТКО по

принципу маркетизации и индустриализации. В этой стране утилизация ТКО считается очень прибыльным бизнесом. Пережив ряд проблем, связанных с серьезным загрязнением окружающей среды и нефтяным кризисом, Япония оказывает поддержку защите окружающей среды и энергосберегающим технологиям, а их утилизация ТКО находится на первом месте в мире [2,3].

Одним из основных подходов обращения с ТКО является их предварительная сортировка.

Сортировка твердых коммунальных отходов помогает увеличить перерабатываемое количество вторичных ресурсов. В настоящее время, большинство методов в основном включают в себя элемент ручной сортировки. Для частичной автоматизации процесса сортировки отходов применяют вращающиеся барабаны с отверстиями, отделяющие отходы бумаги и пленки, а также магнитную сепарацию, при которой выделяются определенные виды металла.

Технология предварительной сортировки ТКО является предпосылкой и ключом к реализации промышленной переработки мусора и повышения коэффициента использования вторичных ресурсов. Следует отметить, что в настоящее время в РФ практически отсутствуют сложившиеся научно обоснованные и практически подтвержденные и признанные во всем мире наиболее рациональные подходы, и технологии процесса сортировки ТКО [4]. Поэтому рассмотрим некоторые из них:

1) Система для сортировки мусора компании ZenRobotics (Рис. 1). Этот способ включает захват сортируемых предметов с конвейера, размещенными вдоль него роботами с манипуляторами, с захватными органами в виде руки. Рука робота оборудована тактильными сенсорами, сигнализирующими о надежности захвата сортируемого предмета. Робот оснащен системой для распознавания мусорных предметов, состоящей из обычных и лазерных сканеров, спектрометров, лазерных 3D-сканнеров и различных детекторов,

---

управляемых программным обеспечением робота. Системой распознавания определяются: величина, форма и цвет предмета, его вещественный состав, физические свойства [5].



Рис. 1. – Система сортировки мусора ZenRobotics Recycler

2) Дональд Каулинг и Нил Рэндалл из военной исследовательской компании Qinetiq, предложили систему, способную сортировать все отходы, используя «гиперспектральную» камеру. Люди классифицируют объекты по цвету, разделяя видимый электромагнитный спектр на куски. Гиперспектральные камеры для создания «цвета» из ультрафиолетовой и инфракрасной частей электромагнитного спектра используют тот же подход. Одна такая камера различает такие виды отходов, как:

- пластик;
- металл;
- стекло.

Система сортировки на основе данных об ориентации и местоположении объектов дает сигнал, например, манипуляторам на сбор и сортировку мусора [6].

3) Ученые из Исследовательского фонда Университета Джорджии в 2013 году предложили интеллектуальную систему переработки, которую можно будет установить на существующие мусорные корзины. Система включает в себя корпус, установленный в мусорную корзину, в которой используются датчики, способные отслеживать события, связанные с утилизацией, например, когда человек вставляет банку или бутылку в емкость. Визуальная обратная связь, такая, как световой дисплей в форме «смайлика», может быть предоставлена людям, чтобы сообщить им, что была вставлена надлежащая перерабатываемая продукция [7].

4) Автоматическая система идентификации отходов за авторством канадских ученых Брайана В. Синрама, Яна Левассера, Натанаэля Лорти, идентифицирующая и сортирующая неоднородный материал, включает в себя конвейерную ленту и блок идентификации над поверхностью транспортировки для распознавания материала. Блок идентификации включает в себя проектор, проецирующий свет вниз на материал, подлежащий идентификации, который отражает свет в направлении блока идентификации. Блок идентификации включает в себя линзу, принимающую отраженный свет от материала, и первый блок обработки, связанный с линзой для спектрального анализа отраженного света, захваченного линзой, чтобы определить природу материала. Второй блок обработки, связанный с первым блоком для сравнения результатов спектрального анализа с данными о различных материалах, хранящимися во второй базе данных блока обработки [8].

5) В 2017 году российскими учеными был предложен способ сортировки мусора, в котором выполняется захват предметов с конвейера посредством манипуляторов, управляемых системами распознавания предметов; содержащих сканеры, спектрометры, детекторы и другие датчики и системы распознавания, программное обеспечение. При этом

---

захват манипуляторами сортируемых предметов осуществляется с помощью детекторов кода этих меток. Кроме того, конвейер освещается ультрафиолетовыми фонарями, а метки на предметах окрашиваются флуоресцентными красителями. Также блок программного обеспечения оснащен образами 3-D моделей частей мусорных предметов, наиболее стойких к деформированию [9].

б) В 2016 году Э. Уильямсом и Дж. Бентилом была представлена автоматическая сортировочная установка для утилизации отходов с применением микроконтроллера. В этом проекте успешно проводилось отделение органических отходов от неорганических. Для этого они, в данной системе, применили датчик газа, который отправлял данные на микроконтроллер, и на основе этих данных мусор был дифференцирован и позже использован на мусороперерабатывающем заводе [10].



Рис.2. – Автоматическая сортировочная установка для утилизации отходов с использованием микроконтроллера



7) С. Г. Полрадж, С. Хэйт, А. Такур предложили алгоритм обнаружения отходов по изображению, полученному с помощью тепловизионной камеры. Также они представили робота, оснащенного:

- тепловизионной камерой;
- датчиком приближения;
- роботизированной рукой [11].

Таким образом, на основе анализа существующих автоматических систем сортировки ТКО, необходима разработка технических средств распознавания различных объектов при их переработке.

### Литература

1. Григорьев В.Н, Паршакова С.В. Оптимизация технологической схемы сортировки твердых бытовых отходов // Экология и научно-технический прогресс. урбанистика. 2013. №1. С. 39-45.
2. Соколов, Л.И. Управление отходами (waste management): учебное пособие. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. 209 с.
3. Сотнезов А.В., Зайцев В.А., Тарасова Н.П. Морфологический состав твердых коммунальных отходов // Экология техносферы. 2015. №4. С. 10-15.
4. Колычев Н.А. Оптимизация обращения с твердыми бытовыми близкими к ним по составу промышленными отходами в крупных и средних населенных пунктах России // Биосфера. 2013. №4. С. 391-417.
5. Lukka T.J., Tossavainen T., Kujala J.V., and Raiko T., Zenrobotics recyclerrobotic sorting using machine learning. Proceedings of the International Conference on Sensor-Based Sorting (SBS), 2014, pp. 1-8.
6. Mullins J., All-seeing garbage sorter, NewScientist, vol. 6, 2008, pp. 1-3.
7. Patent USA 20140074298 2014.13.03. Smart Recycling System, USA № 14/025180, Jambeck J., Johnsen K., Mozo-Reyes E., Sweet C.

8. Patent Canada 20130253698 2014.28.10. System and method for identifying and sorting material, Canada № 13/787,339, Sinram B. W., Levasseur I., Lortie N.

9. Патент RU 2 624 288 C1 2017.07.03. Способ сортировки мусора // Патент России № 2016117281. 2016. Бюл. № 19. / Пак Ю.А.

10. Paulraj S.G., Hait S., and Thakur A., Automated municipal solid waste sorting for recycling using a mobile manipulator. ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2016, pp 53-60.

11. Williams E.A. and Bentil J., Design and implementation of a microcontroller-based automatic waste management sorting unit for a recycling plant, American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 5, no. 7, 2016, pp. 48-52.

### References

1. Grigor'yev V.N, Parshakova S.V. Ekologiya i nauchno-tekhnicheskij progress. Urbanistika. 2013. №1. pp. 39-45.

2. Sokolov L.I. Upravleniye otkhodami: uchebnoye posobiye [Waste management: Tutorial]. Moskva. Infra-Inzheneriya, 2018. 209 p.

3. Sotnezov A.V., Zaytsev V.A., Tarasova N.P. Ekologiya tekhnosfery. 2015. №4. pp. 10-15.

4. Kolychev N.A. Biosfera. 2013. №4. pp. 391-417.

5. Lukka T.J., Tossavainen T., Kujala J.V., and Raiko T. Proceedings of the International Conference on Sensor-Based Sorting (SBS), 2014, pp 1-8.

6. Mullins J., All-seeing garbage sorter, NewScientist, vol. 6, 2008, pp. 1-3.

7. Patent USA 20140074298 2014.13.03. Smart Recycling System, USA № 14/025180, Jambeck J., Johnsen K., Mozo-Reyes E., Sweet C.



8. Patent Canada 20130253698 2014.28.10. System and method for identifying and sorting material, Canada № 13/787,339, Sinram B. W., Levasseur I., Lortie N.

9. Patent RU 2 624 288 C1 2017.07.03. Sposob sortirovki musora [Waste sorting method], Russia № 2016117281. 2016. Byull. № 19, Pak U.A.

10. Paulraj S.G., Hait S., and Thakur A. ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2016, pp. 53-60.

11. Williams E.A. and Bentil J., American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 5, no. 7, 2016, pp. 48-52.