

УДК 504.064.4

УМНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СОРТИРОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ

Диана Юрьевна Стурова

студент

Мария Николаевна Мишина

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

mascha2308@yandex.ru

Михаил Михайлович Мишин

кандидат технических наук, доцент

meikl2@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к созданию интеллектуальных систем управления отходами на предприятиях пищевой промышленности, анализируются методы стандартизации процессов сортировки и переработки отходов с применением цифровых технологий.

Ключевые слова: умные системы, управление отходами, стандартизация, сортировка, переработка, искусственный интеллект.

Накопление отходов в окружающей среде является актуальной и достаточно серьезной проблемой современности. Особенно остро данная проблема ощутима в крупных населенных пунктах при недостаточно развитой инфраструктуре по утилизации и переработке отходов. Данная проблема требует безотлагательного решения. На помощь приходят цифровые технологии, которые в настоящее время уже прочно вошли во многие сферы нашей жизни. Не стала исключением и сфера управления отходами. Использование цифровых технологий в данной сфере помогает оптимизировать различные процессы, сократить затраты и минимизировать экологический ущерб.

Умные системы управления отходами представляют собой интегрированный комплекс цифровых решений. Такие системы используют технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML), а также датчики и камеры для распознавания различных типов отходов и т.д. Концепция направлена на замену традиционной модели вывоза мусора по графику на интеллектуальную систему, работающую по принципу «по потребности». Цель – исключить человеческий фактор, который зачастую приводит к ошибкам в сортировке, и снизить количество выбрасываемого мусора [1].

Преимущества умных систем управления отходами показаны на рисунке 1.

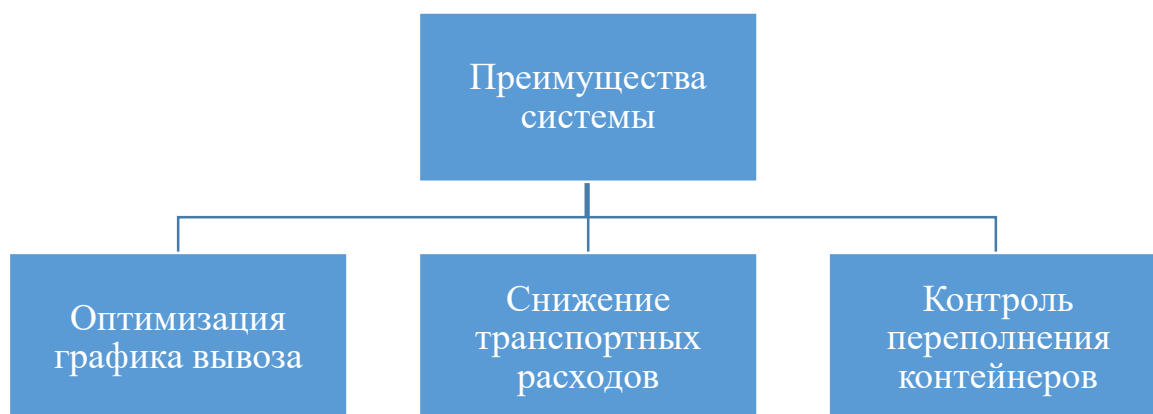


Рисунок 1 – Преимущества умных систем управления отходами [2].

Цифровая автоматизация охватывает все этапы управления отходами: от сортировки до утилизации. В основе функционирования системы лежит интеграция нескольких ключевых технологических компонентов.

Сенсорное оборудование обеспечивает непрерывный мониторинг параметров отходов, предоставляя актуальные данные для принятия управленческих решений.

Использование IoT-датчиков (Internet of Things, «интернет вещей») позволяет регистрировать и собирать информацию о необходимых параметрах (например, температуре, влажности, наполнении контейнера и др.) и передавать эти данные посредством сети Интернет для дальнейшей обработки. Таким образом, осуществляется постоянный контроль необходимых параметров.

Мониторинг в реальном времени позволяет отслеживать заполнение контейнеров и формировать оптимальные маршруты вывоза мусора. Используя «умные» контейнеры, оборудованные датчиками заполненности, и отслеживание в реальном времени местоположения транспортных средств с помощью глобальных навигационных спутниковых систем и другие параметры искусственный интеллект формирует динамические маршруты для мусоровозов. Они забирают наполненные контейнеры, сокращая время пути и количество рейсов. При этом повышается эффективность всей системы управления отходами, сокращаются расходы горючесмазочных материалов для мусоровозов, снижается транспортная нагрузка в пределах населенного пункта, минимизируется негативное воздействие на окружающую среду.

Системы компьютерного зрения выполняют функцию автоматической сортировки материалов. Они анализируют изображение отходов и определяют тип материала по форме, цвету, текстуре. Кроме этого, искусственный интеллект может анализировать так же спектральные данные и проводить идентификацию отходов по химическому составу (например, различные виды пластиков, полимерных материалов) [5]. Эти системы заменяют ручную сортировку отходов и существенно повышают эффективность данного процесса.

Искусственный интеллект выступает в роли оптимизатора производственных процессов, анализируя большие массивы данных и предлагая наиболее эффективные решения. С помощью ИИ проводят анализ данных о потоках отходов и прогнозируют их объемы (например, в зависимости от сезонных колебаний и других факторов). Эти данные используют для расчета мощностей мусороперерабатывающих предприятий.

Полную прослеживаемость всех операций с отходами могут обеспечить блокчейн-технологии (от англ. Block – «блок, модуль» и chain – «цепочка») – это технологии хранения и передачи данных в виде цепочки блоков. Особенностью данной технологии является отсутствие единого центра управления. При этом информация распределена на множестве компьютеров – узлов сети. Каждый узел содержит полную копию всех блоков, поэтому информацию в блокчейне трудно изменить или подделать. Блокчейн технологии гарантируют полную прослеживаемость всех операций с отходами, обеспечивая прозрачность и надежность системы. Они отслеживают движение отходов на всех этапах их жизненного цикла, ведут учет и помогают в борьбе с нелегальной утилизацией.

Таким образом, концепция умной системы управления отходами базируется на комплексном подходе к организации процессов обращения с отходами, включающем современные цифровые технологии.

Важным аспектом внедрения системы является стандартизация процессов, которая реализуется по нескольким направлениям. Прежде всего, разрабатывается детальная классификация пищевых отходов, учитывающая их состав, свойства и возможности переработки. Параллельно внедряются методы автоматической идентификации различных типов отходов, что необходимо для корректной работы систем сортировки. Устанавливаются четкие параметры сортировки, определяющие критерии распределения отходов по категориям. Особое внимание уделяется точности распознавания материалов, что напрямую влияет на эффективность всей системы. Точность распознавания критически важна для минимизации ошибок при сортировке и требует постоянного совершенствования как оборудования, так и программного обеспечения.

Наконец, регламентируется скорость обработки отходов, обеспечивающая оптимальное соотношение между производительностью и качеством сортировки [3].

Комплексная стандартизация всех этих процессов создаёт надёжную основу для эффективной и экологичной системы управления отходами.

Эффективность этих технологий обеспечивается метрологическим контролем, который включает мониторинг ключевых параметров: состава отходов, влажности, температуры, плотности и степени загрязнения. Точный контроль этих характеристик позволяет оптимизировать технологические процессы и соблюдать экологические стандарты.

Стандартизация и нормативное регулирование формируют основу функционирования системы управления отходами. Технические условия определяют характеристики оборудования, методики испытаний устанавливают порядок проверки процессов, протоколы калибровки гарантируют точность измерений, а стандарты безопасности регламентируют эксплуатацию оборудования и защиту персонала. Экологические нормативы устанавливают допустимые показатели воздействия на окружающую среду [4].

Таким образом, стандартизация процессов сортировки отходов является ключевым элементом системы управления отходами, обеспечивающим эффективность всего производственного цикла. Интеграция цифровых технологий, ИИ и стандартизации создаёт эффективную систему управления отходами, способную адаптироваться к производственным условиям. Автоматизация процессов при минимальном участии человека существенно повышает их результативность. Комплексное применение технологий переработки с метрологическим контролем формирует инновационное решение, которое оптимизирует производство и снижает вред для окружающей среды. Это открывает перспективы для развития более экологичных систем управления отходами в будущем.

Такой комплексный подход к организации системы управления отходами позволяет создать эффективную, прозрачную и масштабируемую

инфраструктуру, способную адаптироваться к изменяющимся условиям производства и требованиям экологической безопасности.

Список литературы:

1. Аникин В.М., Аникин А.В. Цифровизация системы управления отходами в городских агломерациях // Экология и промышленность России. 2024. № 2. С. 45-51.
2. Васильев А. В. Интеллектуальные системы управления отходами: современные тенденции развития // Природообустройство. 2023. № 3. С. 12-19.
3. Иванов С.Н., Петрова Е.А. Применение IoT-технологий в системе обращения с отходами // Экология производства. 2024. № 1. С. 23-28.
4. Кириллов О.И. Цифровые решения в управлении отходами: от теории к практике // Экология и промышленность. 2023. № 4. С. 34-41.
5. Сергеев Д.А. Анализ химического состава отходов с применением искусственного интеллекта // Вестник науки №4 (85) том 4. С. 804 - 809. 2025г. ISSN 2712-8849

UDC 504.064.4

SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEMS: STANDARDIZATION OF SORTING AND PROCESSING PROCESSES

Diana Yu. Sturova

student

Maria N. Mishina

candidate of agricultural sciences, associate professor

mascha2308@yandex.ru

Mikhail M. Mishin

candidate of technical sciences, associate professor

meikl2@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article discusses modern approaches to creating intelligent waste management systems at food industry enterprises, and analyzes methods of standardization of sorting and recycling processes using digital technologies.

Keywords: smart systems, waste management, standardization, sorting, recycling, artificial intelligence.

Статья поступила в редакцию 10.09.2025; одобрена после рецензирования 20.10.2025; принята к публикации 31.10.2025.

The article was submitted 10.09.2025; approved after reviewing 20.10.2025; accepted for publication 31.10.2025.