

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СТАНЦИЕЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены принципы проектирования специализированной системы управления для мусороперерабатывающей станции на основе современных подходов к управлению бизнес-процессами (BPM). Проводится анализ эволюции BPM-платформ и обосновывается их применимость к задачам переработки отходов.

**Ключевые слова:** Мусороперерабатывающая станция, управление бизнес-процессами, отказоустойчивость, цифровой двойник, энергоэффективность.

Современные мусороперерабатывающие станции сталкиваются с комплексными задачами, требующими высокоэффективного управления для обеспечения экологической безопасности и экономической рентабельности. Рост объемов отходов, ужесточение экологических стандартов и необходимость оптимизации ресурсов обуславливают актуальность внедрения автоматизированных систем управления. Данное исследование направлено на проектирование и внедрение специализированной системы управления для мусороперерабатывающей станции, основанной на принципах управления бизнес-процессами (BPM) и современных информационных технологиях. В работе анализируются ключевые технологические тренды в области BPM, формулируются цели проектирования такой системы применительно к специфике перерабатывающих предприятий и рассматриваются перспективы интеграции цифровых решений в управление отходами.

BPM-системы эволюционировали от инструментов автоматизации рабочих потоков в интеллектуальные платформы, интегрирующие искусственный интеллект, анализ больших данных и облачные вычисления. Технология Process Mining позволяет выявлять узкие места и расхождения между фактическими и проектными моделями процессов. Например, система исполнения процессов (EMS) от Celonis обеспечивает мониторинг в реальном времени и генерацию рекомендаций по оптимизации.

Среди ключевых технологических векторов развития BPM можно выделить:

- Когнитивную автоматизацию на основе продвинутого ИИ.
- Применение цифровых двойников для виртуального тестирования изменений.
- Интеграцию с edge computing для сценариев с экстремальными требованиями к времени отклика, что может быть критично для управления промышленным оборудованием станции.

BPM-системы демонстрируют высокую адаптивность в различных отраслях: в финансовом секторе, производстве (в сочетании с IoT), здравоохранении и госуправлении. Этот кросс-отраслевой потенциал подтверждает применимость BPM-подходов для оптимизации сложных и регламентированных процессов мусороперерабатывающей станции.

Проектирование специализированной системы управления для мусороперерабатывающей станции должно быть направлено на достижение следующих целей, адаптированных к ее специфике:

I. Автоматизация и минимизация человеческого вмешательства: Автоматизация таких процессов, как взвешивание транспорта, расчет нетто-веса отходов, учет складских запасов и формирование отчетности, позволяет повысить производительность и снизить количество ошибок.

II. Повышение стабильности и надежности: Система должна устойчиво функционировать в условиях изменяющейся нагрузки (объемы поступающего мусора) и потенциальных внешних возмущений, обеспечивая бесперебойность ключевых технологических процессов.



III. Оптимизация производительности: Целью является оптимизация скорости обработки данных (время отклика при взвешивании, формировании отчетов), точности учета (особенно расчета веса) и энергоэффективности работы станции в целом.

IV. Адаптация к динамическим условиям: Система должна быть способна адаптироваться к изменениям, таким как появление новых типов отходов, изменение нормативной базы или модификация технологических линий.

V. Обеспечение безопасности и отказоустойчивости: Учитывая потенциальные экологические риски, система должна предусматривать механизмы диагностики сбоев, резервирования критически важных компонентов и протоколы действий в аварийных ситуациях.

На таблице 1 представлено сравнение основных сценариев применения систем управления.

Таблица 1.

Сравнение основных сценариев применения систем управления

Область применения	Основные цели контроля	Типичные технологии/стратегии	Проблемы и решения
Промышленная автоматизация	Автоматизация процессов, точное управление	Управление траекторией роботизированной руки, системы PLC	Повторяющиеся ошибка задач, калибровка датчика и планирование движения
Энергетические системы	Стабильность напряжения/частоты, защита от помех	ПИД-регулирование, управление координацией микросетей	Колебания нагрузки, надежное управление и системы хранения энергии
Аэрокосмическая промышленность	Быстрая реакция, стабильность полета	Адаптивные алгоритмы управления полетом, избыточные приводы	Возмущения воздушного потока, модель предиктивного управления (МРС)
Автономное вождение	Восприятие окружающей среды, отслеживание пути	Слияние LiDAR, адаптивный круиз-контроль (ACC)	Динамические препятствия, обучение с подкреплением, принятие решений в реальном времени
Медицинское оборудование	Безопасность, точность работы	Управление с обратной связью по усилию, самодиагностика неисправностей	Хирургические ошибки, управление «главный-подчиненный» и отказоустойчивая конструкция
«Умный дом»	Оптимизация энергоэффективности, пользовательский опыт	Интеграция IoT, управление нечеткой логикой	Координация нескольких устройств, периферийные вычисления и адаптивное регулирование



Современные заводы по переработке отходов используют различные технологии: сжигание, захоронение, компостирование и рециклинг. Каждая из них предъявляет свои требования к системе управления. Например, процесс сжигания требует контроля выбросов и оптимального режима горения, в то время как рециклинг зависит от эффективности сортировки и учета вторичного сырья.

Внедрение цифровой платформы управления позволяет интегрировать данные со всего предприятия – от весовой станции до систем очистки газов и складского учета. Это создает основу для сквозного контроля и оптимизации всего жизненного цикла отходов. На рисунке 1 представлен пример функциональной схемы предприятия.

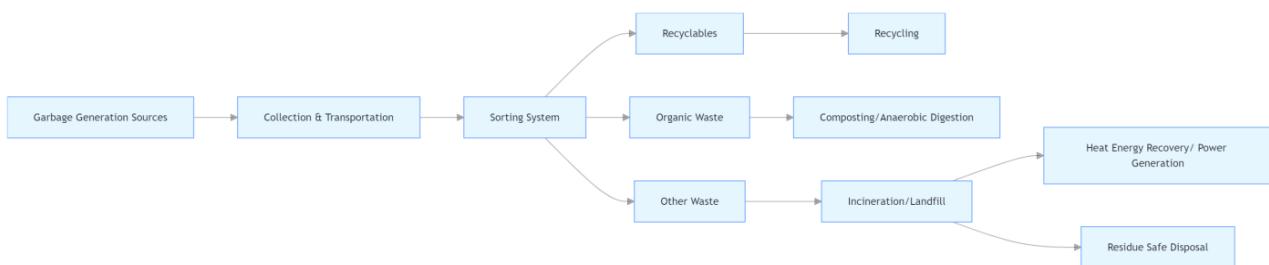


Рисунок 1.

Таким образом, проектирование системы управления для мусороперерабатывающей станции является комплексной задачей, требующей учета как общих принципов построения BPM-систем и целей автоматизации, так и специфики технологических процессов переработки отходов. Анализ современных тенденций показывает, что такие системы движутся в сторону большей интеллектуализации, интеграции данных и адаптивности. Разрабатываемая система должна быть нацелена не только на автоматизацию рутинных операций (таких как ключевой процесс взвешивания и расчета нетто-веса), но и на становление центральным элементом цифровой экосистемы предприятия, способствующим переходу от простой утилизации к циркулярной экономике. Дальнейшая работа будет сосредоточена на детальном проектировании архитектуры, модулей и базы данных предложенной системы.

*Список литературы:*

1. Откало И.В. Автоматизация бизнес-процессов / И.В. Откало // АСТ. – 2025.
2. Сафиуллин Р.К. Основы автоматики и автоматизация процессов / Р.К. Сафиуллин // Юрайт. – 2025.

