

УДК 681.5:664.7

Обзор методов автоматизации технологического процесса маркировки и приемки паллет на предприятии по производству комбикормов

Рыжаков Егор Сергеевич

ryzhakov2004@mail.ru

Федотова Алена Валериевна

fea@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Статья посвящена обзору методов автоматизации технологического процесса маркировки и приемки паллет на предприятии комбикормового производства. Рассматриваются проблемы ручного учета готовой продукции, приводящие к ошибкам, потерям времени и снижению эффективности логистических операций. Предложены методы автоматизации на основе систем маркировки с использованием штрих-кодов и RFID (Radio Frequency Identification) технологий, интегрированных с MES (Manufacturing Execution System) и WMS (Warehouse Management System) системами. Проведено функциональное моделирование процессов в нотации IDEF0 (Isat DEFinition for Function Modeling). Обоснована целесообразность внедрения автоматизированных решений для повышения производительности и качества учета продукции.

Ключевые слова: автоматизация производства, маркировка паллет, комбикормовое производство, RFID-технологии, штрихкодирование, MES система, складская логистика

Введение. Комбикормовая промышленность является важнейшей составляющей агропромышленного комплекса России, обеспечивающей кормовой базой животноводческие и птицеводческие хозяйства. Производство комбикормов представляет собой сложный технологический процесс, включающий приемку и подготовку сырья, дозирование компонентов, смешивание, гранулирование, охлаждение и упаковку готовой продукции. Заключительным этапом производственного цикла является формирование транспортных паллет и их маркировка для последующей отправки на склад или отгрузки потребителям.

Современные комбикормовые заводы характеризуются высокой производительностью — до 60–100 тонн готовой продукции в сутки. При этом готовая продукция формируется в мешки массой 25–50 кг, которые укладываются на паллеты по 1–1,5 тонны. Ежедневно предприятие может отгружать 40–100 паллет различных видов комбикормов, что создает значительную нагрузку на систему учета и логистики [1].

Проблема эффективного учета готовой продукции особенно остро проявляется на этапах маркировки сформированных паллет и их приемки на склад готовой продукции. Традиционные методы ручного учета с использованием бумажных накладных приводят к следующим проблемам: ошибки при иден-

тификации продукции и партий; несвоевременное обновление данных о складских остатках; затруднения при проведении инвентаризации; отсутствие прослеживаемости движения продукции; увеличение трудозатрат персонала складского хозяйства.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью повышения эффективности производственных и логистических процессов комбикормовых предприятий путем внедрения современных средств автоматизации учета готовой продукции. Целью работы является анализ технологического процесса маркировки и приемки паллет, выявление проблемных участков и разработка решений по их автоматизации с использованием современных технологий идентификации.

Анализ технологического процесса производства комбикормов и формирования паллет. Технологический процесс производства комбикормов на современных предприятиях включает следующие основные операции: прием и размещение сырья на складах; предварительная очистка и измельчение зерновых компонентов; дозирование компонентов согласно рецептуре; смешивание компонентов в смесителе периодического или непрерывного действия; гранулирование смеси при температуре 80–120 °С; охлаждение гранулированного комбикорма; фасовка в мешки на автоматических упаковочных линиях; укладка мешков на паллеты и обмотка пленкой.

Процесс формирования паллеты выполняется автоматическим или полуавтоматическим паллетоукладчиком. Мешки с комбикормом укладываются в несколько рядов на европоддон стандартных размеров 1200×800 мм или 1200×1000 мм. Количество мешков на паллете зависит от массы мешка и может составлять от 30 до 50 штук общей массой 1000–1500 кг. После укладки паллета автоматически обматывается стрейч-пленкой для обеспечения целостности груза при транспортировке.

Сформированная паллета поступает в зону маркировки, где на нее необходимо нанести этикетку, содержащую следующую информацию: наименование продукции и код по рецептуре; номер производственной партии; дата производства и срок годности; масса нетто и брутто; данные производителя и контактная информация; идентификационный номер паллеты; штрихкод или QR-код для автоматизированного учета [1, 2].

На большинстве действующих комбикормовых предприятий маркировка паллет осуществляется вручную. Оператор печатает этикетку на принтере, вводя данные с клавиатуры или выбирая из предварительно подготовленных шаблонов, и наклеивает ее на пленочную обмотку паллеты. Данные о сформированной паллете заносятся в журнал учета или в учетную систему предприятия. Такой подход имеет следующие недостатки: высокая вероятность ошибок при ручном вводе данных; низкая производительность процесса маркировки; сложность обеспечения прослеживаемости продукции; отсутствие интеграции с системами управления складом.

После маркировки паллета транспортируется на склад готовой продукции автоматическим погрузчиком или вручную электропогрузчиком. На эта-

пе приемки на склад кладовщик визуально проверяет соответствие паллеты сопроводительным документам, сверяет данные на этикетке и вносит информацию в систему складского учета. При ручном учете этот процесс также подвержен ошибкам и требует значительных временных затрат, особенно в периоды пиковой нагрузки.

Функциональное моделирование процесса маркировки и приемки паллет. Для того чтобы проанализировать данный технологический процесс и выявить проблемные места, была создана функциональная модель процесса по нотации IDEF0 [3].

Контекстная диаграмма верхнего уровня A-0 отображает процесс маркировки и приемки паллет как единую функцию с входами, выходами, управлениями и механизмами. Входами процесса являются маркированная продукция, производственное задание. Выходами процесса являются паллета, принятая на склад и зарегистрированная в учетной системе, запись о приемке в MES/WMS. Управляющими воздействиями являются ГОСТ 23462–2019 «Продукция комбикормовой промышленности. Правила приемки, упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [4], регламенты приемки продукции на склад, рецептурные данные из ERP-системы. Механизмами выполнения функции являются персонал — операторы линии маркировки и кладовщики склада, а также используемое оборудование — принтеры этикеток, сканеры штрихкодов (рис. 1).

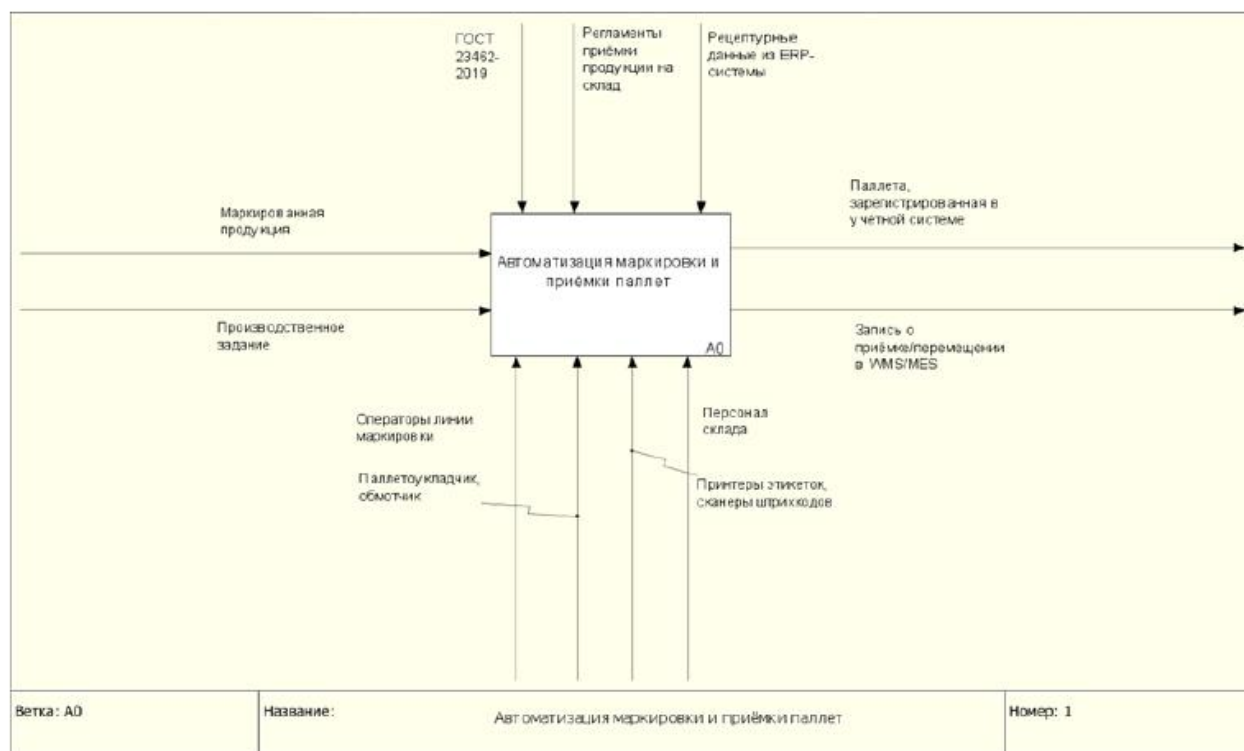


Рис. 1. Контекстный уровень диаграммы IDEF0

Декомпозиция контекстной диаграммы на диаграмме уровня А0 выделяет пять основных функциональных блоков: получение данных о производственном задании из ERP-системы, формирование продукции на паллете в соответствии с заданием, печать и нанесение маркировки на паллету, контроль полноты заполнения паллеты, передача готовой паллеты в транзитную зону накопления (рис. 2).

Входами функционального блока получения данных о производственном задании являются производственные данные о текущей партии комбикорма, выходами — параметры задания, данные для печати. Управлением служат рецептурные данные из ERP-системы. Механизмами выполнения являются интеграционный шлюз/API (Application Programming Interface), оператор линии маркировки.

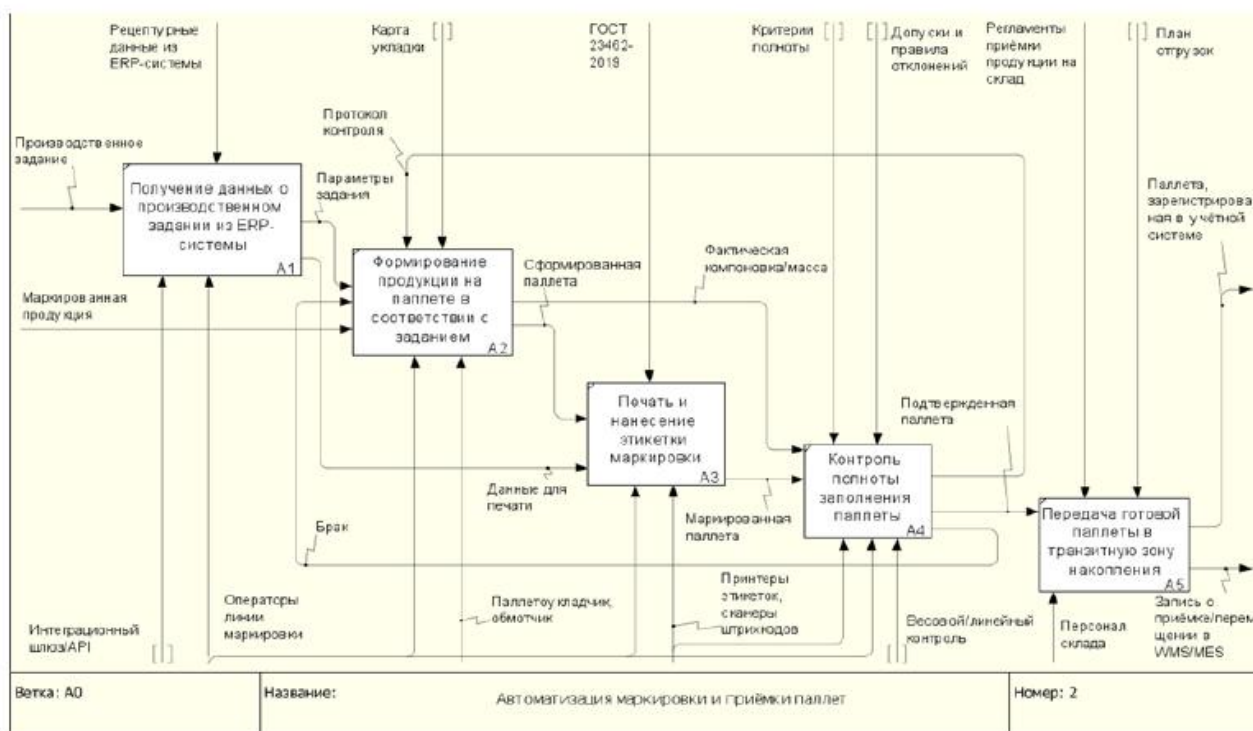


Рис. 2. Декомпозиция диаграммы IDEF0

Входами для функционального блока формирования продукции на паллете в соответствии с заданием являются маркированная продукция, параметры задания, бракованная паллета в случае ее обнаружения на блоке А4, выходами — сформированная паллета, фактическая компоновка/масса. Управлением служат карта укладки и протокол контроля. Механизмами являются паллетоукладчик, обмотчик и оператор линии.

Функция печати и нанесения этикетки маркировки на вход принимает сформированную паллету и данные для печати. Выход: маркированная паллета. Управлением служит ГОСТ 23462–2019 «Продукция комбикормовой промышленности. Правила приемки, упаковка, маркировка, транспортирова-

ние и хранение». Механизмами являются принтеры этикеток, сканеры штрихкодов, операторы линии маркировки.

Функциональный блок контроля полноты заполнения паллеты на вход принимает маркированную паллету, фактическую компоновку/массу. Выходы: подтвержденная паллета/брак, протокол контроля. Управлением являются критерии полноты, допуски и правила отклонений. Механизмы: принтеры этикеток, сканеры штрихкодов, операторы линии маркировки, весовой/линейный контроль.

Функциональный блок передачи готовой паллеты в транзитную зону накопления на вход принимает подтвержденную паллету. Выходы: паллета, зарегистрированная в учетной системе, запись о приемке/перемещении в WMS/MES. Управлением являются регламенты приемки продукции на склад, план отгрузок. Механизмы: персонал склада.

Анализ функциональной модели выявляет все описанные ранее проблемные участки при ручном выполнении процессов.

Разработка решений по автоматизации процесса маркировки и приемки паллет. Для устранения выявленных проблем предлагается внедрение автоматизированной системы маркировки и учета паллет, включающей следующие компоненты: принтер-аппликатор этикеток с автоматическим нанесением на паллету; систему генерации и печати этикеток, интегрированную с MES; автоматизированную станцию сканирования паллет на входе на склад; WMS-систему для учета и управления складскими операциями; единую базу данных для прослеживаемости движения продукции.

Автоматизированная система маркировки должна обеспечивать следующие функции: автоматическое получение данных о произведенной продукции из MES-системы комбикормового завода; генерацию уникального идентификационного номера для каждой паллеты с использованием серийной нумерации; формирование этикетки с включением всех необходимых данных и штрихкода; автоматическую печать этикетки и ее нанесение на боковую поверхность паллеты без участия оператора; передачу данных о маркированной паллете в систему складского учета в режиме реального времени [5, 6].

Для реализации автоматической маркировки рекомендуется использование принтеров-аппликаторов паллетных этикеток. Такие устройства сочетают функции термотрансферного или струйного принтера с механизмом автоматического нанесения напечатанной этикетки на проходящую паллету. Принтер-аппликатор устанавливается на конвейере после паллетообмотчика. При приближении паллеты датчик положения определяет ее местонахождение, система печатает этикетку с актуальными данными и механизм аппликации наносит ее на боковую поверхность паллеты на заданной высоте.

Система автоматической маркировки обеспечивает следующие преимущества: исключение ошибок при ручном вводе данных; повышение производительности — маркировка выполняется за время транспортировки паллеты по конвейеру; обеспечение стабильного качества и читаемости этикеток; автоматическая интеграция с учетными системами [7].

Для автоматизации процесса приемки паллет на склад предлагается внедрение автоматизированной станции сканирования, размещаемой на входе в зону склада. Станция представляет собой конвейер или проездные ворота, оборудованные стационарными сканерами кодов DataMatrix или RFID-считывателями, которые автоматически считывают идентификаторы с паллет при их проезде. Считанные данные передаются в WMS-систему, которая регистрирует поступление паллеты на склад и определяет место ее размещения согласно правилам складской логистики.

При использовании кодов DataMatrix станция сканирования оборудуется несколькими стационарными 2D-сканерами, размещенными под разными углами для обеспечения гарантированного считывания кода с любой стороны паллеты. Такая конфигурация обеспечивает скорость обработки до 100 паллет в час. При использовании RFID-технологии на каждую этикетку наносится пассивная UHF (Ultra High Frequency) RFID-метка, которая считывается RFID-считывателем на расстоянии до 5–10 метров. RFID-технология обеспечивает более высокую надежность идентификации, возможность одновременного считывания нескольких паллет и работу при загрязнении или повреждении этикетки [8, 9].

Система складского учета должна быть реализована на базе WMS-системы, обеспечивающей управление всеми складскими операциями: приемку продукции с автоматической регистрацией по штрихкодам или RFID; размещение паллет в ячейках хранения с учетом правил складирования; контроль остатков и сроков годности продукции; формирование заданий на комплектацию заказов; отгрузку продукции с автоматическим сканированием паллет; инвентаризацию складских остатков.

Интеграция MES-системы производства, системы автоматической маркировки и WMS-системы склада обеспечивает сквозную прослеживаемость движения продукции от момента производства до отгрузки потребителю. Единая база данных содержит полную информацию о каждой паллете: дата и время производства; использованное сырье и номера партий компонентов; результаты лабораторного контроля качества; текущее местоположение на складе; история перемещений; дата отгрузки и получатель продукции.

Такая система обеспечивает выполнение требований прослеживаемости продукции, упрощает работу с рекламациями и позволяет оперативно реагировать на возможные проблемы качества путем быстрой идентификации всех паллет из конкретной производственной партии.

Оценка эффективности внедрения автоматизированной системы. Внедрение разработанной системы на опытном участке показало следующие результаты. Время обработки одной паллеты сократилось с 105–160 секунд до 35–50 секунд (сокращение на 55–70 %). Количество ошибок маркировки снизилось с 12–18 до 1–2 случаев на 1000 паллет (снижение на 85–90 %). Производительность линии паллетирования увеличилась с 80–100 до 130–150 паллет в смену (рост на 45–60 %) [10]. Сравнительный анализ эффективности внедрения автоматизированной системы маркировки паллет представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ эффективности внедрения автоматизированной системы маркировки паллет

Показатель	Ручной процесс	Автоматизация	Улучшение
Время обработки (с)	105–160	35–50	Снизилось на 55–70 %
Число ошибок маркировки (ошибок/1000 паллет)	12–18	1–2	Снизилось на 85–90 %
Производительность (паллет/смену)	80–100	130–150	Увеличилась на 45–60 %
Время инвентаризации (мин)	7–15	1–3	Снизилось на 80–90 %

Заключение. В работе проведен анализ технологического процесса маркировки и приемки паллет на комбикормовом предприятии, выявлены проблемные участки, связанные с ручным выполнением операций, рассмотрены методы автоматизации процесса и разработаны решения по их внедрению. Функциональное моделирование процессов в нотации IDEF0 позволило структурировать взаимосвязи функций, потоков информации и материальных объектов.

Предложенная автоматизированная система маркировки и учета паллет на основе принтеров-аппликаторов, автоматических станций сканирования и WMS-системы обеспечивает следующие преимущества: исключение ошибок при идентификации и учете продукции; повышение производительности операций маркировки и приемки; обеспечение сквозной прослеживаемости движения продукции; интеграция с системами управления производством и складом; снижение трудозатрат персонала на рутинные операции.

Перспективами развития работы являются исследование применения технологий машинного зрения для контроля качества укладки паллет и целостности упаковки, интеграция с системами автоматизированного складирования на базе стеллажей с автоматическими штабелерами, а также разработка алгоритмов предиктивной аналитики для оптимизации производственного планирования с учетом данных о складских остатках и динамике спроса.

Литература

- [1] *Технология производства комбикормов. Основные этапы и оборудование.* URL: <https://mppnik.ru/publ/472-tehnologiya-proizvodstva-kombikormov.html> (дата обращения 14.09.2025).
- [2] *Автоматизация комбикормовых заводов: современные технологии управления и их влияние на эффективность производства.* URL: <https://milltech.com.ru/blog/avtomatizatsiya-protsssov-na-kombikormovykh-zavodakh/?ysclid=mhg6xo2air98457558> (дата обращения 17.09.2025)

- [3] Лапиной М.А., Ржевской Н.В., Медведевой А.С., Золотовой А.Г. Применение диаграммы IDEF0 для наглядного представления структуры проекта. *Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета*, 2023, № 1 (37). URL: https://api-mag.kursksu.ru/api/v1/get_pdf/4821/ (дата обращения 15.09.2025).
- [4] ГОСТ 23462–2019. *Продукция комбикормовой промышленности. Правила приемки, упаковка, маркировка, транспортирование и хранение*. Москва, Стандартинформ, 2020, 18 с.
- [5] *MES для агропредприятия. Тотальный контроль пищевого производства в реальном времени*. URL: <https://gervig.ru/poleznaja-informacija/mes-dlja-agropredprijatija-totalnyj-kontrol-pishhevo-proizvodstva-v-realnom-vremeni> (дата обращения 03.10.2025).
- [6] *Система управления складом (WMS)*. URL: <https://habr.com/ru/articles/252889/?ysclid=mhg6mtx4sj308139510> (дата обращения 05.10.2025).
- [7] *Цифровизация предприятий пищевой промышленности. Современные технологии. Экономика и управление*. URL: <https://1economic.ru/lib/122489> (дата обращения 10.10.2025).
- [8] Бикмурзина А.И. Использование кода DataMatrix как способа для идентификации товара. *Вестник науки*, 2023, № 4, с. 35–43.
- [9] *Как RFID революционизирует производство?* URL: <https://www.asiarfid.com/ru/rfid-revolutionize-manufacturing.html?ysclid=mhg73l5e51901831705> (дата обращения 17.10.2025).
- [10] *Маркировка кормов для домашних животных по требованиям системы честный знак*. URL: <https://id-russia.ru/marketing/korm-dlya-zhivotny-x> (дата обращения 25.10.2025).

Automation methods review for the pallet labeling and acceptance at a feed production enterprise

Ryzhakov Egor Sergeevich

ryzhakov2004@mail.ru

Fedotova Alyona Valerievna

fea@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

This article is devoted to the pallet labeling automation methods review and acceptance process at a feed enterprise. It examines the manual finished product inventory challenges, which leads to errors, wasted time and reduced logistics efficiency. Automation methods based on barcode and RFID (Radio Frequency Identification) labeling systems integrated with MES (Manufacturing Execution System) and WMS (Warehouse Management System) systems are proposed. Functional process modeling using IDEF0 (Icam DEFinition for Function Modeling) notation is conducted. The economic feasibility of automated solutions implementation to improve productivity and product inventory quality is substantiated.

Keywords: *production automation, pallet labeling, feed mill production, RFID technology, barcoding, MES system, warehouse logistics*