

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФАСОВКИ СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Студент группы 30309121 Буряк А. Ф.

Научный руководитель – старший преподаватель Козлов Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение

Современная пищевая промышленность сталкивается с необходимостью повышения точности и стабильности технологических процессов, особенно в условиях растущего спроса на высококачественные молочные продукты. Важным звеном в обеспечении качества конечной продукции является процесс фасовки, где даже незначительные отклонения дозирования могут сказаться на стабильности продукта. Автоматизация данного этапа производства, в частности фасовка сухого молока в мешки массой 25 кг, становится стратегическим направлением для снижения влияния человеческого фактора и оптимизации технологического процесса.

Применение современных принципов мехатроники, объединяющих в себе элементы механики, электроники и систем управления, позволяет создать интеллектуальные и адаптивные решения для фасовки пищевых продуктов. Интеграция разнообразных датчиков, исполнительных механизмов и специализированного программного обеспечения обеспечивает высокую точность дозирования, оперативное реагирование на изменения технологических параметров и стабильное качество упаковки. Такой подход позволяет не только минимизировать производственные потери, но и усилить контроль за соблюдением санитарно-технологических норм, что имеет решающее значение для отечественного производства в условиях жесткой конкуренции на международном рынке.

Целью данной работы является разработка автоматического устройства для фасовки сухих молочных продуктов, направленного на сокращение

технологических потерь и повышение производительности упаковочного процесса. В процессе реализации проекта предусматривается решение комплекса задач, включающего анализ существующих аналогов фасовочных систем, формирование технических требований с учетом экономических и санитарно-технологических аспектов, разработку структурной и электрической схем, выбор надежных компонентов и создание программного обеспечения для управления процессом дозирования и контроля качества. Создание данного устройства позволит обеспечить оперативное масштабирование производственных линий, повысить конкурентоспособность отечественного производства и значительно улучшить качество выпускаемой продукции.

1 Анализ проблемы построения автоматического устройства

Обзор литературных источников и анализ аналогов

В основе разработки лежит тщательный анализ современного состояния автоматизации в пищевой промышленности, охватывающий как теоретические подходы управления процессами, так и практический опыт применения программируемых логических контроллеров (ПЛК), систем моделирования в SolidWorks и специализированных САПР для разработки электрических схем. Использование комплексных сенсорных систем – индуктивных датчиков, тензодатчиков и емкостных сигнализаторов – позволяет обеспечить высокую точность измерений, необходимую для контроля дозирования сыпучих продуктов.

На рынке представлено несколько типов фасовочного оборудования, таких как вертикальные упаковочные машины (например, HDL-K60C), весовые дозаторы (ДВШ-50П-КБДЗ) и комплексные фасовочно-упаковочные автоматы (DXDK-1000). Каждый из этих типов отличается конструктивной универсальностью, способностью к высокой производительности и надежностью. Сравнительный анализ аналогов показывает, что ключевыми факторами при выборе оборудования являются точность дозирования, скорость работы, энергоэффективность, а также соблюдение санитарных норм и возможность интеграции в существующие производственные линии.

2 Выработка технических требований

Исходя из анализа источников и изучения аналогов, формируются следующие группы технических требований:

1. Функциональные требования: Обеспечение точного дозирования сухого молока с погрешностью не более $\pm 0,2\%$ от заданной массы (максимум 30 кг); автоматическая фиксация мешка при запуске процесса; контроль и автоматическое освобождение фиксации по завершении наполнения.

2. Структурно-морфологические требования: Система должна включать устойчивая цепь питания, исполнительный механизм, устройство управления (на базе ПЛК) и сенсорную панель для визуализации данных, обеспечивая корректное взаимодействие между блоками.

3. Процессуальные требования: Логика работы реализуется по цепи «Устройство управления – Сенсорная система – Исполнительный механизм», где данные с датчиков поступают в контроллер, обрабатываются согласно алгоритму, и далее отдаются команды исполнительным устройствам.

4. Параметрические и эксплуатационные требования: Скорость отклика датчиков – порядка 15 мс; время передачи сигнала – до 5 мс; выполнение работы в условиях умеренного климата (с учетом требований ГОСТ по климатическому исполнению). Также особое внимание уделено безопасности: защита от электромагнитных помех, предотвращение накопления продукта в критичных зонах и соблюдение гигиенических норм.

3 Разработка автоматического устройства для фасовки

1. Выбор программного обеспечения

Для разработки устройства используются современные программные комплексы:

CODESYS V3.5 – для программирования алгоритмов работы ПЛК посредством релейно-лестничных схем (LD) и структурированного текста (ST). Эта среда позволяет проводить симуляцию, онлайн-мониторинг и отладку кода.

SOLIDWORKS – для создания 3D-моделей и проведения расчётов напряженно-деформированного состояния основных конструктивных элементов.

Draw.io – для построения блок-схем и общих структурных диаграмм системы.

2. Структурная схема системы

Разработанное устройство состоит из нескольких взаимосвязанных блоков:

1. Источник питания – обеспечивает подачу электроэнергии как на элементы управления, так и на исполнительные агрегаты.

2. Устройство управления – центральный элемент на базе ПЛК, отвечающий за сбор данных от датчиков и формирование команд для исполнительных механизмов.

3. Исполнительный механизм – включает электрические двигатели, пневматические цилиндры и распределители, обеспечивающие движение и дозирование продукта.

4. Блок датчиков – совокупность сенсоров, включая индуктивные датчики (для определения наличия заготовки), тензодатчики (для измерения веса) и датчики положения.

5. Сенсорная панель – предоставляет оператору возможность мониторинга в реальном времени, настройки параметров и ручного управления.

3. Выбор компонентов системы

Для реализации проекта были подобраны следующие основные компоненты:

1. Блок питания
2. Электродвигатели с червячными редукторами
3. Пневмо-распределители (тип 5/2)
4. Датчики
5. Преобразователь частот
6. ПЛК
7. Преобразователь сигналов тензодатчиков
8. Пневматические цилиндры

Принцип работы устройства

Работа системы начинается с запуска и инициализации всех блоков. Затем устройство последовательно выполняет следующие этапы:

1. Проверка наличия продукта в бункере. Если продукт отсутствует, подается сигнал на подачу сырья.

2. Проверка наличия мешка в зоне дозирования. При обнаружении мешка система фиксирует его положение.

3. Дозирование продукта. Начинается автоматическое заполнение мешка, при этом тензодатчики постоянно контролируют массу продукта. Дозирование прекращается, когда вес достигает 25 кг.

4. Завершение цикла. Система возвращается в режим ожидания и готова к следующему циклу фасовки.

Логика работы реализована с использованием ПЛК и программных алгоритмов, разработанных в среде CODESYS, что обеспечивает высокую точность и надежность функционирования. Также полученные данные визуализируются на панели оператора, позволяя контролировать процесс в реальном времени.

Заключение

В ходе работы над проектом был разработан комплекс инновационного устройства для фасовки сухого молока. Проведен всесторонний анализ аналогичного оборудования, выработаны четкие технические и эксплуатационные требования, а также выполнена детальная разработка структурной и электрической схем. Особое внимание уделено выбору надежных компонентов, таких как ПЛК, промышленные блоки питания, электродвигатели с преобразователями частот и высокоточные датчики. Итоговая система обеспечивает точное дозирование сыпучего продукта в пределах $\pm 0,2\%$, что позволяет значительно сократить производственные потери, повысить качество выпускаемой продукции и удовлетворить требования современных производственных линий. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию дополнительных модулей связи и внедрение систем предиктивного обслуживания.

Литература

1. Документация по SolidWorks - [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://help.solidworks.com/2025/russian/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm?verRedirect=1

2. Рекомендации производителя компонентов ОВЕН - [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://owen.ru/>

3. Гейтенко Е.Н. «Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет». Москва: СОЛОН-Пресс, 2008

4. Руководства по программированию ПЛК в среде CODESYS.