

меди почти 2,5 раза с теми же показателями. И все же выбор, замены обмоток на медь или на алюминии нужно строго исходя из потребностей и возможностей заказчика.

Таким образом, модернизированный трансформатор ТМ-95/6 будет гораздо эффективнее аналога и следовательно, его эксплуатация возможна без снижения качества.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров П. М. Расчет трансформатора – М.: Альянс, 2009.–528 с.
2. Фарбман С.А., Бун А.Ю., Райхлин И.М. – Ремонт и модернизация трансформаторов.
3. Котелец Н.Ф. Акимова Н.А., Антонов М.В. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин – Издательский центр: "Академия", 2003.
4. Сапожников А.В. Конструирование трансформаторов. – изд. 2 М., Л.: Государственное энергетическое издательство, 2006

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УПАКОВОЧНОЙ МАШИНЫ

Древаль М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Решение проблемы импортозамещения ставит необходимостью разработки современного оборудования для пищевых отечественного производства.

#### *Описание принятых технических решений*

С конвейера, где отливаются шоколадные конфеты посредством зигзагообразного транспортирующего укладчика, производится их перемещение на следующий конвейер, где они укладываются в одну линию и поступают на движущую ленту, равномерно выравниваясь.

Далее, каждая из конфет с помощью сервопривода переключается в ячейку ленты с разделительными лопатками. Над этой лентой синхронно перемещается упаковочная пленка с метками для датчика. В узле упаковки производится продольная сварка пленки, т.е. формируется непрерывный пакет. Одновременно, батончики перемещаются вперед, внутрь пакета, и проходят через позицию поперечной горизонтальной сварки, резки пакета (Рисунок 1).

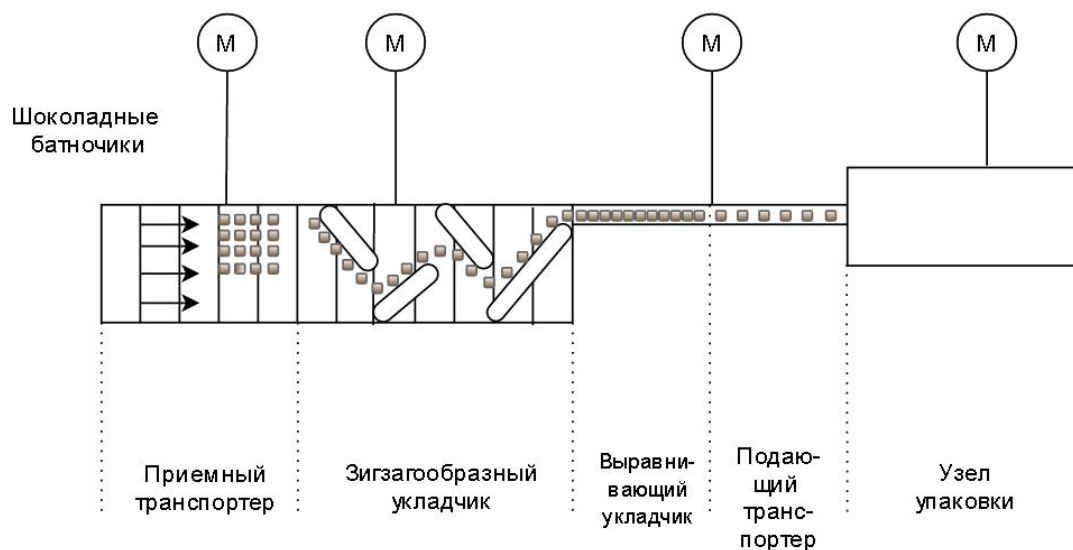


Рис. 1. Схема конвейера по упаковке шоколадных батончиков

### **Описание технологического процесса**

-Принимающий узел.

Движение ленты транспортёра-формирователя конфет определяется цикличностью их изготовления (отливки) и управляется прерывателем. Лента приёмного транспортёра обеспечивает равномерность подачи конфет на упаковку вне зависимости от пауз в работе предыдущего транспортёра.

-Зигзагообразный укладчик.

Обеспечивает укладку конфет в линию, с промежутками между ними. Является буфером, обеспечивающим непрерывную подачу конфет на упаковку, вне зависимости от изменения количества конфет, поступающих с приёмного транспортёра. Предотвращает упаковку пустого или переполненного пакета.

-Состав подающего узла:

1. Приемный транспортер.

Выполняет функцию накопителя, конфеты укладываются впритык, одна за другой (Рисунок 5).

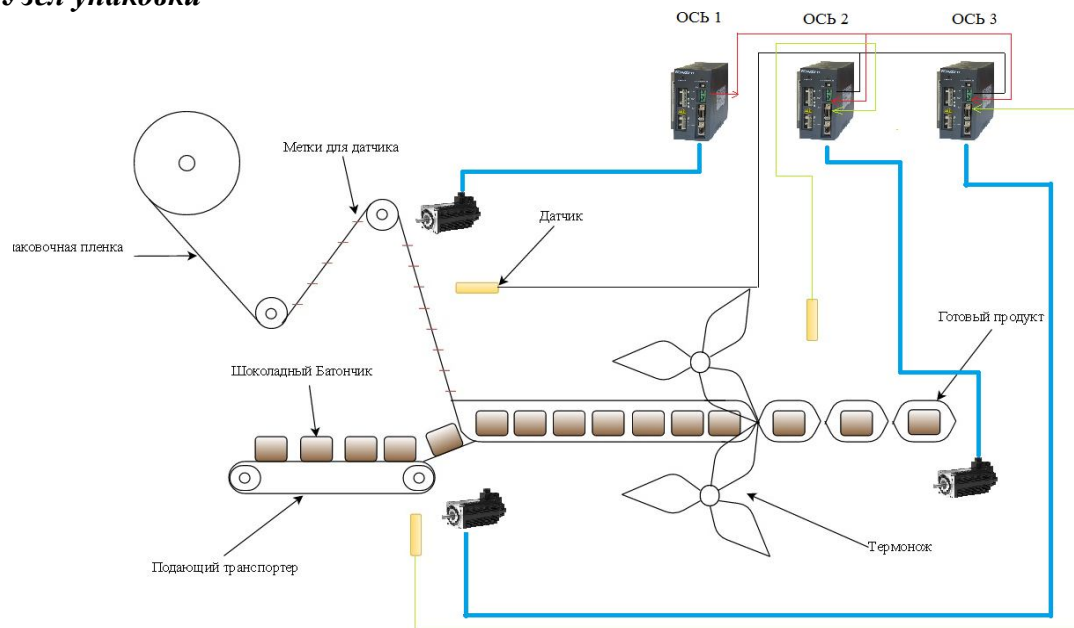
2. Регулируемый транспортер (несколько конфет).

Благодаря разности скоростей, делит каждую порцию конфет на ленте 1 на одинаковые отрезки (по одной конфете на каждом), причём шаг расположения равен шагу лопаток на лопаточном транспортёре (Рисунок 5).

3. Регулируемый транспортер(одна конфета).

Его назначение такое же, как у транспортёра 2. Но длина ленты 3 равна шагу между лопатками, и на него не должно попадать более одной конфеты с транспортёра 2 при разгоне или торможении (Рисунок 5).

### **Узел упаковки**



**Рис. 2.** Схема узла упаковки

1. Подача упаковочной пленки (ось 1).

Эта координата с управляемой скоростью является главной осью системы (Рисунок 2).

2. Привод ножа (ось 2).

Ось синхронизируется от 1 оси с помощью сервопривода. При поступлении на сервопривод сигнала датчика цветной метки активизируется этот режим и начинается

его выполнение. Сервопривод производит захват сигнала метки и управляет скоростью для обеспечения точного управления позиционированием ножа (Рисунок 2).

### 3. Привод подачи конфет (ось 3).

Эта ось синхронизируется от 1 оси с помощью сервопривода. Для автоподстройки расположения конфеты на транспортёре используется синхронизация с цветными метками на плёнке (Рисунок 2).

#### **Расчет работы подающего транспортера**

Сервопривод лопаточного транспортёра и сервопривод подачи упаковочной плёнки синхронизированы. Считаем, что они движутся со скоростью  $V$ , шаг между лопатками  $S$  и время упаковки одной конфеты  $T$ . (Рисунок 7). Если мы хотим разместить конфету посередине между лопатками, то необходимо настроить расстояние между краем конфеты и лопаткой. Когда устанавливается расстояние  $(S-D)/2$  - это означает, что конфета находится как раз посередине. Считаем её базовой точкой, относительно которой рассчитываются управляющие воздействия для сервоприводов.

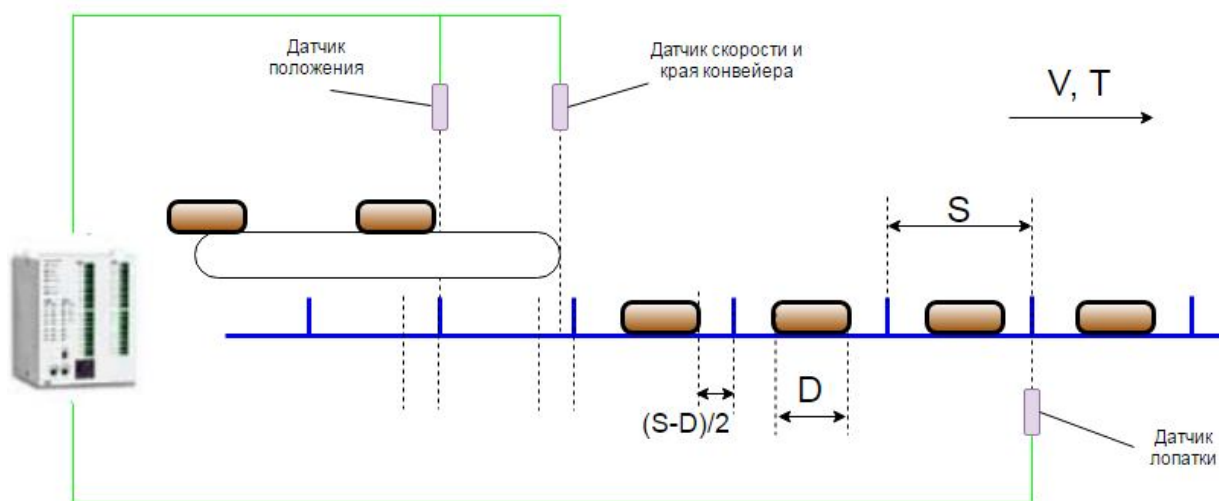


Рис. 3. Работа подающего транспортера

#### **Смета установки**

Таблица 1. Стоимость оборудования

№ п/п	Наименование	Тип	Количество, шт	Стоимость, руб.
1	Конвейер ленточный	ЛК-Л	1	45000
2	Барaban приводной	БП-4020Ф-80	1	25000
3	Термонож-запайщик полуавтоматический Magipack	PE 80P	1	43000
4	Сервопривод Servo	E-1	6	150000
5	Транспортер вертикальный	HT77001	1	50000
6	Индуктивный датчик перемещения	XS618B4PAL5	5	По запросу
7	Импульсный датчик скорости	ПД 8093-1	3	По запросу
8	Диффузионный оптический датчик метки	ODG I49A5	1	По запросу
			Итого	313000

**Таблица 2. Стоимость работ**

Наименование	Стоимость, руб.
Разработка технического проекта	60000
Шеф-монтаж	40000
Пуско-наладочные работы	40000
Итого	140000

**Общие проблемы и их решения**

Проблема 1.

При подаче конфеты вылетают.

- Необходимо убедиться, что правильно установлен датчик.
- Необходимо убедиться, что правильно выставлено рабочее расстояние датчика, особенно в точке сопряжения двух конвейеров.

- Убедиться в отсутствии проскальзывания ленты конвейера.
- Убедиться в правильной работе системы прижима конфет воздухом к ленте.
- Убедиться в чистоте транспортёрной ленты.
- Убедиться, что нижняя поверхность конфеты ровная и чистая, или что прижим конфет воздухом не работает.

- Скорость подачи больше скорости упаковки.

Проблема 2.

Много упаковывается пустых пакетов.

- Скорость упаковки больше скорости подачи.
- Производительность машины, производящей конфеты, существенно меньше нормы.

Проблема 3.

Длина резки отличается от заданного значения.

- Убедиться, что таблица механических параметров ножниц задана правильно.

Проблема 4.

На приёмном конвейере конфеты уложены не в линию.

- Необходимо проверить правильно ли установлен датчик и не нарушено ли рабочее расстояние.

Проблема 5.

Конфеты падают в конце зигзагообразного транспортёра.

- Скорость упаковки очень мала, необходимо убедиться в правильной установке ленты транспортёра и правильной установке направляющих роликов.

Проблема 6.

При подаче, две конфеты попадают в один момент в одну и ту же ячейку лопаточного транспортёра.

- Неправильное количество конфет.
- При маленькой скорости упаковки происходит скопление, набегание конфет на лопаточном конвейере.
- При высокой температуре происходит слипание конфет друг с другом.

Проблема 7.

Хотя длина резки установлена правильно, размер пакетов отличается от заданной.

- Убедиться в наличии чёткого сигнала цветной метки, отсутствии проскальзывания вала в приводе подачи упаковочной плёнки.

**Выводы:**

На реализацию проекта требуется 453 тыс.рублей. Производительность упаковочного узла 200 батончиков/мин, это около 78 тыс. батончиков за смену. Цена

одного батончика равняется 30 рублей. С учетом рентабельности товара в 60%, потребуется около года, чтобы оборудование окупилось.

В результате проделанной работы, можно сделать вывод, что проект является экономически целесообразным и его следует реализовать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инжиниринг для предприятий: [Электронный ресурс] // URL: <http://www.enginrussia.ru/informatsiya/> (Дата обращения: 20.08.2016).
2. Энциклопедия Кругосвет: [Электронный ресурс] // URL: [http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/tehnologiya\\_i\\_promyshlennost/KONVEERI.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/KONVEERI.html)
3. Металлоинвест: [Электронный ресурс] // URL: <http://www.metalloinvest.com/sustainability/environmental-protection/>
4. Siemens SIMATIC S7. Первые шаги в PLC S7-200, 2007. — 50 с.

#### НЕЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В КОНТУРЕ СТАБИЛИЗАЦИИ

Астапенко А.С., Павловец А.Н., Морозова М.П.

Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь,  
г.Минск

Одним из наиболее распространенных регуляторов на практике является ПИД-регулятор (пропорционально-интегральный регулятор). Его широкое применение связано с универсальностью и большим количеством инструментов для анализа линейных систем. Но у алгоритма присутствуют и недостатки, в первую очередь, интегральное насыщение и регулирование объектов с существенным запаздыванием.

Интегральное насыщение – это наиболее типовое проявление режима ограничения управляющего воздействия, которое возникает в процессе выхода системы на режим в регуляторах с ненулевой постоянной интегрирования. Интегральное насыщение приводит к затягиванию переходного процесса. Аналогичный эффект возникает вследствие ограничения пропорционального и интегрального члена ПИД-регулятора. Однако часто под интегральным насыщением понимают совокупность эффектов, связанных с нелинейностью типа «ограничение». Эта нелинейность связана с естественными ограничениями на мощность, скорость, частоту вращения, угол поворота, площадь поперечного сечения клапана, динамический диапазон и т. п. Контур регулирования в системе, находящейся в насыщении (когда переменная достигла ограничения), оказывается разомкнутым, поскольку при изменении переменной на входе звена с ограничением его выходная переменная остается без изменений.

При большом запаздывании рекомендуется использовать упредитель Смита. Однако такое решение приемлемо только при постоянстве величины запаздывания. В случае его изменения контур регулирования становится неустойчивым.

Существуют различные пути повышения регуляторов и уменьшения интегрального насыщения. В частности в регуляторах очень часто используется функция отключения интегрирующей составляющей при большом значении величины рассогласования. Современные вычислительные возможности микропроцессорной техники позволяют реализовать различные алгоритмы.

Известны работы [1-3], которые позволяют исключить интегральное насыщение за счет нелинейных преобразований ошибки. Путем выдвижения одинаковых требований к