

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ ПОДАЧИ ПРОДУКТА НА СИСТЕМЕ КОНВЕЙЕРОВ

Мамонов А. С.¹, Мамонов С. А.², Никульчев Е. В.³

¹Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова, Москва, Россия (127550, Москва, ул. Прянишникова, 2А), e-mail: sas_sait@mail.ru

²Ступинский филиал «МАТИ» – РГТУ им. К. Э. Циолковского, Ступино, Россия (142800, Московская область, г. Ступино, ул. Пристанционная д. 4), e-mail: post_sait@mail.ru

³НОУ ВПО Московский технологический институт «ВТУ», Москва, Россия (117292, г. Москва, ул. Кедрова, д. 8, кор. 2), e-mail: e_nikulchev@mti.edu.ru

Статья посвящена разработке программно-аппаратных средств, обеспечивающих функциональность и бесперебойную подачу продукта для горизонтальной упаковки. Приведены факторы, оказывающие наибольшее влияние на требования к системе подачи продукта на упаковку. По методу управления автоматические системы управления подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и неприспособляющиеся к изменяющимся условиям работы. Адаптивные автоматические системы управления целенаправленно изменяют алгоритмы управления или параметры управляющих воздействий для достижения наилучшего управления объектом. За основу для разработки была взята конструкция базовой конвейерной системы подачи продукта на горизонтальную упаковочную машину. Она состоит из шести конвейеров, работающих по определенной схеме: 4 подающих конвейера, один синхронизирующий конвейер, один фазирующий конвейер. Приведен алгоритм разработанной системы управления, формулы расчета скорости конвейеров.

Ключевые слова: упаковка, упаковочная машина, система управления конвейерами, подача продукта на упаковочную машину, позиционирование продукта.

THE ADAPTIVE CONTROL BY FEED SPEED OF THE PRODUCT ON SYSTEM OF CONVEYERS

Mamonov A. S.¹, Mamonov S. A.², Nikulchev E. V.³

¹Moscow State University of Printing Arts, Moscow, Russia (127550, Moscow, Pryanishnikova St., 2A), e-mail: sas_sait@mail.ru

²Stupino State MATI – Russian State Technological University, Stupino, Russia (142800, the Moscow region, of Stupino, 4 Pristantsionnaya St.), e-mail: post_sait@mail.ru

³Moscow Technology Institute «VTU», Moscow, Russia (117292, Moscow, Kedrov St., 8, box. 2), e-mail: nikulchev@mail.ru

Article is devoted to development of the software and hardware tools providing functionality and continuous submission of a product for horizontal package. The factors having the greatest impact on requirements to system of submission of a product on package are given. On a method of management automatic management systems subdivide on adapting (adaptive) and not adapting to changing working conditions. The adaptive automatic management systems purposefully change control algorithms or parameters of managing directors of influences for achievement of the best control by object. Construction of basic conveyers system of submission of a product was taken for a basis for development on a horizontal packing machine. It consists of six conveyers working on the certain diagram: 4 giving conveyers, one synchronizing conveyer, one phasing conveyer. The algorithm of the developed management system, calculation formula of speed of conveyers is given.

Key words: package, packing machine, management system conveyers, product submission on a packing machine, product positioning.

Введение

Развитие технологий автоматизации и разнообразие производимых пищевых продуктов определяет необходимость разрабатывать технологические решения и алгоритмы для разных условий.

Системы автоматизации, предназначенные для массового производства, имеют следующие ограничения: быстрое моральное старение; длительный срок и высокая стоимость внедрения, а также ограниченные возможности по гибкости и адаптации к конкретным процессам, таким, например, как сборка, контрольно-испытательные и ремонтные операции.

Возможности в автоматизации производства для преодоления существующих ограничений дает гибкая автоматизация [2]. В целом понятие «гибкость» определяют как возможность быстрой реакции производства на внешние и внутренние возмущения:

- менять параметры продукции в пределах заданной номенклатуры путем смены управляющих программ, а при изменении этой номенклатуры путем изменения блоков используемого технологического оборудования;
- при выходе из строя отдельных единиц оборудования или других частей производства быстро осуществлять их замену или перестраивать технологический процесс.

Для мелкосерийного производства степень гибкости по отношению к первому ее признаку обычно характеризуется количеством типов изделий, которые можно изготавливать только за счет смены программ управления [6]. Например, для упаковочной машины это упаковка различного по длине, ширине, твердости, массе продукта.

Упаковка – это завершающая стадия любого технологического процесса, основные задачи которой – придать продукции привлекательный для потребителя внешний вид, обеспечить максимальную сохранность продукции при последующих транспортировках и хранении.

При упаковке в термоусадочную пленку используются так называемые горизонтальные упаковочные машины.

Основные задачи, возлагаемые на упаковку в термоусадочную пленку:

- защитить продукцию от механических повреждений при транспортировке или хранении на складе;
- рационально использовать объем складских помещений и транспортных средств (функция группировки);
- защитить продукцию от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды: пыли, влаги, грязи;
- придать продукции свежий, привлекательный и легко узнаваемый вид;
- защитить продукцию от несанкционированного проникновения (защита от вскрытия) [3].

Разными разработчиками в зависимости от особенностей технологических процессов и предлагаются различные варианты [7]. Например, для упаковки существуют подходы, ориентированные только на фасовку печений по количеству штук или только по массе,

другие – упаковку сыра, третьи – на медицинских изделиях [4]. В настоящее время затраты на разработку систем подачи и обработки продукта превышают стоимость упаковочных машин.

Два фактора оказывают наибольшее влияние на требования к системе подачи продукта на упаковку:

- исходные характеристики продукта (твердый или мягкий, обычная или нестандартная форма, прочный или легко повреждаемый);
- тип производственного процесса (непрерывный или зависит от партии, быстро или медленно прерываемый или прервать процесс невозможно).

Как правило, в пищевых производствах технологический процесс является медленно прерываемым или непрерывным.

С целью обеспечения работы высокопроизводительной упаковочной машины необходимо сформировать программно-аппаратное решение связи систем подачи продукта, технологического и упаковочного оборудования, что позволит исключить ручной труд и человеческий фактор из процесса упаковки и существенно увеличить производительность.

Таким образом, статья посвящена разработке программно-аппаратных средств, обеспечивающих функциональность и бесперебойную подачу продукта для горизонтальной упаковки.

Конструкторское решение

Целью управления конвейерной системы является стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе.

По методу управления автоматические системы управления (СУ) подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и неприспособляющиеся к изменяющимся условиям работы ОУ.

Приспособляющиеся, или адаптивные, автоматические СУ целенаправленно изменяют алгоритмы управления или параметры управляющих воздействий для достижения наилучшего управления объектом. Поскольку в процессе работы таких систем происходит изменение их алгоритмов и (или) структуры, то их называют также самонастраиваемыми. Частный случай приспособляющихся систем – экстремальные, задача которых – автоматический поиск максимума или минимума управляемой величины.

Следующий признак классификации связан с результатом работы системы в установившемся состоянии. В соответствии с ним автоматические СУ делят на статические и астатические.

В статических системах по окончании переходного процесса существует разница между заданным и установившимся значениями управляемой величины, которую называют

статической ошибкой. Статическая ошибка – неперемный признак таких систем, причем величина ее зависит как от величины возмущения, так и от параметров настройки регулятора.

В астатических системах управляемая величина по окончании переходного процесса равна заданному значению. Возможное отклонение (ошибка управления), свойственное реальным системам автоматике, обусловлено несовершенством ее элементов [1].

Практически в любом упаковочном оборудовании можно выделить три основные подсистемы [4]:

- подача и подготовка упаковочного материала;
- дозирование и подача продукта;
- процесс фасования и упаковывания.

В данной статье рассмотрен принцип работы одной из базовых систем, осуществляющей подачу продукта на упаковочную машину.

При определении технического уровня конкретного объекта упаковочной техники его показатели необходимо сопоставить с соответствующими показателями базового образца. Для перспективного объекта, подлежащего разработке, в качестве базового выбирается образец с прогнозируемыми показателями, отражающими высшие мировые достижения. Для определения технического уровня реально существующего объекта техники за базовый образец выбирается аналог, пользующийся устойчивым спросом на мировом рынке.

Проблема выбора предлагаемого на рынке или создания нового упаковочного оборудования непосредственно связана с его качеством и техническим уровнем [5].

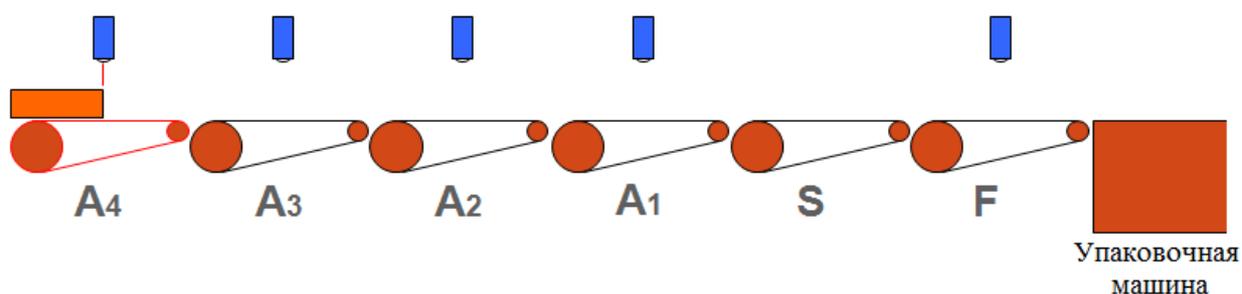


Рис. 1. Конструкция базовой конвейерной системы подачи продукта.

На рис. 1 схематично представлена конструкция базовой системы. Она состоит из шести конвейеров, работающих по определенной схеме: A₁-A₄ – подающие конвейера, S – синхронизирующий конвейер, F – фазирующий конвейер, синим цветом обозначены датчики.

Принцип работы заключается в следующем: при поступлении первого продукта на конвейер A_4 запускаются следующие конвейеры A . Первый продукт движется к точке сброса между A_1 и S и останавливается, конвейер A_4 при этом продолжает работать. После поступления на A_4 второго продукта конвейеры продолжают работать с прежней скоростью, сдвигая конвейер S на одну длину продукта. При поступлении последующих продуктов, конвейеры продолжают работать с прежней скоростью, сдвигая конвейер F на одну длину подачи. Как только первый продукт достигает лагового конвейера упаковочной машины, перемещение завершается (см. рис. 2).

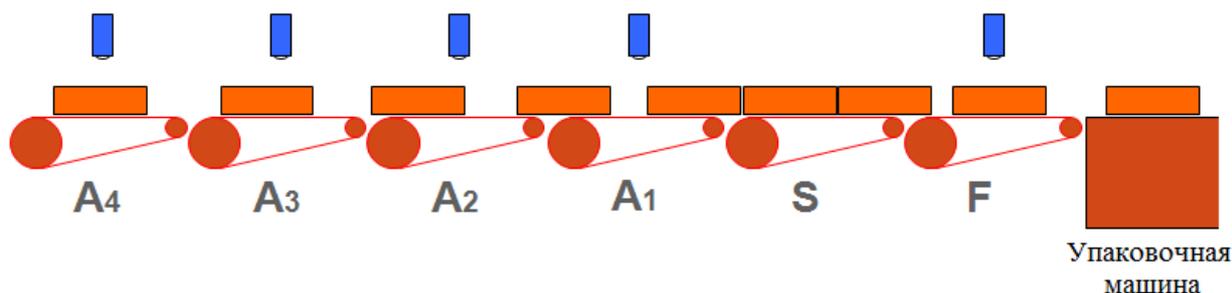


Рис. 2. Подача продукта на упаковочную машину

Подаваемые продукты задерживаются в точке A_1 - S , после чего распределяются с заданным интервалом, что компенсирует неравномерное расстояние между продуктом.

Такой принцип обеспечивает распределенную и четкую подачу на упаковочную машину с использованием большого числа конвейеров. Производительность данной системы можно улучшить посредством добавления конвейера G , который обеспечивает дополнительное позиционирование продукта (см. рис. 3).

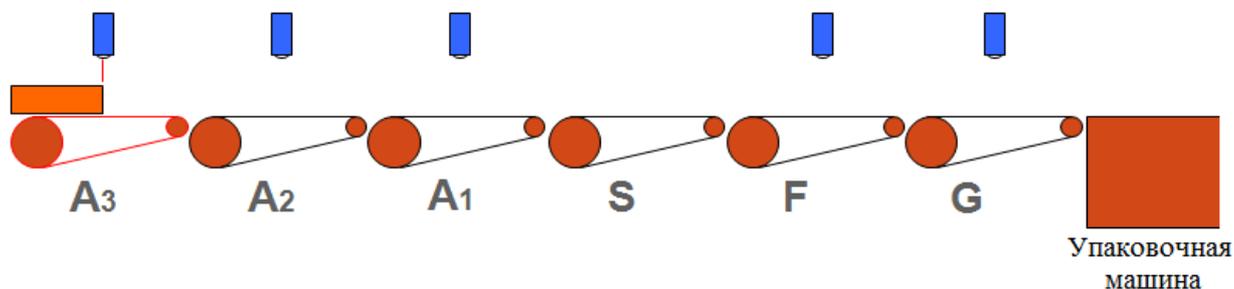


Рис. 3. Подача продукта на высокопроизводительную упаковочную машину

На основе рассмотренной базовой конвейерной системы подачи продукта была создана система, изображенная на рис. 4.

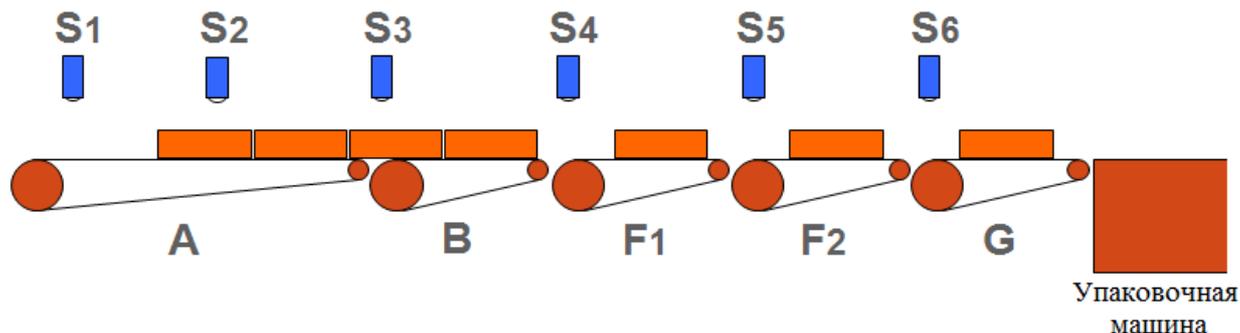


Рис. 4. Разработанная конвейерная система

В разработанной системе: А – накопительный конвейер, В – тормозящий конвейер, F – фазирующие конвейера, G – высокоточный фазирующий конвейер, S₁-S₆ – датчики продукта.

Данная система предназначена для транспортирования шоколадных батончиков (длина x ширина x высота – 119x33x16).

Работу системы можно подробно описать с помощью формул, выражающих скорость движения процессов для отдельных участков (см. рис. 4):

1. Подача продукта по накопительному конвейеру А.
2. Упаковочная машина запускается с минимальной производительностью, происходит определение положения лаг лагового конвейера упаковочной машины. Упаковочная машина останавливается.
3. Тормозящий конвейер В работает с меньшей скоростью, чем конвейер А. В результате происходит накопление продукта на конвейере А. Датчики S₁ и S₂ контролируют заполнение, увеличивая или уменьшая скорость конвейерной системы и упаковочной машины. Таким образом обеспечивается непрерывная подача продукта на упаковочную машину.
4. **Фаза инициализации.** Цель – запустить конвейерную систему с минимальными корректировками положения продукта относительно лаг конвейера упаковочной машины. Первые 3 единицы продукта располагаются на F и G конвейерах под соответствующие фазы (первая, вторая и третьи лаги).
5. Упаковочная машина находится в режиме ожидания – продукт тормозится с помощью конвейера В (убираются различные по длине промежутки между продуктом) и накапливается на конвейере А.
6. **Фаза выхода на заданную производительность.** При срабатывании датчика S₂ происходит запуск конвейерной системы и упаковочной машины. Время выхода на заданную производительность зависит от заполнения накопительного конвейера А.

7. **Фаза работы на заданной производительности.** Пусть V_A – скорость привода конвейера А (обороты / мин). Эта скорость обеспечивает транспортировку продукта без заторов и разрывов (скорость процесса). Задается с панели оператора.

8. Скорость тормозящего конвейера В – V_B рассчитывается по следующей формуле:

$V_B = V_{нач.} + V_{кор.В}$, где $V_{нач.}$ – начальная скорость (обороты / мин) задается с панели оператора, $V_{кор.В}$ – коррекция скорости конвейера В в зависимости от скорости конвейера F_1 .

9. Скорость фазирующего конвейера F_1 – V_{F1} рассчитывается по следующей формуле:

$V_{F1} = V_{маш.} + V_{дельта} + V_{кор.F1} + V_{Ручн.Кор.F1}$, где $V_{маш.}$ – скорость (обороты / мин) лагового конвейера упаковочной машины, $V_{кор.F1}$ – коррекция скорости конвейера F_1 в зависимости от скорости конвейера F_2 , $V_{Ручн.Кор.F1}$ – ручная коррекция скорости конвейера F_1 (с панели оператора). $V_{дельта}$ рассчитывается по следующей формуле:

$V_{дельта} = V_{F1} * (L_{дельта_лаги} / L_{продукта})$, где $L_{дельта_лаги}$ – расстояние между лагой и носом конфеты (задаваемая величина, определяется таким образом, чтобы конфета находилась посередине между лагами), $L_{продукта}$ – длина продукта.

10. Скорость фазирующего конвейера F_2 – V_{F2} рассчитывается по следующей формуле:

$V_{F2} = V_{F1} + V_{кор.F2} + V_{Ручн.Кор.F1}$, где V_{F1} – скорость (обороты / мин) фазирующего конвейера F_1 , $V_{кор.F2}$ – коррекция скорости конвейера F_2 в зависимости от скорости конвейера G , $V_{Ручн.Кор.F2}$ – ручная коррекция скорости конвейера F_2 (с панели оператора).

11. Скорость высокоточного фазирующего конвейера G – V_G рассчитывается по следующей формуле:

$V_G = V_{маш.} + V_{кор.Инкр.G}$, где $V_{маш.}$ – скорость (обороты / мин) упаковочной машины, $V_{кор.Инкр.G}$ – коррекция скорости конвейера G в зависимости от положения продукта относительно лаги.

Заключение

В результате была создана базовая модель конвейерной системы подачи продукта на высокоскоростную горизонтальную упаковочную машину. Добавляя к ней или заменяя какие-либо исполнительные механизмы, возможно изготовить конвейерную систему, удовлетворяющую разнообразным требованиям, т.е. обеспечить адаптивность к особенностям конкретного технологического процесса. Например, заменой ленты высокоточного фазирующего конвейера (увеличение / уменьшение числа лаг) изменяются габариты упаковываемого продукта и производительность упаковочной машины.

В настоящее время создан опытно-промышленный образец описанной конструкции.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-07-00772-а).

Список литературы

1. Бородин И. Ф., Судник Ю. А. Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.: ил. – С. 12. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Выжигин А. Ю. Гибкие производственные системы: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2009. – 288 с.
3. Горизонтальная упаковка – то, что нужно! // Электронный журнал "Торговое оборудование на Урале" №6/2008 г. [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.to-ural.ru>, дата обращения 30.10.2012.
4. Классификация фасовочно-упаковочного оборудования // Тароупаковочный портал Беларуси Upack.by [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://upack.by/ru/articles/106/25.html?navig>, дата обращения 30.10.2012.
5. Оценка производительности // Электронный журнал PakkoGraff [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.pakkograff.ru/reader/articles/equipment/pack/185.php>, дата обращения 30.10.2012.
6. Пищухин А. М. Автоматизация технологических процессов на основе гибких производственных систем: учеб. пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 111 с. – С. 6-8.
7. Системы подачи для флоу-упаковщиков // Электронный журнал PakkoGraff [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.pakkograff.ru/reader/articles/equipment/pack/934.php>, дата обращения 30.10.2012.

Рецензенты:

Дивеев Асхат Ибрагимович, д.т.н., профессор, зав. сектором Проблем кибернетики ВЦ РАН, г. Москва.

Агеев Владимир Николаевич, д.т.н., профессор кафедры автоматизации полиграфических процессов Московского государственного университета печати имени Ивана Федорова, г.Москва.