

“ХРАНИТЕЛНА НАУКА, ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИИ – 2011”
15 – 16 октомари, Пловдив



FOOD SCIENCE, ENGINEERING AND
TECHNOLOGIES '2011
15 – 16 October, Plovdiv

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ МАШИН ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ ВЯЗКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКУЮ ТАРУ

Сергей Токарчук, Александр Гавва

Сложность технологической топологии процесса упаковывания, высокая степень взаимосвязи и параметрического взаимовлияния определяют трудности во время решения задач анализа и синтеза упаковочного оборудования. Эти трудности можно устранить применением топологического метода анализа технологических систем. Метод позволяет устанавливать функциональную связь между технологической топологией и количественными характеристиками функционирования системы в виде материальных и энергетических нагрузок на элементы технологической системы. Он базируется на анализе математических иконографических моделей системы и дает возможность значительный объем информации представить в компактной и наглядной форме.

RATIONAL PARAMETERS OF THE FUNCTIONAL MODULES OF MACHINES FOR PACKETING OF VISCID FOOD PRODUCTS IN A CONSUMER CONTAINER

Sergey Tokarchuk, Alexander Gavva

Complication of technological topology of process of packeting, high degree of interconnections and self-reactance influence predetermine difficulties during the decision of tasks of analysis and synthesis of packing equipment. These difficulties can be decided by the topology method of analysis the technological systems. A method allows to establish a functional connection between a technological topology and quantitative descriptions of functioning the system as a material and power loadings on the elements of the technological system. He is based on the analysis of mathematical iconography models of the system and enables to present the considerable volume of information in a compact and evident form.

Современное упаковочное оборудование это сложная техническая система, которая состоит из значительного количества функциональных модулей, выполняющих разные технологические операции, при этом совмещая их во времени.

На сегодня существует большое количество конструктивных схем машин для



упаковывания вязких пищевых продуктов в потребительскую тару, что вызвано отличием параметров вязких продуктов, которые фасуются, условиями фасования, конструкцией потребительской тары и отсутствием одного методологического подхода к проектированию машин данного класса.

Перемещение потребительской тары между функциональными модулями обеспечивается транспортной системой, которая реализует её пошаговое перемещение между рабочими позициями, где происходят технологические операции [1]. Перемещение возможно как по круговой (роторные машины) траектории так и по линейной. Роторные имеют меньшие габаритные размеры, малые металло- и энергозатраты, но работают в секторе малой и средней производительности.

Для приведения в движение транспортной системы используют пневматический и электромеханический виды приводов. В последнее время все чаще используются приводные механизмы, в которых использован сервопривод с частотным преобразователем или шаговые двигатели, что обеспечивает надежность и удобство в обслуживании и эксплуатации, а также позволяет обеспечить высокую точность позиционирования транспортной системы

Следующим в структуре машины является функциональный модуль для выделения единичной тары и подачи ее к транспортной системе. В некоторых образцах упаковочных машин данный модуль отсутствует, он заменен на модуль изготовления тары. По способу подачи тары устройства можно разделить на две группы: устройства с подачей тары под действием сил гравитации или с помощью захватывающего устройства.

Модули дозирования вязких продуктов и вкусовых наполнителей предназначены для формирования заданной дозы продукта и подачи ее к потребительской таре. Наполнение тары осуществляется гравитационным (продукты с малой вязкостью) и принудительным способом (продукты с высокой вязкостью). В дозирующих устройствах используют клапанные, крановые и золотниковые виды запорной арматуры.

Модуль выделения закупоривающего средства предназначен для выделения единичного закупоривающего средства из магазина и подачи его к потребительской таре с обеспечением точного позиционирования.

После подачи закупоривающих средств потребительская тара перемещается к следующему функциональному модулю, где осуществляется герметизация. Укупорка тары может выполняться двумя путями: сваркой закупоривающего средства и тары, закрытием крышки и тары “в замок”.

Закупоренная потребительская тара перемещается в позицию датирования, где датирующий модуль наносит на нее конечный срок потребления продукции.

После выполнения операции датирования заполненная и закупоренная потребительская тара перемещается транспортной системой к функциональному модулю, который выводит ее из упаковочной машины.

Эта операция завершает в процессе упаковки вязкой пищевой продукции.

Проведенный анализ конструктивных схем выполнения функциональных модулей оборудования для упаковки вязких пищевых продуктов дает понять какую нелегкую задачу необходимо решить во время его проектирования и разработки для обеспечения требуемого уровня производительности, надежности и стоимости. Становится понятно,



почему на сегодня актуальным является вопрос разработки общей методики анализа и синтеза конструктивных схем фасовочного оборудования для вязких пищевых продуктов, что позволит обеспечить необходимую производительность машины с минимальными эксплуатационными расходами.

Сложность технологической топологии процесса фасования вязких продуктов, его многомерность как по количеству элементов, так и по количеству функций, высокая степень взаимосвязи и параметрического взаимовлияния предопределяют определенные сложности опытного и расчетного характера во время решения задач анализа и синтеза фасовочного оборудования.

Эти сложности можно устранить применив модульный метод проектирования в основу которого положен топологический метод анализа технологических систем [2]. Метод дает возможность формальным чином устанавливать функциональную связь между технологической топологией и количественными характеристиками функционирования системы в виде материальных и энергетических нагрузок на элементы технологической системы.

Топологический метод анализа технологических систем базируется на анализе математических иконографических моделей систем, которыми являются начальные и структурные графы, информационно поточные мультиграфы, информационные и сигнальные графы технологических систем.

Наряду с обеспечением заданной производительности, одним из основных заданий которое пытаются решить во время синтеза структурных и конструктивных схем оборудования данного типа является минимизация расходов на производство и эксплуатацию оборудования. Одна из главных составляющих эксплуатационных затрат – потребление оборудованием электроэнергии, следовательно минимизация энергозатрат один из основных критериев, который характеризует выбор рациональных параметров машины.

Создадим топологическую модель системы узлов фасовочной машины с роторным транспортирующим механизмом в виде графа связей. Для этого приведем все структурные элементы системы к их энергетическим эквивалентам или к блокам, в которых осуществляется введение, превращение, разветвление и рассеивание потоков энергии и массы.

Для продолжения моделирования технической системы необходимо построить кодовую диаграмму – энергетический потоковый граф (рис.1), блоки которой показывают связи системы с внешней средой, а также расходы энергии в составных элементах системы.

На основе кодовой диаграммы строим граф связей (рис.2).

В соответствии с определением графа связей он является топологическим описанием диссипативной функции, основными его компонентами является: источники и стоки усилия и потока, преобразователи энергии.

Полученная в виде графа связей топологическая модель является основой для последующей обработки и превращений к виду, который позволит получить решение поставленной модели. Одной из разновидностей таких превращений является построение сигнального графа. После построения сигнального графа к нему можно применить основные правила теории графов, которая дают возможность упростить его.

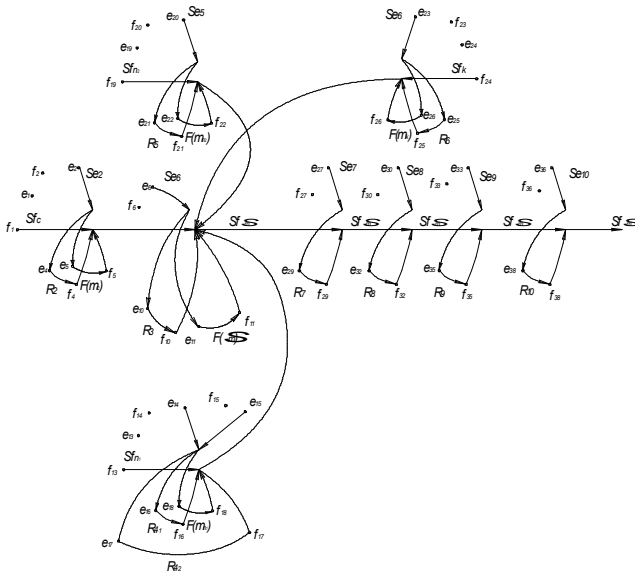


Рис.3 Сигнальный граф технологического процесса: а – общий вид, б – элементарный конечный вид

Представим сигнальный граф, приведенный к элементарному конечному виду, в матричной форме:

$$\begin{array}{l}
 S_{e2} \\
 S_{e\Sigma 2} \\
 S_{e4} \\
 S_{e5} \\
 S_{e6}
 \end{array}
 \left| \begin{array}{ccccc}
 h_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & h_{11} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & h_3 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & h_4 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & h_5
 \end{array} \right|
 \times \begin{array}{l}
 Sf_c \\
 Sf_{\Sigma} \\
 Sf_{n1} \\
 Sf_{n2} \\
 Sf_k
 \end{array}$$

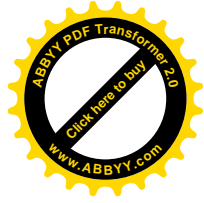
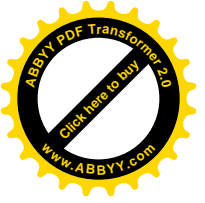
Взаимосвязь энергетических и массовых потоков в системе отображается зависимостью: $S_f = S_{fc} + S_{fn1} + S_{fn2} + S_{fk}$, то есть общий поток массы через систему равняется сумме входных массовых потоков; общие расходы энергии равняются сумме энергии, которые потребляются всеми источниками системы.

Компонентное уравнение системы, которая отображает взаимосвязь между потоками массы и энергии через элементы системы и систему в целом, будет иметь вид:

$$Se = S_{fc}(h_1 + h_{11}) + S_{fn1}(h_3 + h_{11}) + S_{fn2}(h_4 + h_{11}) + S_{fk}(h_5 + h_{11}),$$

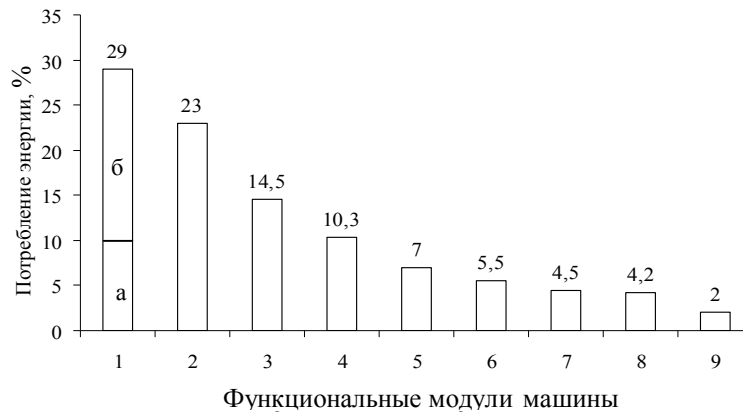
где $h_1 - h_{11}$ - передаточные функции соответствующих ветвей элементарного сигнального графа, которые учитывают все силы сопротивления, которые в них возникают.

Силы сопротивления пропорциональны коэффициенту сопротивления движения рабочего органа, длине пути перемещения рабочего органа. Поэтому, при равенности всех других условий, следует избирать конструктивные схемы выполнения функциональных



модулей в которых возникают меньшие силы сопротивления и присутствуют короткие траектории перемещения рабочих органов.

Полученное уравнение может быть использовано для определения расходов энергии в функциональных модулях упаковочной машины. Подставив данные и

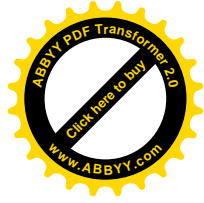
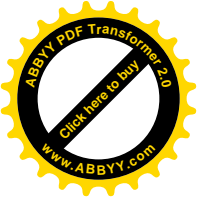


выполнив расчеты, получаем соотношение расходов энергии в функциональных модулях упаковочной машины с роторной компоновкой, представленное в виде гистограммы (рис.4).

Рис. 4. Гистограмма соотношений потребления энергии функциональными модулями упаковочной машины для вязких пищевых продуктов: 1 – герметизации потребительской тары (а - упругой деформацией закупоривающего средства; б – способом сварки); 2 – внутримашинного перемещения потребительской тары; 3 – дозирование вязкого продукта; 4 – выделение и подачи потребительской тары; 5 – дозирование вкусовых наполнителей; 6 – выведение упаковочной единицы из лунки механизма транспортировки; 7 – выделение и подачи закупоривающего средства; 8 – нанесение текущей информации; 9 – подачи упаковочной единицы на приемный стол.

Выводы. Сложности исследовательского и расчетного характера, которые возникают во время решения задач анализа и синтеза оборудования для упаковывания вязких продуктов в потребительскую тару можно устранить, применив современные методы анализа технологических систем (топологический метод, метод конечных элементов); использование теории графов - один из путей, который дает возможность проанализировать взаимодействие энергетических и массовых потоков проходящих через упаковочную машину и позволяет определить рациональную технологическую и структурную схемы оборудования данного типа на основе критерия энергопотребления.

Литература



1. Гавва О.М. Пакувальне обладнання: в 3-х т. / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. – ІАЦ «Упаковка». – 2008. – 1 т.: Обладнання для пакування продукції у споживчу тару. – 436 с.
2. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техника. – 1977. – 768 с.

Сергей Владимирович Токарчук, кандидат технических наук,
Александр Николаевич Гавва, доктор технических наук,
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина
tollserg@rambler.ru