

Методологические подходы к оценке оптимальной компоновки упаковочного оборудования

Александр Гавва, Людмила Кривопляс-Володина, Елена Кохан

Methodological going near the estimation of optimal arrangement of packing equipment: A packing market is dynamic enough - new materials and mech- нолози are developed constantly. A basic task today is maximal reduction of general time of making of equipment at providing of his initial parameters of quality and realization of burst performance of equipment. For the estimation of arrangement of packing equipment can adhere to the stage-by-stage chart of selection of making knots of equipment : establishment of nomenclature of indexes composition of that in opinion of experts and producers of equipment strongly enough influences on the subsequent estimation of work of equipment; determination of numeral values, indexes of material and power expenses on an equipment and product made on him; establishment of meaningfulness of every index; calculation of indexes of efficiency of work of separate knots and machine on the whole; determination of level of competitiveness of analysable equipment as compared to an existent equipment.

Problems at the estimation of arrangement of equipment arise up from errors on 1th and 3th the stages. Therefore from the methods of going near the estimation of efficiency of work of equipment, literate choice of knots of equipment, the end-point depends.

Key words: Arrangement, packing, equipment, modules, expenses, quality.

ВЪВЕДЕНИЕ

Выбор номенклатуры показателей для оценки работы нового оборудования следует осуществлять на основе стандартов как отечественных так и зарубежных. Когда выбор касается упаковочного оборудования, источником информации могут быть каталоги, специализированные издания, проспекты фирм-изготовителей, информационные web-сайты. При создании номенклатуры показателей работоспособности оборудования можно использовать принцип квалиметрии (принимать во внимание ограниченное число показателей, до 10). Какие же параметры могут быть выбраны для оценки компоновки нового упаковочного оборудования и повлиять на его работу? Прежде всего, это параметры доступной (основной) информации, которая публикуется конструкторами-производителями комплектующих узлов упаковочного оборудования в прайс листах.

Выбор показателей для оценки компоновки упаковочного оборудования с использованием метода парных сравнений. Рассмотрим, какие показатели способны определять перечень узлов нового создаваемого оборудования и способны воздействовать на процесс принятия решения по выбору.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Поскольку класс упаковочного оборудования достаточно широк, в качестве примера, были выбраны автоматы для фасовки сыпучих продуктов рис.1, для 2-й группы, с использованием объёмного дозирующего устройства, вертикальной компоновки. Обобщённая иерархическая структура показана на рис.2.

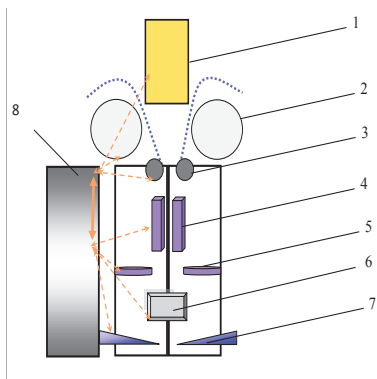


Рис.1. Обобщена функционально - структурная схема машины для упаковки сыпучих пищевых продуктов в плоский пакет: 1 - дозатор, 2 - рулоны упаковочного материала, 3 - механизм протягивания пленки, 4 - механизм продольной сварки, 5 - механизм поперечной сварки, 6 - механизм нанесения даты, 7 - механизм отрезания готового пакета, 8 - блок

управления автоматом ← - - - - - → - информационные потоки между модулями.

Данные, выбранные в качестве исходных параметров, из технических характеристик оборудования (производительность, масса, мощность, пределы дозирования, размеры пленки).



Рис.2. Обобщенная структура машины для упаковки пищевых продуктов в упаковку, формируемая в оборудовании: ● - вершины связанные "и", ○ - вершины связанные "или"

Значимость каждого параметра может быть оценена коэффициентом весомости, для определена которого можно использовать разные способы. Но наиболее приемлемым является метод рангов. Согласно этому методу эксперт

сравнивает параметры оборудования попарно, а результаты исследований (оценки) представляются в виде парных сравнений по шкале «лучше >», «хуже <», «неразлично =».

На основании полученных оценок используется векторно-матричная форма описания элементов $A=[a_{ij}]_{n \times n}$, $B=[b_{ij}]_{n \times 1}$.

Для записи систем дифференциальных уравнений, представляющих анализируемую систему оборудования, в некоторых случаях удобно пользоваться матричными обозначениями. Особенно это относится к многомерным элементам, которыми часто являются объекты управления.

Одним из способов описания элементов в векторно-матричной форме является описание в переменных состояния. Уравнение состояния линейного объекта записывается в виде векторного дифференциального уравнения в форме Коши.

Пусть объект, имеющий один вход и один выход, описывается передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 p^n + b_1 p^{n-1} + \dots + b_n}; (m = n - 1). \quad (1)$$

По передаточной функции (1) запишем операторное уравнение

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)x(t) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)y(t) \quad (2)$$

и преобразуем его к нормальной форме Коши. Для этого введем вспомогательную переменную $x_1(t)$ и запишем уравнение (2) в форме пропорции:

$$\frac{y(t)}{(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)} = \frac{x(t)}{(b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)y(t)} = x_1(t) \quad (3)$$

Из (3) можно составить два уравнения (перемножив по диагонали числители на знаменатели первых двух членов выражения и поочередно приравняв их $x_1(t)$):

$$(b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)x_1(t) = x(t), \quad (4)$$

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)x_1(t) = y(t) \quad (5)$$

Обозначим $x'_1(t) = x_2(t)$; $x'_2(t) = x_3(t)$; ...; $x'_{n-1}(t) = x_n(t)$; т.е.

$$x'_i(t) = x_{i+1}(t); (i = 1; 2; 3, \dots, n-1). \quad (6)$$

С учетом (6) уравнение (5) преобразуется к виду:

$$a_0 x'_n(t) + a_1 x_n(t) + a_2 x_{n-1}(t) + \dots + a_n x_1(t) = y(t), \quad (7)$$

$$\text{откуда: } x'_n(t) = -a_0^{-1} [a_1 x_n(t) + a_2 x_{n-1}(t) + \dots + a_n x_1(t)] + a_0^{-1} y(t), \quad (8)$$

Объединив полученные выражения, получим систему дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} x_1'(t) = x_2(t), \\ x_2'(t) = x_3(t), \\ x_3'(t) = x_4(t), \\ \dots\dots\dots \\ x_n'(t) = -a_0^{-1}[a_1x_n(t) + a_2x_{n-1}(t) + \dots + a_nx_1(t)] + a_0^{-1}y(t). \end{cases} \quad (9)$$

Система уравнений (9) может быть записана в виде векторного дифференциального уравнения в форме Коши:

$$x'(t) = Ax(t) + By(t), \quad (10)$$

где $x(t)$ – вектор состояния с компонентами

$x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ называемыми переменными состояния объекта;

$y(t)$ – вектор управления с компонентами $y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)$;

$A = [a_{ij}]_{n \times n}$, $B = [b_{ij}]_{n \times 1}$ – матрицы постоянных коэффициентов, зависящих от конструктивных параметров объекта.

Для матричного уравнения (10) матрицы имеют вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\frac{a_n}{a_0} & -\frac{a_{n-1}}{a_0} & \dots & \dots & -\frac{a_1}{a_0} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \\ a_0 \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (11)$$

Полученную матрицу отношений $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, необходимо привести к числовому виду, применив замену парных сравнений:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } x_i > x_j, \\ 1, & \text{если } x_i = x_j, \\ 2, & \text{если } x_i < x_j. \end{cases}$$

Если на входе объекта действуют возмущения $Z_i(t)$, то уравнение состояния объекта будет иметь вид:

$$x'(t) = Ax(t) + By(t) + Z(t), \quad (12)$$

где $Z(t)$ – вектор возмущений с компонентами $Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_n(t)$.

Системы, которые можно записать в виде (10) и (12), называются линейными системами. Переменные x_1, x_2, \dots, x_n в любой момент времени определяют состояние системы. Если переменные состояния связаны между собой соотношением (7), то они являются фазовыми переменными.

Пространство состояний можно определить как n -мерное евклидово пространство, по осям которого откладываются переменные состояния. Соответствующий способ описания является методом пространства состояний.

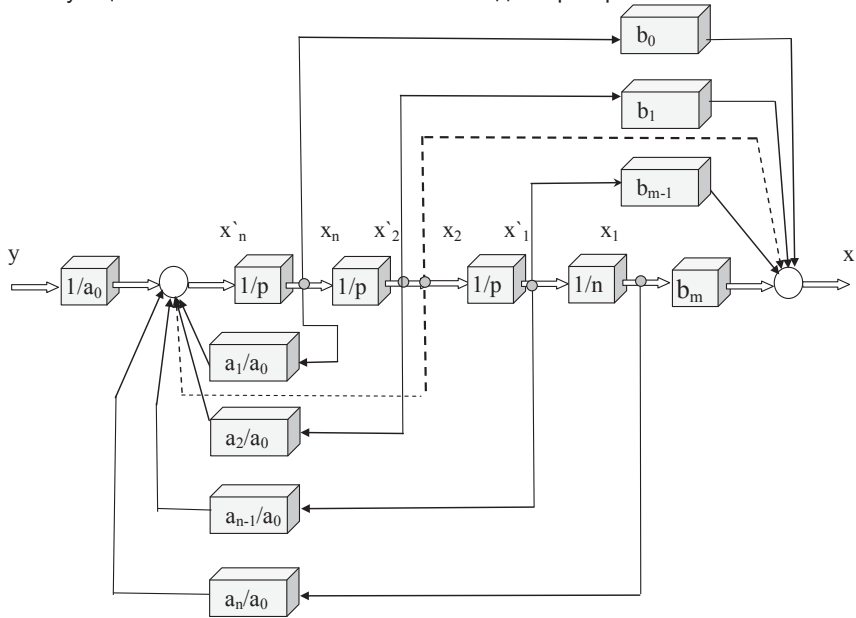


Рис. 3. Модель объекта исследования (оборудования) в переменных состояния

Системе уравнений (12) соответствует модель динамического объекта, представленная на рис. 3.

На модели идеальные интегрирующие звенья устанавливают связь между переменными состояния и их первыми производными. В расчет вводим понятие «интегрированной силы порядка K » параметров в виде матрицы-столбика $P(K)$, которую можно описать как: $P(K)=AP(K-1)$, где $K=1,2,\dots,n$. Интегрированная сила объекта X_i вычисляется по формуле: $P_i(K)=\sum_{j=1}^n a_{ij}P_j(K)$ В начале расчета принимается интегрированная сила : $P_i(0)=1$.

Исходную матрицу a_{ij} умножить на вектор-столбец $P_i(0)=1$, в результате чего мы получаем новый вектор-столбец интегрированной силы $P_i(1)$.

Далее процесс следует продолжить уже с учетом новой интегрированной силы. Количество возможных итераций соответствует количеству первоначально выбранных параметров. Практическую ценность в данном методе представляет так называемая нормированная интегрированная сила K -го порядка i -го параметра:

$$P_i^{OTH}(K) = (P_i(K)) / \sum_{j=1}^n P_j(K)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i^{OTH}(K) = 1.$$

Значения $P_i(K)$, вычисленные на последней итерации, позволяют оценить и расположить рассматриваемые параметры оборудования по степени их значимости для работы, отсеяв при этом часть параметров, которые несущественно влияют на рабочий технологический цикл. Полученные значения $P_i^{OTH}(K)$ выступают в качестве коэффициентов весомости и могут быть использованы при оценке компоновки нового оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С каждым итерационным шагом влияние одних параметров повышается с одновременным снижением влияния других. Значения нормированной матрицы и вектора значимости параметров показали, что например геометрические характеристики оборудования не влияют на эффективность его работы.

Энергетические параметры (мощность, расход воздуха) являются наиболее существенными, так как влияют на продуктивность оборудования и материальные затраты по ресурсам.

Классическое сочетание «Качество продукта/ Затраты на технологический процесс» - должно приносить минимальные расходы.

Обоснованный выбор компоновки оборудования позволит сократить ненужные сопутствующие затраты и обеспечить качество готового продукта

ЛИТЕРАТУРА

[1] Swic A., Gola A.: Elements of design of production systems –methodology of machine tool selection in casing-class FMS. Management and Production Engineering Review. Vol. 1, №2, 2010p. 78-80.

[2] Rosen K. Discrete Mathematics and Its Applications. –McGraw –Hill, 2002.-886p.

[3] Andreeva E.V. Analiz dvizheniya zernovogo materiala na vibratsionno-kachayushcheysya reshetnoy poverhnosti separatora // Inzhenerno-tehnicheskoe obespechenie APK. - 2007. - №3, s. 700 - 703.

[4] Krivoplyas-Volodina L.A. Nauchnoe obosnovanie opredeleniya ratsionalnyh parametrov peregruzochnyh ustroystv potочно-transportnyh sistem pishchevyh proizvodstv.- Dis. na soisk. uchen. st. k.t.n. – 2007.- 280s

Для контактов:

проф., д-р Александр Гавва , д.т.н., кафедра машин и аппаратов пищевых технологий, Национальный университет пищевых технологий, тел.287-96-15, aleksandrgavva@inbox.ru

доц., к.т.н. Людмила Кривоपлас-Володина, кафедратехнической механики и упаковочной техники, Национальный университет пищевых технологий, тел.287-92-45, kaf_upak_tmm@bk.ru , orcid.org/0000-0003-1516-6153

доц., к.т.н. Елена Кохан, Национальный университет пищевых технологий.

Доклад был рецензирован