

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ НА ПОТОЧНЫХ ЛИНИЯХ

В статье рассматривается метод моделирования переместительных операций на поточных линиях с механизмами, имеющими индивидуальный привод, который позволяет определить согласованность перемещений на отдельных агрегатах с основным циклом работы линии.

Ключевые слова: технологическая матрица, структурный граф, моделирование, циклограмма, технологический процесс.

V.A. Lozovoy, I.A. Baldakov

THE TECHNIQUE FOR MODELLING THE WOOD RAW MATERIAL TECHNOLOGICAL IN LINE TRANSPORTATION

The modeling technique for the transportation in-line operations with the mechanisms which have an individual drive that allows to determine the transportation coordination on separate units with the basic line work cycle is considered in the article.

Key words: technological matrix, structural graph, modeling, cyclogram, technological process.

Поточные линии, например, сплешерного типа, имеют в наличии отдельные механизмы с индивидуальными приводами. Если линия поточная, то на каждом из механизмов находится предмет труда, например, хлыст. Это обеспечивает поточность и высокую производительность. Для бесперебойной и высокопроизводительной работы поточной линии необходимо согласование перемещений предмета труда на каждом из отдельных механизмов поточной линии.

Наиболее распространенным методом согласования перемещений исполнительных механизмов [1] является метод циклограмм. Он используется при расчетах технологических машин – автоматов и полуавтоматов. При этом различаются две группы машин: нештучной и штучной продукции. В машинах нештучной продукции обрабатываемые объекты непрерывным потоком перемещаются внутри машины и одновременно обрабатываются (станы непрерывного проката, волочильные станы, уборочные комбайны, сортировочные машины и т.п.) [1].

Чаще всего скорости рабочих органов равны скорости перемещения обрабатываемых объектов внутри машины. При этом основные (обрабаточные) операции выполняются непрерывно. Система управления циклом движения машины должна обеспечить заданные отношения скоростей ее исполнительных органов.

В однодвигательных машинах это выполняет система передаточных механизмов, соединяющих ведущие звенья отдельных механизмов с подвижным элементом двигателя.

Если в состав машины входят несколько двигателей, то выполнение той же задачи обеспечивает специальная система управления двигателями, составленная из электрических и электронных устройств.

В машинах штучной продукции обрабатываемые объекты поступают через равные промежутки времени. В ряде случаев обрабатываемые изделия перемещаются внутри машины периодически с остановками, во время которых они обрабатываются. Основные операции выполняются прерывно или перемежаются со вспомогательными и транспортными. Подавляющее большинство исполнительных органов машин штучной продукции имеет прерывное движение. Поэтому в рассматриваемых машинах надо не только обеспечить движение исполнительных органов с заданными скоростями, но и обеспечить заданную последовательность их рабочих и холостых перемещений. Это условие [1] выполняется, если цикловые диаграммы отдельных исполнительных агрегатов будут занимать относительно друг друга заданные положения в кинематическом цикле машин (рис.1).

Кинематический цикл машины обычно измеряется временем или углом поворота ведущего звена. Например, перемещение по векторам a, b, c, d с соответствующими циклами 5, 10, 15, 25 изображаются в виде циклограммы следующим образом (рис.1).

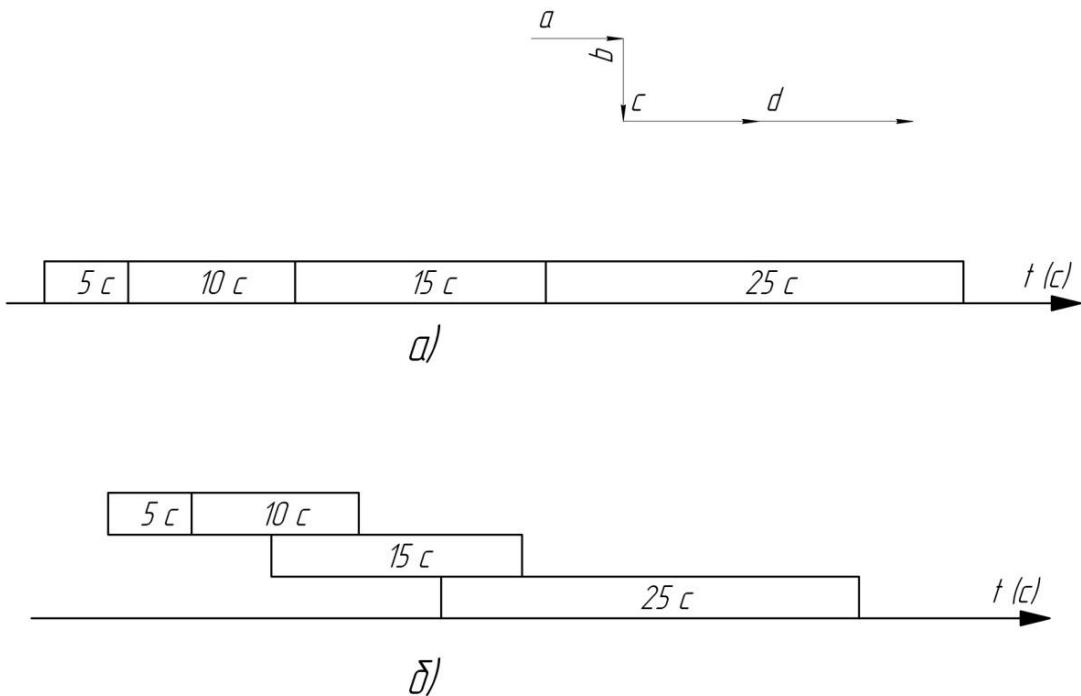


Рис. 1. Циклограмма перемещения по векторам a, b, c, d : а) без совмещения операций; б) с совмещением операций

Недостаток метода циклограмм заключается в том, что:

- не формализуется сама циклограмма перед построением;
- в моделировании участвует один параметр – время;
- совмещения операций описываются преимущественно в таблицах, а затем переносятся на график, что тоже можно отнести не к формализованной категории моделирования;
- направление векторов неизвестно.

При этом получить модель в виде циклограммы, например, с определением коэффициента заполнения упоров сплешера k_{yn} , практически невозможно.

Предполагаемый в данной работе метод позволяет избежать указанных недостатков метода циклограмм, поскольку векторы, например, вышеуказанные, рассматриваются в координатной среде и их можно представить как направленные векторы. В процессе моделирования при этом учитываются одновременно три фактора – время (t), путь (S), скорость (V).

Например, перемещение по вектору a (рис. 2) из начала вектора O в конец вектора O_1 отображается преобразованием координат.

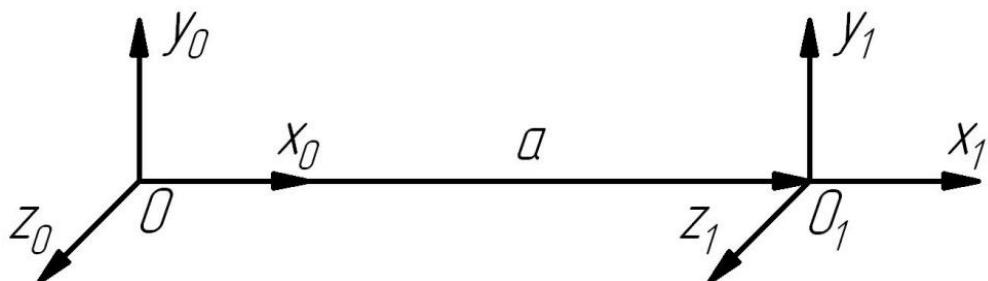


Рис. 2. Схема преобразования координат при перемещении из начала вектора O в конец вектора O_1

В сокращенной матричной записи $B_{\text{од}}(\vec{t}, a)$, то есть матрицы сдвига [4] четыре на четыре, является переходной матрицей при преобразовании координат $OX_0Y_0Z_0$ в координаты $O_1X_1Y_1Z_1$ [2].

$$B_{cd}(\vec{i}, a) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где \vec{i} – направляющий единичный вектор, указывающий вдоль какой координатной оси происходит сдвиг (перемещение) начала координат O ;

a – расстояние перемещения или координата x в развернутой матрице 4×4 , м.

Координата $x = a$ (четвертый столбец, первая строка) есть координата вектора OO_1 в системе координат $OX_0Y_0Z_0$.

Далее нами предлагается ввести понятие технологической матрицы, которая наряду с расстоянием перемещения имеет еще и время перемещения.

Матрицу B_{cd} 4×4 можно преобразовывать в матрицу 5×5 [3].

$$B_{cd}(\vec{i}, a, t_1) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (2)$$

где t_1 – время движения по вектору a из начала вектора O в конец O_1 , с.

В матрице (1) в крайнем пятом столбце a – координата x , второй член – координата $y = 0$, третий член – координата $z = 0$, четвертый член – координата t – время перемещения по координате $\vec{a} = x$.

Последний член матрицы правого крайнего столбца в общем является тоже координатой, но координатная ось принята равной 1 [2]. Это один из случаев n -мерной координатной системы. В данном случае пятимерной системы.

Представим технологический процесс, например, линии ЛО-105, в виде структурного графа. При этом необходимо учесть, что перемещение на шнековом транспортере осуществляется по двум координатам x, z с разными скоростями.

Отсекатель-сбрасыватель также изменяет две координаты x, y , но уже при одинаковых скоростях изменения координат, поскольку хлыст перемещается по окружности радиусом r .

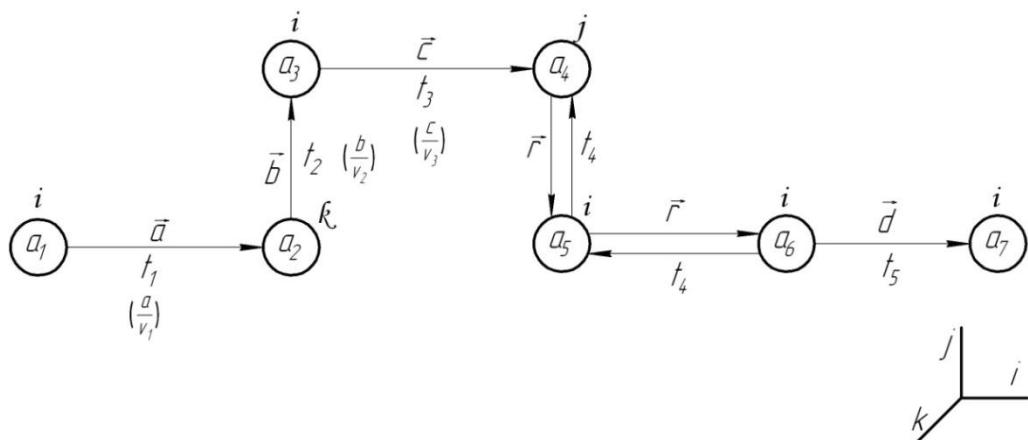


Рис. 3. Структурный график перемещений на линии ЛО-105: a_1 – операция разобщения; a_2 – операция продольной ориентации; a_3 – операция поперечной ориентации; a_4 – операция сбрасывания (вертикальная координата); a_5 – операция сбрасывания (горизонтальная координата); a_6 – операция надвигания хлыста упорами с шагом d ; a_7 – операция удаления сортиментов; i, j, k – обозначение направлений перемещений по координатным осям; a, b, c, r, d – векторы перемещений при соответствующих операциях

В структурном графе (рис. 3) двойными стрелками r обозначено возвратно-поступательное движение дополнительного механизма.

Напишем структурную формулу технологических перемещений по структурному графу (рис. 3) в тех же условных обозначениях.

$$B_5 = B_{c\partial}(\vec{l}, a, t_1) \cdot B_{c\partial}(\vec{k}, b, t_2) \cdot B_{c\partial}(\vec{l}, c, t_3) \cdot B_{c\partial}(\vec{j}, r, t_4) \cdot B_{c\partial}(\vec{l}, r) \cdot B_{c\partial}(\vec{l}, d, t_5), \quad 3)$$

где B_5 – матрица с индексом $n = 5$, указывающая, что в правой части в сокращенной матричной форме описаны перемещения хлыстов на пяти механизмах;

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы системы координат $OXYZ$;

a, b, c, r, d – значения векторов, по которым происходят перемещения.

В структурной формуле (3) перемещение по \vec{r} (рис. 3) влечет изменение двух координат x и y , что учтено матрицами $B_{c0}(j, r, t_n)$ и $B_{c0}(i, r)$. Время t_n учитывается в одной матрице.

Раскроем матрицу B_5 (3):

$$B_5 = \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & c \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & r \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \quad (4)$$

В результате перемножения матрицы (4) получим:

$$B_5 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & a + c + d + r \\ 0 & 1 & 0 & 0 & r \\ 0 & 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 0 & 1 & t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Матрица B_5 (5) расшифровывается следующим образом: координата

$$x = a + c + d + r, \quad y = z; \quad z = b; \\ T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где x, y, z – координаты предмета труда (хлыста) в старой системе координат $OXYZ$;
 T – суммарное время перемещения хлыста при помощи каждого из агрегатов.

Графически эти перемещения выражаются следующим образом

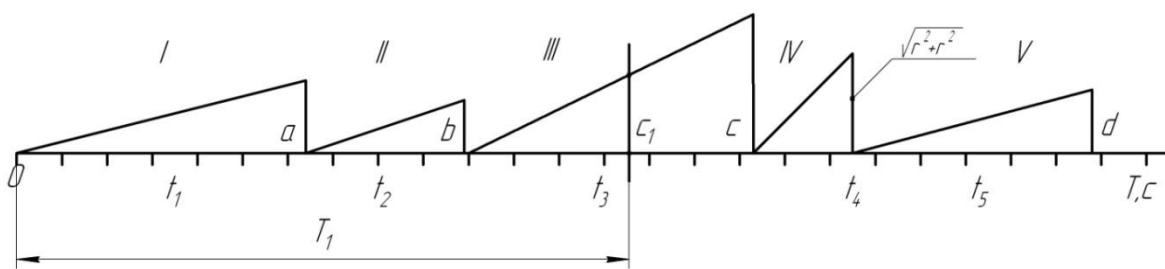


Рис. 4. Графическая интерпретация последовательного перемещения одного хлыста пятью агрегатами поточной линии

На поточной линии на каждом из агрегатов должен находиться предмет труда, что легко реализуется предлагаемым методом моделирования.

Формализация технологического процесса через структурные формулы позволяет автоматизировать моделирование при помощи ЭВМ.

На рисунке 4 все расстояния перемещения хлыста (a , b , c , $\sqrt{r^2 + r^2}$, d) независимо от направлений текущих изменений координат размещены в одной плоскости, что позволяет при сколь угодно большом времени T (реализации процесса) моделировать технологический процесс при самых различных стохастических воздействиях. При этом изменения в технологический процесс вводятся на любом механизме в режиме реального времени.

Формально процесс графической интерпретации также легко реализуется введением матриц поворота вокруг соответствующих координат осей.

Вертикальное сечение (рис. 4) в любом месте временной оси (например, через время T_1) дает значение перемещения хлыста на III агрегате c_1 . Это есть расстояние, которое прошел хлыст на III агрегате. При этом он уже прошел через два предыдущих агрегата. При размещении временной оси под графическим описанием операций с первым хлыстом размещается графическое описание операций перемещений со вторым хлыстом и т.д. (ступенчато для необходимого числа реализаций моделирования).

Таким образом, нами предложен метод моделирования технологических перемещений на поточных линиях непрерывного действия, который позволяет определить согласованность перемещений на отдельных агрегатах с основным циклом работы линии. При этом возможно на стадии проектирования определить, например, коэффициент заполнения упоров, влияние различных стохастических воздействий различного происхождения.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Бессонов А.П., Воскресенский В.В. Кинематика, динамика и точность механизмов: справ. / под ред. Г.В. Крейнина. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
3. Лозовой В.А. Структурный синтез поточных линий для обработки древесного сырья: дис. ... д-ра техн. наук. – Красноярск: Изд-во КГТА, 2000. – 295 с.
4. Воробьев Е.И., Попов С.А., Шевелева Г.И. Механика промышленных роботов: в 3-х кн. / под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. – М.: Высш. шк., 1988. – Кн. 1. – 367 с.

