

вторую противоположные стороны, причем указанные первая и вторая противоположные стороны примыкают к указанным верхней и нижней поверхностям.

Проектируемый механизм содержит:

- средство привода, сконфигурированное для взаимодействия с каждой из упомянутой пары непрерывных конвейеров, упомянутое средство привода прикладывает вращающую силу к упомянутой паре непрерывных конвейеров;

- пару прижимных роликов для поддержания указанного зацепления указанного приводного средства с указанной парой непрерывных конвейеров; а также натяжной механизм для поддержания желаемого натяжения в упомянутой паре непрерывных конвейеров.

Конфигурация включает круглый выталкивающий диск, установленный на валу, который приводится во вращение двигателем. Двигатель может работать непрерывно, установлен на поворотном опорном элементе, который установлен с возможностью поворота относительно конвейера. Этот поворотный опорный элемент установлен с возможностью поворота вокруг оси поворота, которая является по существу горизонтальной, а также поперечной по отношению к траектории оси транспортировки и ниже нее.

Научная статья

УДК 621.8

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕХОДНЫХ МАТРИЦ

Евгений Олегович Чебодаев¹, Игорь Игоревич Сурженко², Владимир Андреевич Лозовой³

^{1, 2, 3} Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

¹ chebodaevkrasava@mail.ru

² igor_surzhenko@mail.ru

³ lva_sstu@mail.ru

Аннотация. Представлен метод аналитической записи структуры поточных линий. Представлен способ задания системы координат на примере двух последовательно установленных станков. Предложена сокращенная форма записи исходной системы координат. Представлен метод векторного решения переходных процессов при выполнении технологических операций. Предложенный метод формализации технологического процесса

поточных линий позволяет проводить структурный анализ потоков по функциональным признакам.

Ключевые слова: поточная линия, система координат, вектор, структурная формула, векторная сумма

Scientific article

DESCRIPTION OF THE STRUCTURE OF THE FLOWLINES USING TRANSITION MATRICES

Evgeny O. Chebodaev¹, Igor I. Surzhenko², Vladimir A. Lozovoy³

^{1, 2, 3} Siberian State University of Science and Technology named after Academician MF Reshetnev, Krasnoyarsk Russia

¹ student, chebodaevkrasava@mail.ru

² student, igor_surzhenko@mail.ru

³ leader, lva_sstu@mail.ru

Abstract. The article presents a method for analytical recording of the structure of production lines. A method for specifying a coordinate system is presented on the example of two sequentially installed machines. An abbreviated form of recording the initial coordinate system is proposed. The method of vector solution of transient processes during technological operations is presented. The proposed method for formalizing the technological process of production lines allows for structural analysis of flows by functional characteristics.

Keywords: production line, coordinate system, vector, structural formula, vector sum

Широкое внедрение поточных технологий требует совершенствования теоретического обеспечения процесса моделирования технологий. Для этого необходимо найти проектные основные параметры, особенно при наличии большой вариабельности предмета труда. Такими широко изменчивыми размерно-качественными характеристиками обладает предмет труда лесозаготовок. В лесопромышленном комплексе, можно без преувеличения сказать – все технологические процессы связаны с поточной переработкой и обработкой древесного сырья. Особенно актуальна проблема моделирования в потоках с последовательным размещением оборудования (агрегатов) [1, 2]. При этом необходимо учесть особенности задания систем координат, которые отличаются от известных способов, например от способа Денавит – Хартенберга [3] с использованием неподвижной системы координат на все время моделирования процесса.

Рассмотрим последовательно расположенные два станка. Технологическое перемещение на первом станке проводится поперек продольной оси, например древесного хлыста, по вектору l_1 параллельно оси X. Второй

станок проводит перемещение древесного хлыста вдоль продольной оси по вектору l_2 параллельно оси Z .

На предмете труда установим систему координат (рис. 1).

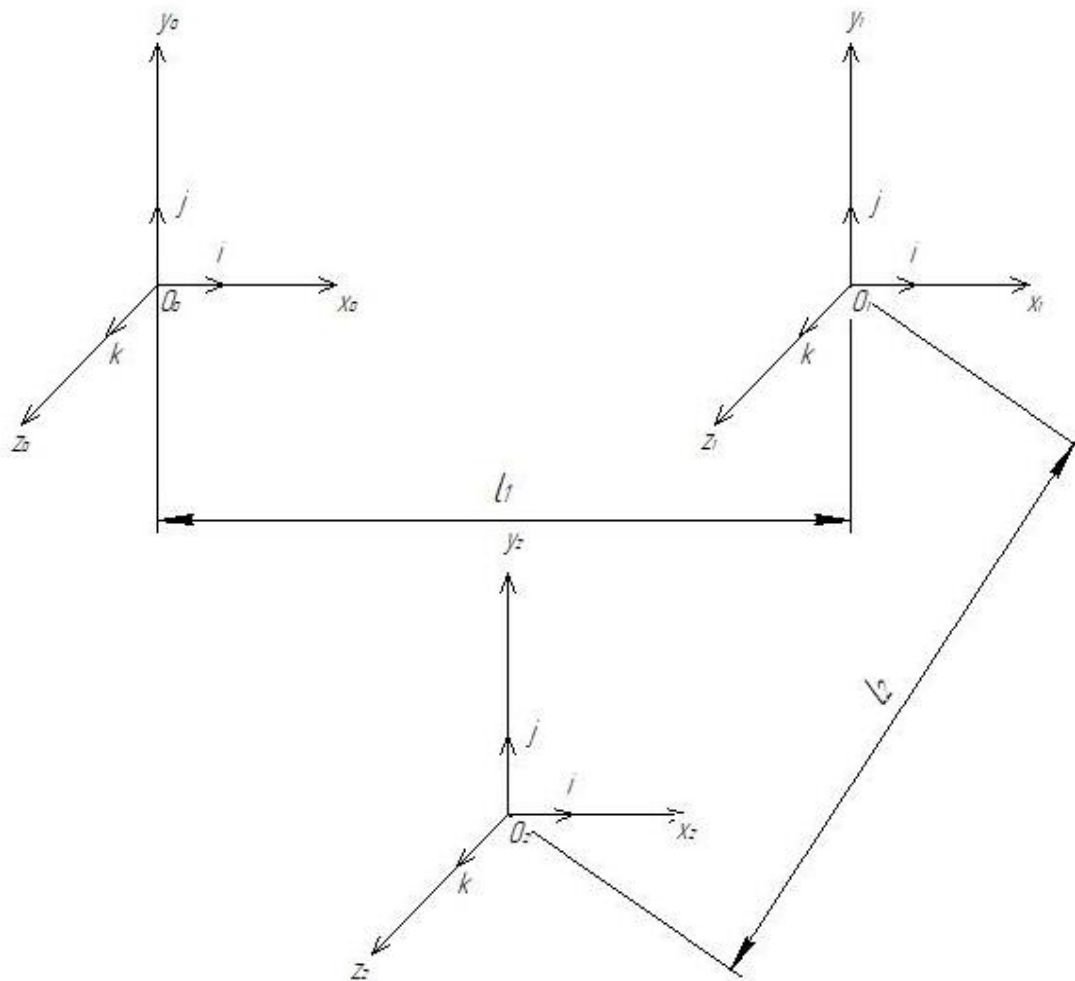


Рис. 1. Графическая интерпретация матричных преобразований координат

$OXYZ$ – базовая система (часто такую систему называют старой координатной системой). Это система начального расположения предмета труда, например торцовая часть хлыста в пакете. Начало координат базовой системы является точкой отсчета изменения координат при технологических расчетах.

Базовая система описывается единичной диагональной квадратной матрицей 4×4 :

$$M_0 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (1)$$

В задачи матричных преобразований координат, прежде всего, входит переход от одной системы координат к другой. Например, необходимо перейти от координатной системы $OXYZ$ к координатной системе $O_1X_1Y_1Z_1$ и т. д.

Переход осуществляется при помощи переходных матриц. Переходные матрицы подразделяются на матрицы сдвига вдоль координатных осей X, Y, Z – $M_{сд}$ и матрицы поворота (вращения) вокруг координатных осей – $M_{вр}$. Матрицы сдвига применяются при линейных перемещениях, матрицы вращения (поворота) – при необходимости ориентации предмета труда в пространстве.

Перемещение начала координат системы $OXYZ$ на расстояния l_1, l_2 запишется следующим образом:

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2)$$

В выражении (2) M_2 – результирующая матрица, полученная при перемножении переходных матриц. Нижний индекс обозначает количество активных переходных матриц. В нашем случае сделано два перехода, нижний индекс равен 2.

Первая матрица описывает базовую систему $Ox_0y_0z_0$. Охарактеризуем матрицу:

- матрица квадратная (число строк равно числу столбцов);
- матрица единичная, диагональная – матрица соответствует ортонормированному базису;
- размер матрицы 4x4 соответствует четырехмерному пространству (x, y, z) ;
- первые три элемента последнего (четвертого) столбца соответствуют координатам вектора в трехмерном пространстве. Четвертое измерение принято за единицу.

Вторая матрица выражения (2) является переходной матрицей от старого базиса к новому по направлению оси X_0 старого базиса на расстоянии l_1 (\vec{l}_1 – вектор с началом в точке O старого базиса и концом вектора \vec{l}_1 в начальной точке координат O_1).

Охарактеризуем вторую матрицу выражения (2):

- матрица переходная, преобразует координата X старой системы координат;
- матрица квадратная (число строк равно числу столбцов);
- размер матрицы 4x4;

- соответствует четырехмерному пространству;
- матрица единичная, диагональная.

Третья матрица выражения (2), также является переходной матрицей от системы координаты $0_1 X_1 Y_1 Z_1$ к системе координат $0_2 X_2 Y_2 Z_2$. Четвертая матрица выражения (2) является результатом перемножения трех матриц, описывающих матричные преобразования координат. В этой матрице даны координаты точки в старой системе координат. То есть, в результате преобразования координат осуществили перемещения точки из системы координат $0 X_0 Y_0 Z_0$ в новую систему $0_2 X_2 Y_2 Z_2$, которые зафиксированы в виде векторов \vec{l}_1, \vec{l}_2 .

Выражение (2) для удобства предлагается записывать в виде сокращенной записи (3), которая представляет собой структурную формулу поточной линии:

$$M_2 = M_0(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}, 000) \cdot M_{01}(\vec{i}, l_1) \cdot M_{12}(\vec{k}, l_2). \quad (3)$$

Запись (3) является структурной формулой, описывающей технологический процесс в виде перемещений поэтапно. В результате перемножения матриц в выражении (3) получаем координаты предмета труда в старой системе координат.

При этом имеем сумму векторов (рис. 2).

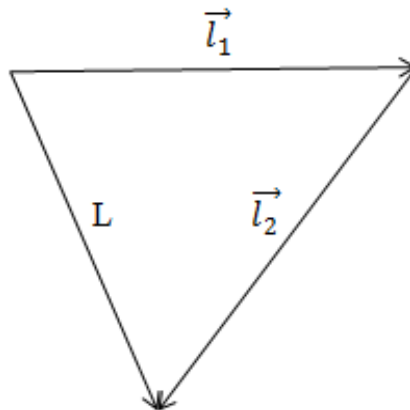


Рис. 2. Векторная интерпретация матричных преобразований координат

Векторная сумма перемещений позволяет через векторное уравнение перейти к векторным численным значениям скоростей [4], которые необходимы для соблюдения цикла выполнения операций при перемещении предмета труда на станках поточной линии. Данный метод представления структуры поточных линий позволяет проводить структурный анализ семейства поточных линий или отдельных видов оборудования по функциональным признакам, а также создает предпосылки для перехода к описанию структуры поточной линии с введением в описание структуры независимой переменной – времени.

Список источников

1. Редькин А. К., Якимович С. Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 504 с.
2. Пигнастый О. М., Заруба В. Я. Континуальное моделирование производства на поточных линиях // Мультиконференция по проблемам управления : тез. докладов VI Всерос. науч.-практич. конф. (МКПУ-2013), (Дивноморье, 30 сентября–5 октября 2013 г.). Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2013. Т. 3. С. 157–161. URL:<https://goo.gl/RRQ3Wd>
3. Denavit J., Hartenberg R.S. A Kinematic Notation for lower Pair Mechanisms Based on Matrices. – Journal of Applied Mechanics, vol.22, trans. ASME, vol.77, series E.,1955, p.215-221.
4. Лозовой В. А. Моделирование технологического процесса линий для первичной обработки хлыстов // Лесозэксплуатация : межвуз. сб. научн. тр. Красноярск : СибГТУ, 1998. С. 91–95.