

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРАНА МАНИПУЛЯТОРА****Разумов К.А.****Научный руководитель – доцент Абазин Д.Д.*****Сибирский федеральный университет***

Актуальность проблемы заключается в необходимости разработки крана манипулятора для перегрузки промышленных грузов. Это позволит автоматизировать перегрузочный процесс, увеличить производительность крана, а соответственно и грузооборот и снизить себестоимость перегрузочных работ. Полная автоматизация перегрузочного процесса с помощью крана манипулятора высвобождает обслуживающих рабочих - крановщика, стропальщика, и соответственно увеличивается производительность крана манипулятора по сравнению с простым краном.

На рисунке № 1 представлена кинематическая схема крана-манипулятора (КМ) составленная по структурной формуле  $\Pi \perp \Pi \perp \Pi$ , согласно которой механизмы передвижения моста КМ, тележки и подъема моделируются в виде одноподвижных поступательных кинематических пар пятого класса. КМ работает в прямоугольной системе координат.

Конфигурация КМ относительно неподвижной системы координат  $S_0(x_0; y_0; z_0)$  определена пятью степенями подвижности, три степени переносимые для перемещения груза в заданную точку пространства рабочей зоны КМ, две степени локальные для ориентации автостропа над грузовым объектом манипулирования.

Из общей блок-схемы приведенной на рисунке 2 которая определяет последовательность проектирования манипулятора мной исследованы отдельные блоки (А1-А4). Блоки А2-А4 – расчет (геометрический и кинематический) базируется на исходных данных технического задания А1.

Исходными данными считаются технические характеристики мостового крана:

$Q$  - грузоподъемность;

$Q_A$  - масса поднимаемого груза с автостропом;

$L$  - пролет крана;

$H$  - Высота подъема;

$q_1$  - скорость передвижения крана;

$q_2$  - скорость передвижения тележки;

$q_3$  - - скорость передвижения груза.

Изменения обобщенных скоростей  $q_i(t)$  приняты по трапецеидальному закону.

### 1.1 Расчет манипуляционной системы крана А2-А4

Задача стоит в определении положения скоростей и ускорений точки С, В базовой (неподвижной) системе координат  $S_0(x_0; y_0; z_0)$ . С каждым подвижным элементом крана жестко свяжем собственные прямоугольные системы координат  $S_i, i=1, 2, 3$ .

Система  $S_1(x_1; y_1; z_1)$  подвижная, связана с мостом крана и отличается от  $S_0$  на величину смещения:  $y_0 = q_1(t)$ ,  $z_0 = l_1 + l_0$ .

Система координат  $S_2(x_2; y_2; z_2)$  связана с тележкой и отличается от системы  $S_1$  на величину смещения  $q_2(t)$  вдоль оси  $x_1$ .

Система координат  $S_3(x_3; y_3; z_3)$  связана с автостропом и от оси  $S_2$  отличается на величину смещения  $-q_3(t)$ .

Функцию положения  $R_0(q_1; q_2; q_3)$  - определим как сложение элементарных движений  $q_1(t)$ ,  $q_2(t)$ ,  $q_3(t)$  в матричной форме.

$$R_0 = T_3 \cdot R_3$$

где  $T_3 = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3$  - результирующая матрица

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & q_1 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 + l_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & q_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- матрицы перемещения элементов КМ вдоль координатных осей.

### 1.2 Скорости и ускорения точки С, центра тяжести автостропа

$$\dot{R}_{oc} = \dot{T}_3 R_3, \quad \ddot{R}_{oc} = \ddot{T}_3 R_3,$$

где

$$\dot{T}_3 = \sum_{j=1}^3 U_{3j} \dot{q}_j = U_{31} \dot{q}_1 + U_{32} \dot{q}_2 + U_{33} \dot{q}_3$$

$$\dot{T}_3 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 V_{3jk} \dot{q}_j \dot{q}_k + \sum_{j=1}^3 U_{3j} \ddot{q}_j$$

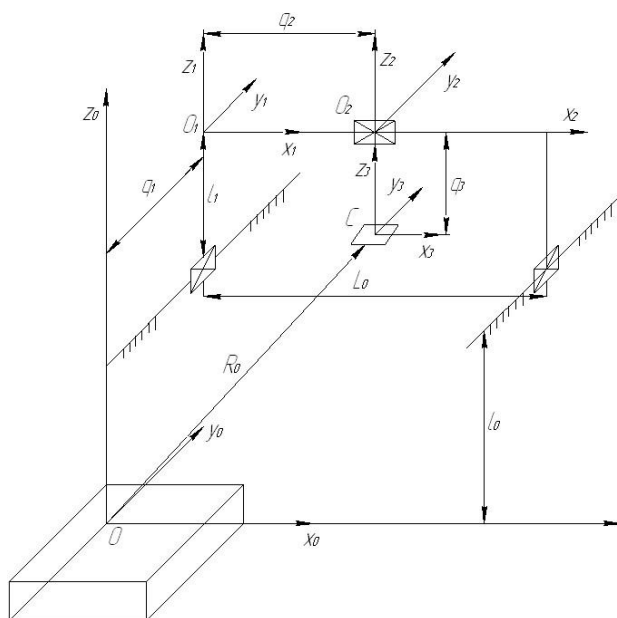


Рис. 1. Кинематическая схема крана манипулятора

Кинематические расчеты проведены в MathCAD. Представлены результаты в виде графиков.

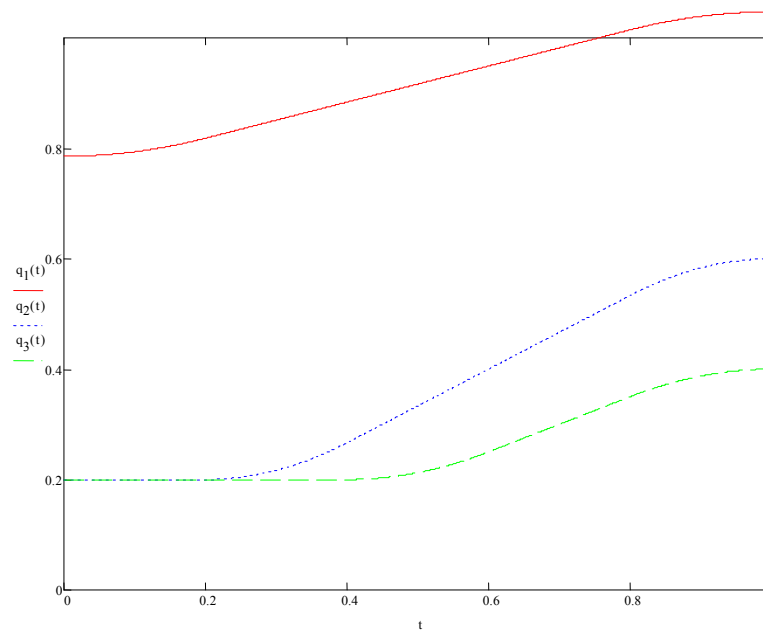


Рис. 2. Текущие значения обобщенных координат

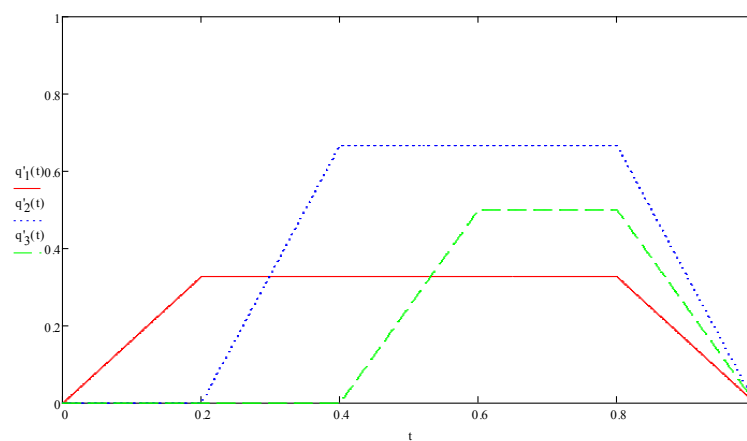


Рис. 3. Значения обобщенных скоростей

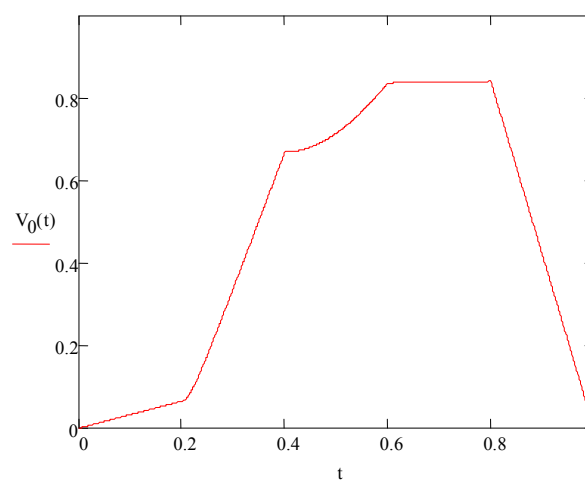


Рис. 4. Абсолютная скорость центра схвата

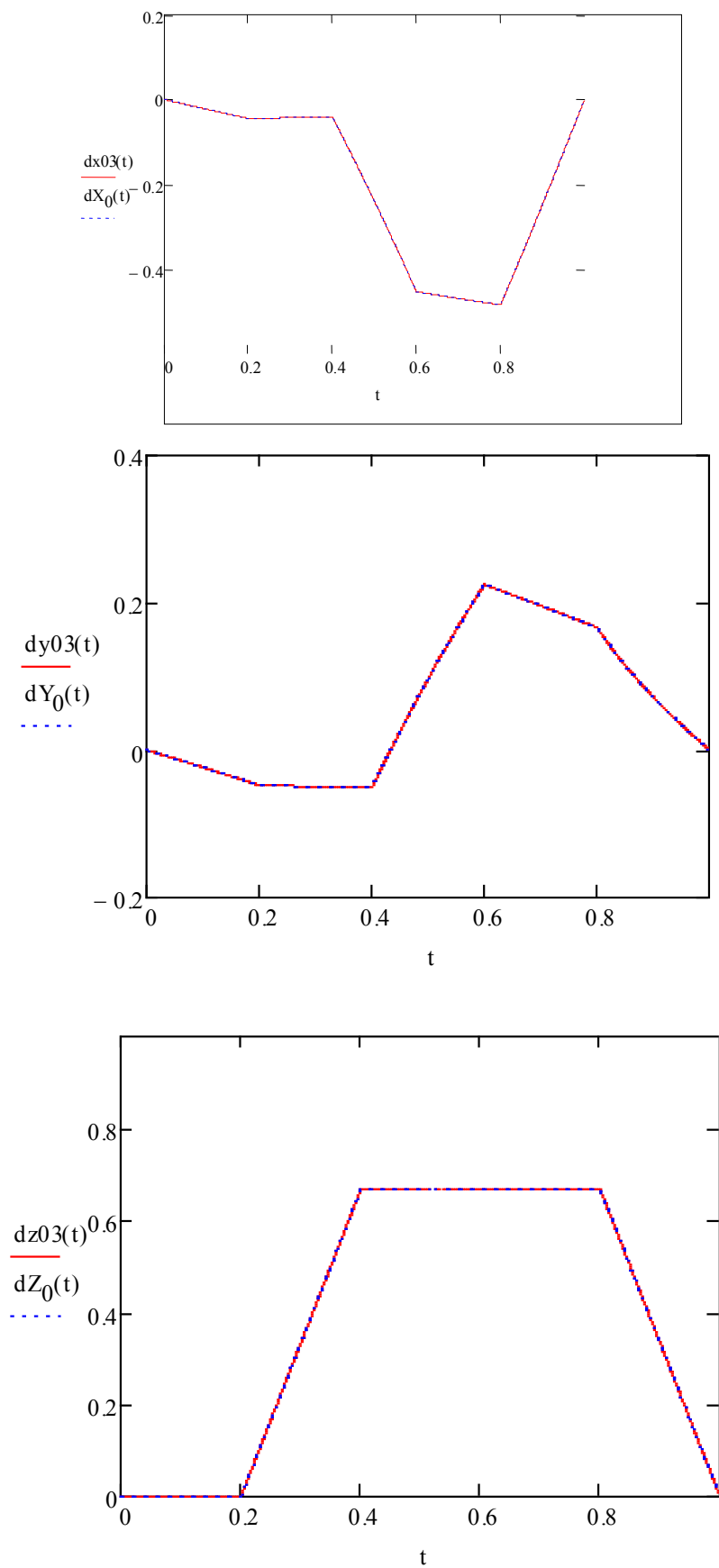


Рис. 5. Проекции скоростей центра тяжести в неподвижной системе координат