

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВОРОТНОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SIMMECHANICS

Введение. Математические модели электромеханических систем в литературе широко представлены структурными алгоритмическими схемами. При этом исследование динамических процессов достаточно эффективно выполняется с использованием компоненты Simulink программного комплекса MATLAB. В то же время его расширение SimMechanics, к сожалению, еще не пользуется должной популярностью, хотя позволяет любой механизм представить в рамках законов теоретической механики в виде совокупности звеньев и сопряжений и делает наглядным процесс моделирования сложных электромеханических систем. SimMechanics допускает объединение механических блоков с блоками Simulink, а также моделирование внешних силовых воздействий и управляющих воздействий на элементы механизмов со стороны электропривода.

Постановка задачи исследования. Работа посвящена разработке с использованием SimMechanics концептуальной блок-схемы связей механизмов кранов поворотного типа для анализа их динамических свойств.

Материалы исследования. Кран с вращающейся башней состоит (рис. 1) из неповоротной рамы 1, поворотной рамы 2, башни 3, стрелы 4, противовесной консоли 5, крюковой подвески 6, кабины крановщика 7, балласта 8. Построение модели поворотного крана выполним, исходя из его расчетной кинематической схемы (рис.2).

Динамическая система рассматриваемого крана представлена четырьмя звеньями: башня, стрела с противовесной консолью, тележка, груз. Система имеет пять степеней свободы: угол поворота башни вокруг оси $Y - \varphi$; по оси $X - r$: поступательное движение тележки вдоль стрелы крана; смещение груза вдоль оси $Y - l$; поворот груза вокруг оси $Z - \varphi_z$; поворот груза вокруг оси $X - \varphi_x$;

На рис.3 приведена модель поворотного крана в пакете моделирования SimMechanics. Опорная база, на которой установлена башня, состоит из элемента Body (блок, представляющий жесткое твердое тело), который фиксируется при помощи не имеющего степеней свободы соединения Weld к точке начала координат.

При помощи блока вращательного шарнира Revolute к стойке крепится поворотная башня. Её вращение вокруг оси Y задается в блоке Revolute, а высота и центр тяжести в блоке Body. На верхнем конце башни при помощи соединения Weld крепятся стрела и противовесная консоль. По стреле должна перемещаться тележка, представленная блоком Body и соединенная со стрелой блоком Prismatic – блок поступательного шарнира, имеющий только одну степень свободы – линейное перемещение вдоль заданной оси координат. Груз имеет 4 степени свободы (рис.2). В данном случае воспользуемся соединением, который имеет возможность задавать перемещение с шестью степенями свободы, - Custom Joint. В диалоговом окне настройки параметров

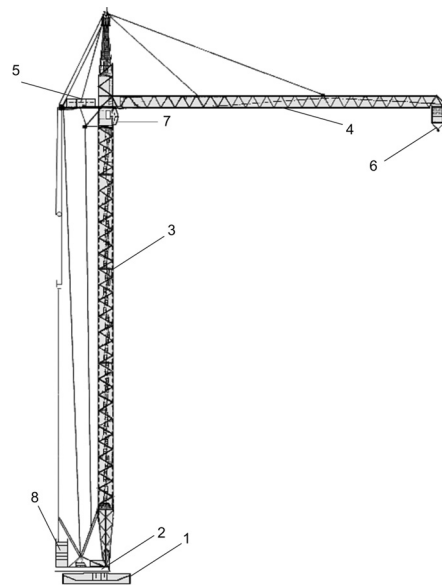


Рис.1. Общий вид башенного крана РДК-25.

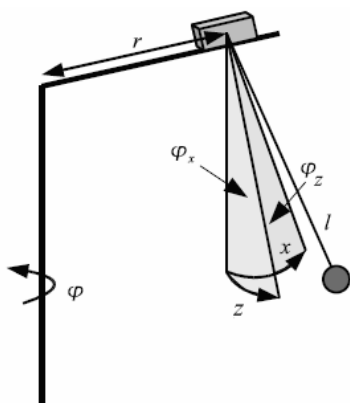


Рис.2. Расчетная кинематическая схема поворотного крана.

данного соединения выберем вращение по трем осям $R1, R2, R3 - Revolute$ и линейное перемещение груза при его подъеме и опускании $P1 Prismatic$.

Каждый соединительный блок (Revolute, Prismatic или Custom Joint) имеет порты для активаторов Joint Aktuator и датчиков Joint Sensor, количество которых указывается в окне параметров соединительного блока. В приведенном на рис.3 варианте активаторами для вращения башни крана, движения тележки по стреле, подъема и опускания груза используются асинхронные двигатели (ДВИГАТЕЛЬ №), их модели могут быть выполнены в других компонентах MATLAB (например, Simulink). Сенсорами выступают виртуальные датчики положения, скорости и ускорения (а в случае вращения - и угла поворота относительно осей координат). Их значения выводятся на Display. В качестве примера на рис.4 приведены результаты моделирования процессов в механизме передвижения тележки крана с использованием Simulink-модели воздействия от приводного двигателя, обеспечивающего оптимальное управление горизонтальным перемещением груза.

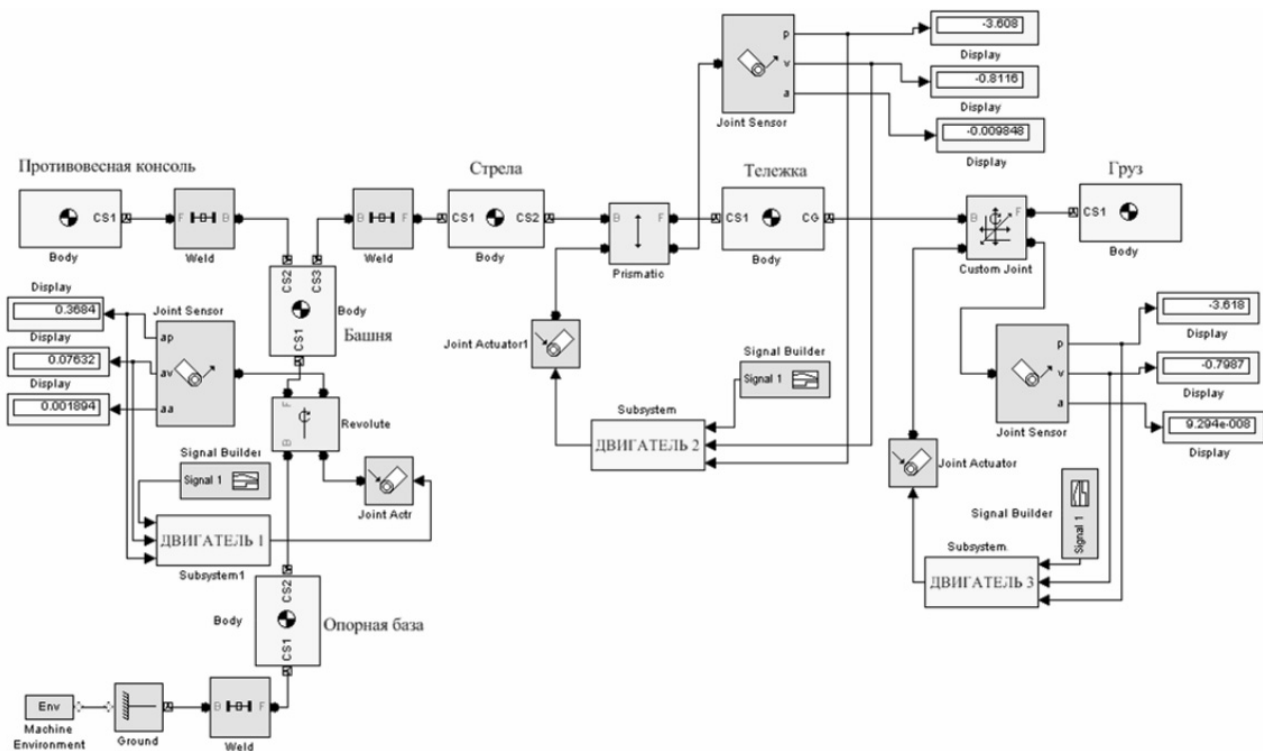
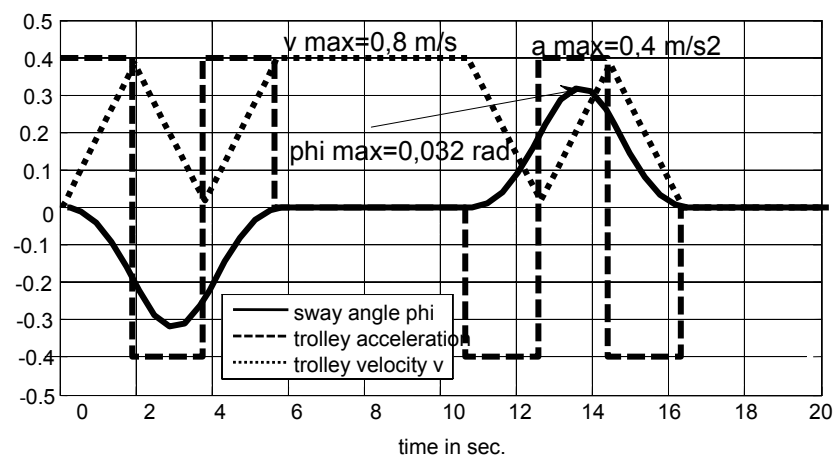


Рис.3. Модель поворотного крана в пакете моделирования SimMechanics.



v – скорость передвижения; a - ускорение передвижения; ϕ – угол отклонения груза.

Рис.4. Переходные процессы в механизме передвижения тележки.

Выводы. Разработана SimMechanics-модель башенного поворотного крана, учитывающая взаимное влияние отдельных кинематических звеньев и связей между ними на динамические процессы в каждом из механизмов (вращения башни крана, движения тележки по стреле, подъема и опускания груза), что позволяет повысить адекватность моделирования, и расширяет область решаемых задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесов Ю.Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. - 239с.
2. Официальное руководство к пакету SimMechanics.
3. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель.- М.: Изд-во ДМК Пресс, 2009. – 784с.
4. <http://www.math-modeling.narod.ru>