

КОМПЕНСАЦИЯ СИЛ ИНЕРЦИИ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ГРУЗ В БАШЕННЫХ КРАНАХ

А. В. Папук, М. К. Хаджинов, О. А. Шведова

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: aliaksandr.pashuk@gmail.com, shvedova_olga@tut.by, kh_m@tut.by

В современной промышленности большую долю среди всех подъёмно-транспортных механизмов занимают краны, на которые возложены разнообразные функции: транспортировка сырья, перемещение готовой продукции, монтаж и ремонт оборудования. При исследовании и поиске способов лучшего управления грузоподъемными устройствами особого внимания заслуживают вопросы, связанные с устранением возникающих при перемещении груза и повороте стрелы крана колебаний.

ВВЕДЕНИЕ

В перемещении башенным краном полезного груза могут участвовать три вида движения: поступательное, вращательное и смешанное, когда одновременно присутствуют первых два вида. Поступательное движение является самым исследованным, существует множество способов управления, позволяющих демпфировать колебания, возникающие при таком движении. Более сложными являются вращательное и смешанное движение, т.к. в них возникают дополнительные силы, раскачивающие груз. Необходимо оценить влияние этих сил на качество работы грузоподъемных механизмов.

Ранее в [1] были рассмотрены вопросы реализации системы управления крановой электро-механической модели оптимальной по быстродействию, основанные на вычислении периода колебаний груза системы управления с демпфированием колебаний. Для моделирования использовалась модель «тележка-груз». В [2] была получена модель башенного крана и произведен синтез системы управления подъемным краном с реализацией шейпинг-фильтров (формирующих фильтров).

I. СИЛЫ ИНЕРЦИИ В СИСТЕМЕ «ТЕЛЕЖКА-ГРУЗ»

В условиях необходимости постоянного увеличения производительности и, соответственно, скоростей перемещения грузов, проблема возникающих инерционных сил становится как никогда актуальной.

При вращательном движении возникает центробежная сила, действующая на полезный груз. Результатом действия этой силы является возникновение центробежного ускорения, стремящегося «вытолкнуть» груз от оси вращения (башни крана).

При одновременном движении тележки и повороте стрелы крана возникает сила Кориолиса, порождающая дополнительное ускорение, стремящееся сместить груз с радиуса (прямой стрелы).

Для нахождения значения центробежного ускорения можно воспользоваться формулой:

$$a_{cf} = v^2 \cdot R$$

Ускорение Кориолиса определяется следующим выражением:

$$a_{cor} = \omega \cdot v$$

На рисунках 1 и 2 изображены графики, отображающие значения ускорений при движении тележки и стрелы с ускорениями 1 м/с^2 и 0.05 рад/с^2 соответственно, длина подвеса – 10 м.

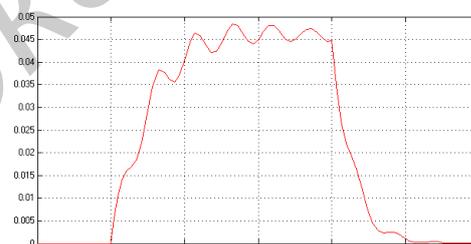


Рис. 1 – График изменения ускорения Кориолиса



Рис. 2 – График изменения центробежного ускорения

Из полученных графиков можно сделать вывод, что при больших скоростях значения ускорений становятся существенными и необходимо принимать меры по их устранению.

II. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

В качестве основы была использована модель башенного крана, полученная в [2].

Для учета и компенсации сил инерции необходимо ввести дополнительные обратные связи.

Полученная модель подъемного крана представлена на рисунке 3.

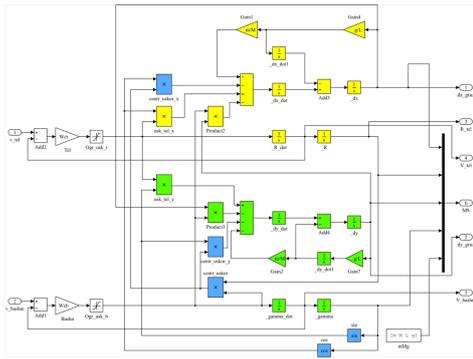


Рис. 3 – Модель подъемного крана

В качестве основной системы управления, осуществляющей демпфирование колебаний было использовано разомкнутое управление с помощью формирующих фильтров (шейпинг-фильтры) [2]. Стоит отметить, что одним из главных достоинств шейпинг-фильтров является отсутствие необходимости в обратных связях, однако, компенсация сил инерции требует их введения.

Полученная модель системы управления представлена на рисунке 4.

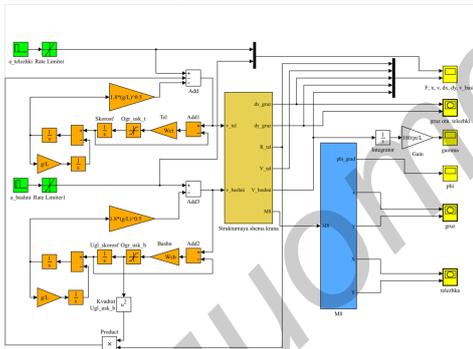


Рис. 4 – Модель системы управления

III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование было проведено с помощью пакета прикладных программ MATLAB. Результаты моделирования с заданными ускорениями движения тележки и стрелы 1 м/с^2 и 0.05 рад/с^2 соответственно и длиной подвеса – 10 м. изображены на рисунке 5.

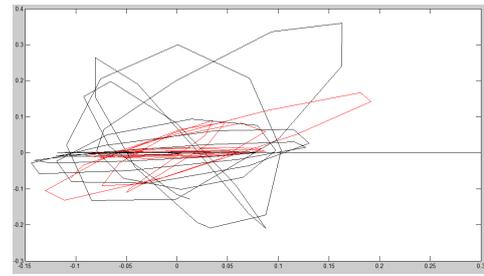


Рис. 5 – Отклонение положения груза от положения тележки

Черным цветом показано отклонение груза в системе без компенсации ускорений, а серым цветом – в системе с компенсацией. На рисунке видно, что комбинация алгоритма управления с демпфированием колебаний и дополнительных связей, компенсирующих инерционные силы позволяет устранить большую часть колебаний в системе без учета внешних воздействий. Эксперименты с различными значениями параметров системы показали, что расстояние отклонения подвешенного груза от вертикали уменьшается в 2-3 раза, по сравнению с системой без учета сил инерции.

Стоит отметить, что при работе реального объекта, которым и является башенных кран, также нельзя исключать влияние внешних возмущений, таких как погодные условия. Для компенсации таких возмущений необходимо использовать наблюдатели состояния.

IV. ВЫВОДЫ

Оптимальное управление грузоподъемными механизмами невозможно осуществлять без учета всех действующих сил и внешних возмущений. Компенсация ускорения Кориолиса и центробежного ускорения позволяет значительно уменьшить отклонение от вертикали полезного груза. Следующим этапом исследования может быть разработка наблюдателя, который поможет компенсировать внешние возмущения, такие как погодные условия.

1. Пашук, А. В. Микроконтроллерная система управления электроприводом подъемного крана / А. В. Пашук // Дипломный проект. – Минск: БГУИР. – 2014. – 95 с.
2. Пашук, А. В. Компенсация центробежного ускорения в подъемных кранах / А. В. Пашук, М. К. Хаджинов // Информационные технологии и системы. – 2014. – С. 44-45.
3. Omar, H. M. Control of gantry and tower cranes. PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. – 2003.