

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ТРОСА БАШЕННОГО КРАНА

А.В. Марков, А.А. Подковырова, М.К. Хаджинов, О.А. Шведова
Кафедра систем управления,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: shvedova_olga@tut.by, markov@bsuir.by

Приведены результаты исследования поведения троса башенного крана с ненагруженным подвесом. Эффективность от улучшения характеристик движения крана с ненагруженным подвесом очевидна, т.к. любой кран примерно половину времени движется в этом режиме.

ВВЕДЕНИЕ

Поворотные башенные краны характеризуются значительной высотой и чаще всего применяются в таких условиях, когда груз должен главным образом перемещаться вертикально. Сложность движения крана с ненагруженным подвесом объясняется распределённым характером нагрузки грузоподъемного механизма, которой является масса троса подвеса.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Если масса троса соизмерима или значительно больше массы ненагруженного подвеса, то при недостаточном натяжении троса возникают свободные колебания, точное описание которых затруднительно. Для анализа движения можно рассмотреть распределенную массу троса в виде системы с сосредоточенными в n точках параметрами: трос разбивается на равный участки с фиксированной массой, сосредотачиваемой на конце каждого из них. Трос при этом рассматривается как нерастяжимая невесомая нить. Для описания движения участка (звена) используется следующая структурная схема, приведенная на рис. 1.

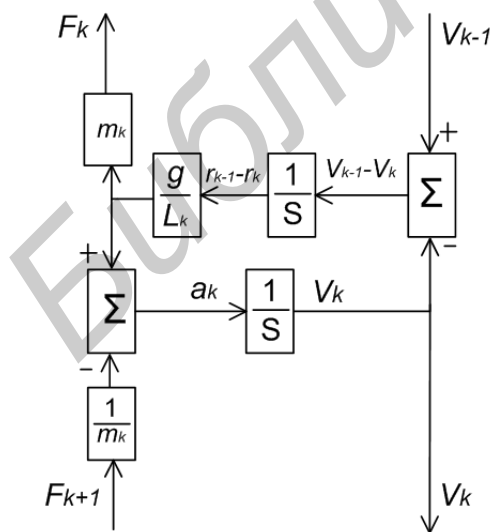


Рис. 1 – Структурная схема движения звена

Звено имеет два входа и два выхода. На массу m_k воздействует скорость звена m_{k-1} , под

действием которой, масса m_k начинает свое движение. В свою очередь, масса m_k оказывает воздействие скорости на звено с массой m_{k+1} . Масса m_k имеет свои собственные колебания, которые влияют на движение предстоящего звена m_{k-1} с силой F_m , а на движение самой массы m_k влияет последующее звено m_{k+1} с силой F_{m+1} .

Для каждого звена на вход интегратора поступает сигнала ускорения массы m_k , выходом является сигнал скорости массы m_k . На вход второго интегратора поступает сигнал скорости массы m_k относительно массы m_{k-1} . Коэффициент g/L_k характеризует влияния на звено $k-1$ собственной частоты колебания звена k .

Для всех звеньев можно представить общую структурную схему движения троса башенного крана с ненагруженным подвесом (рис. 2).

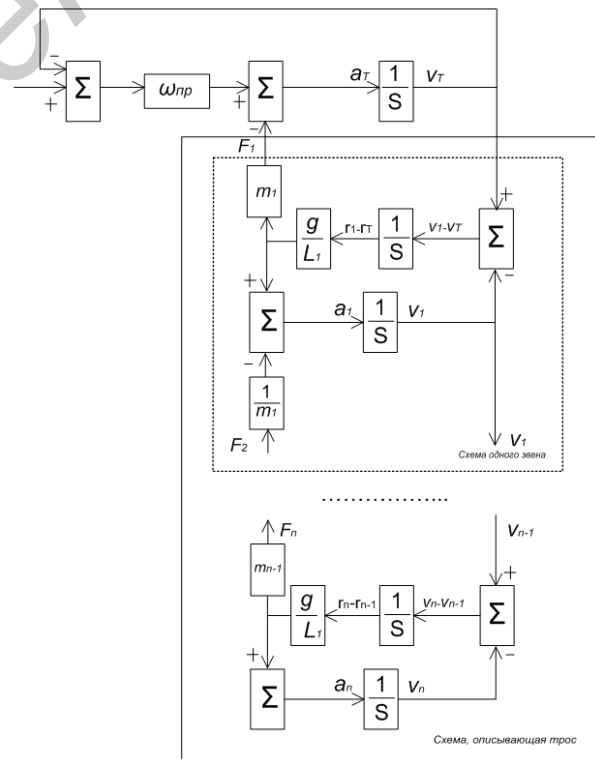


Рис. 2 – Общая структурная схема

Из приведенной выше структурной схемы видно, что количество звеньев может быть произвольным.

II. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для математического описания структурной схемы используется векторно-матричные уравнения пространства состояний [1]. Данную математическую модель можно применять для составления программного кода в MatLab для дальнейшего анализа поведения системы.

На рис. 3 представлены АЧХ и ФЧХ конечного звена троса (подвеса) модели шестого порядка. В зависимости от порядка модели возникают резонансные частоты, т.е. каждое звено обладает собственными незатухающими колебаниями, которые влияют на движение конечного звена. С повышением порядка модели повышается точность описания движения конечного звена. Но каждое добавление звена приводит к возникновению новой резонансной частоты, которая требует алгоритма подавления и усложняет алгоритм.

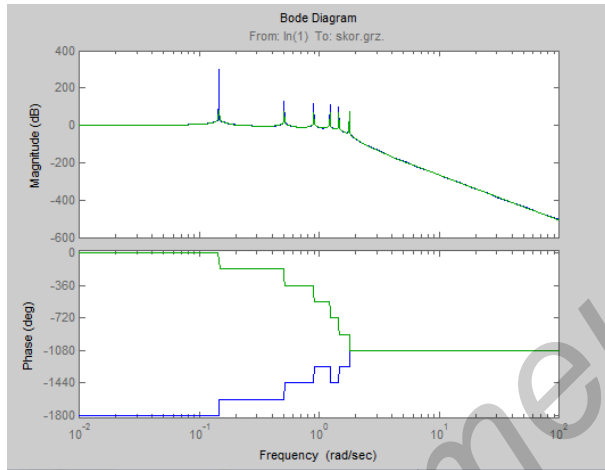


Рис. 3 – Модель шестого порядка

При увеличении длины троса при постоянной массе отклонение уменьшается (рис. 4). В моделях меньшего порядка перепад характеристики меньше, т.к. меньше влияние сосредоточенных масс.

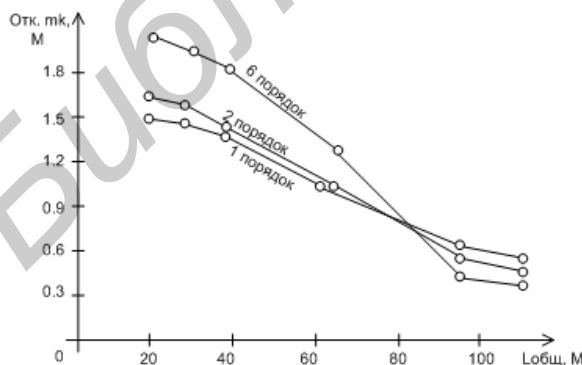


Рис. 4 – График зависимости отклонения конечного звена от общей длины троса

Увеличение массы троса при постоянной длине незначительно влияет на отклонение ко-

нечного звена (рис. 5). При увеличении порядка модели влияние уменьшается. При высоких порядках модели влияние увеличения массы при постоянной длине троса становится незначительным.

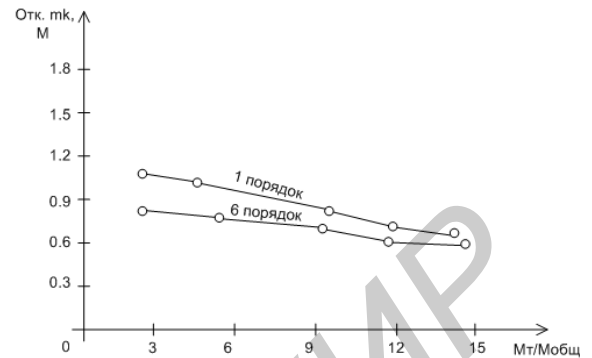


Рис. 5 – Влияние общей массы троса на отклонение конечного звена

Влияние на отклонения конечного звена будет значительно, если с увеличением длины троса увеличивается масса, т.е. сечение является постоянной величиной. Как и предполагалось в расчетах, сечение зависит от предела прочности стали и плотности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование показало, что каждое звено обладает собственными незатухающими колебаниями, которые влияют на движение подвеса. С повышением порядка модели повышается точность описания движения конечного звена. Так же выявлено, что значительные отклонения возникают при условии, что с увеличением длины троса увеличивается его масса.

Из анализа АЧХ видно, что спектр резонансных частот многозвенной модели, вызывающих незатухающие колебания, является довольно широким, частоты не перекрываются. Не наблюдается зависимость между нарастанием сложности модели и смещением резонансных частот.

1. Подковырова А. А., Шведова О. А. Анализ движения троса башенного крана с ненагруженным подвесом / А. А. Подковырова // Информационные технологии и управление 2014: материалы 50-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов – Минск, 24-28 марта 2014г. / Минск БГУИР 2014. – 88 с.
2. Шмарловский, А. С. Система управления башенным краном для подавления собственных колебания троса / А. С. Шмарловский // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Минск, 2012. – 40 с.
3. Подковырова А. А. Алгоритмы и системы управления приводами подъемно-транспортных механизмов / А. А. Подковырова // Диссертация на соискание ученой степени магистра технических наук. – Минск, 2014. – 52 с.