

К.т.н. Климченкова Н.В., Корниенко С.В., Березниченко З.А.

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Донецк,

Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ (ЭМС) МОСТОВОГО КРАНА

Динамические нагрузки и раскачивания удлиняют и снижают качество выполнения операций, что значительно удлиняет весь производственный процесс. На одну производственную технологическую операцию приходится 8–10 операций по перемещению.

Решение проблемы лежит в повышении степени автоматизации ЭМС крана. Это позволит учесть ряд кинематических параметров, влияющих на динамические нагрузки и раскачивание грузов при перемещении.

Целью работы является построение рациональных эксплуатационных режимов вертикального перемещения грузов ЭМС мостового крана.

За объект исследования принята ЭМС подъема грузов мостовым краном типа НК 1090 А. Технические характеристики: номинальная масса груза $m_L=16$ т; масса кранового моста $m_K=25$ т; масса тележки $m_B=6$ т; скорость подъема $V_h=20$ м/мин; высота пролета балки $h=2.5$ м; система электропривода – тиристорный преобразователь частоты- асинхронный электродвигатель (ТПЧ-АД) с законом регулирования $U_{1m}/f_1=const$. Предмет исследования – кинематические закономерности движения груза и элементов ЭМС на определенных этапах пути и автоматическое управление ими.

Разные части механизмов крана начинают свое движение неодновременно. Так как в первый момент пуска груз еще не стал двигаться, а вращающиеся части механизма разгоняются до определенной скорости, движение второй массы происходит лишь с выбором половины зазора в одну и другую сторону, поэтому при $|\varphi'_1 - \varphi_2| < \frac{\delta}{2}$ в системе появляется зазор. Это приводит к

возникновению дополнительных усилий. Дополнительные усилия ведут как к колебаниям как ЭМС, так и груза. Следствием колебательных процессов являются динамические нагрузки.

При перемещении грузов ЭМС мостового крана должна обеспечивать минимум динамических нагрузок при заданной производительности.

Известно, что на мостовых кранах наибольшие динамические нагрузки возникают при подъеме груза с основания или при торможении. Если не учесть этого на самых первых этапах подъема, то длительность пуска значительно увеличится.

Для исследования технологических операций подъема за расчетную модель ЭМС принимаем двухмассовую модель, представленную на рис. 1. ЭМС имеет две поступательно перемещающиеся массы m_1 и m_2 , соединенные упругим элементом с жесткостью c , где m_1 – приведенная масса вращающихся частей ЭМС подъема, m_2 – масса груза. К массе m_1 приложено движущее усилие P , к массе m_2 – вес груза $G=mg$. В исходном состоянии обе массы неподвижны, усилие в упругом элементе (подвеске) $S_0=G$. От этого начального состояния отсчитываем перемещения масс x_1 и x_2 . Движение начинается после растормаживания m_1 . При движении системы усилие в упругом звене:

$$S=G+c(x_1-x_2). \quad (1)$$

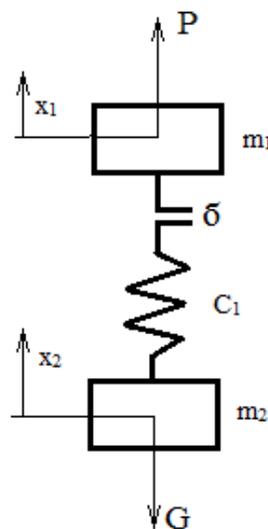


Рис. 1. Расчетная модель ЭМС мостового крана

Дифференциальные уравнения движения первой и второй масс имеют вид:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + c(x_1 - x_2) = P(t) - G \quad (2)$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} - c(x_1 - x_2) = 0 \quad (3)$$

На основании уравнений (1) и (2) получаем уравнение относительно усилия в упругом звене:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} - \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{c(m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2} (x_1 - x_2) = \frac{P - G}{m_1} . \quad (4)$$

С учетом (1) выражение (4) примет вид:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} + \lambda^2 S = \lambda^2 G + \frac{c}{m_1} (P - G), \quad (5)$$

где P – движущее усилие механизма подъема; $\lambda = \frac{c(m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2}$.

Постоянное движущее усилие двигателя не является характерным признаком ЭМС механизмов мостовых кранов. В действительности оно изменяется в функции угловой скорости ротора.

Для многих ЭМС пуск двигателя осуществляется при помощи пускового реостата, при котором момент двигателя изменяется по линейному закону от скорости:

$$P = P_0 - B \cdot \dot{x}_1, \quad (6)$$

где B – коэффициент пропорциональности; P_0 – движущее усилие при неподвижном роторе; \dot{x}_1 – угловая скорость ротора (все величины приведены к поступательному перемещению груза).

Как показывают исследования движущее усилие изменяется по более сложному закону от скорости. При подъеме груза возникает слабина каната, что может привести к его выходу из канавок подъёмного барабана, нарушению нормальной работы, подскоку груза. Рассмотрим более рациональный способ

подъема, который позволит реализовать следующий закон изменения движущего усилия:

$$P(t) = G + \frac{P_0}{B \cdot e^{-B \cdot t / T_m}} \cdot (1 - e^{-B \cdot t / T_m}), \quad (7)$$

где T_m – электромеханическая постоянная времени электропривода; t – время подъема.

Тогда при изменении P по (6), решая (4), получим выражение для определения динамических усилий:

$$S = G + \frac{(P_0 - G) \cdot c \cdot m^2}{m_1 \cdot (B^2 + \lambda^2 \cdot m^2)} \cdot \left(\frac{B}{m\lambda} \sin \lambda t - \cos \lambda t + e^{-B \cdot m / t} \right), \quad (8)$$

где $m = m_1 + m_2$.

При изменении P по (7), решая (4), получим:

$$S = G + \frac{(P_0 - G) \cdot c \cdot m^2}{m_1 \cdot (B^2 \cdot e^{-2B \cdot t / T_m} + \lambda^2 \cdot m^2)} \cdot \left(\frac{B \cdot e^{-B \cdot t / T_m}}{m \cdot \lambda} \cdot \sin \lambda t - \cos \lambda t + e^{-B \cdot t / T_m} \right), \quad (9)$$

где $T_m = \frac{J_1}{\beta}$; β – модуль жесткости механической характеристики; J_1 – момент инерции двигателя.

Анализ (8) и (9) показывает, что при ручном управлении невозможно контролировать соотношения такого количества параметров (B , m_1 , m_2 , c , T_m , λ). Необходимо построение электромеханической системы на базе программируемых микроконтроллеров. Для связи микроконтроллера с машинистом должен быть предусмотрен пульт управления.

Уравнения (8) и (9) показывают закономерности формирования динамических нагрузок в эксплуатационных режимах. На рис. 2 приведены полученные закономерности. Закономерности определяют характер нарастания динамических усилий в подвеске груза. Значение усилий при различных возмущающих воздействиях колеблется около некоторого значения. Амплитудные значения колебаний определяются не только величиной возникающего воздействия, но и интенсивностью нарастания этого воздействия. Так для снижения динамических нагрузок можно применить более мягкое, не скачкообразное нарастание сигнала.

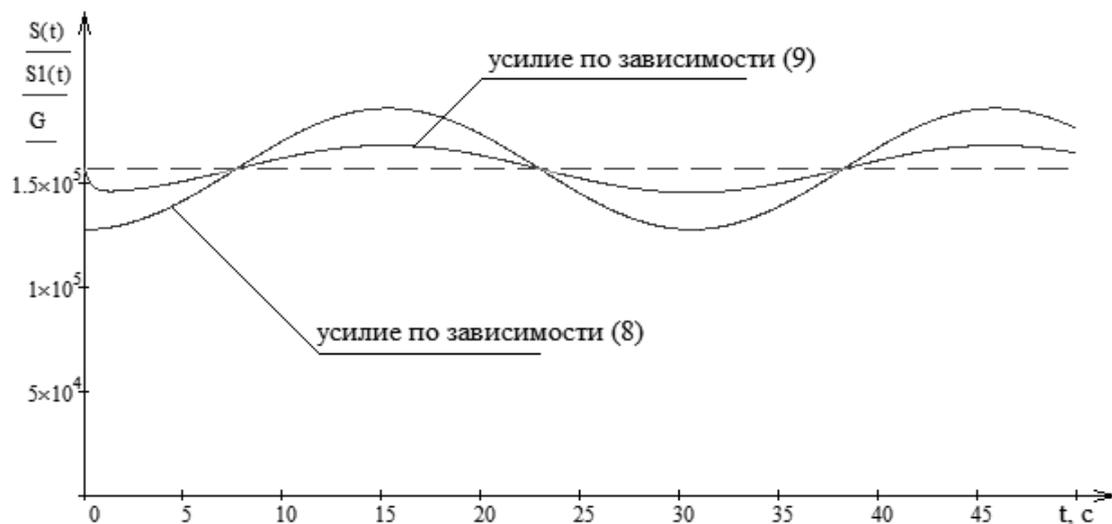


Рис. 2. Закономерности изменения динамических усилий

Для построения рациональных режимов управления следует обеспечить при заданном изменении движущего усилия снижение динамических нагрузок и длительности переходных режимов с учетом люфтов и зазоров, встречающихся в передачах.

ВЫВОДЫ

1. Уравнения (8) и (9) позволяют контролировать соотношение параметров механизма подъёма. Из этих уравнений следует, что динамические усилия в упругом элементе изменяются по гармоническому закону с частотой колебаний m_1 и m_2 относительно друг друга: $\lambda^2 = \frac{c(m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2} = \frac{\omega^2(m_1 + m_2)}{m_2}$. Амплитуда колебаний динамического усилия через π/λ после приложения движущегося усилия достигают максимального значения.

2. Уравнения (9, 11, 12) позволяют контролировать на программном уровне не только соотношения параметров, но и влиять на формирование динамических характеристик ЭМС.

3. Для построения рациональных эксплуатационных режимов управления ЭМС мостового крана необходимо контролировать темп нарастания динамических нагрузок при заданной производительности. С выполнением это задачи справится ЭМС, построенная на базе микроконтроллеров.