

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КРАНА С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ГРУЗА

Звягин С. В.,

научный руководитель канд. техн. наук Донцова Т. В.

*Сибирский федеральный университет*

*Институт цветных металлов и материаловедения*

Перемещение грузов в металлургической промышленности осуществляется разнообразными подъемно-транспортными машинами, среди которых широкое распространение получили мостовые краны. Мостовые краны являются сложными объектами управления и служат для погрузочно-разгрузочных работ, перемещения грузов в технологической цепи производства или строительства и выполнения ремонтно-монтажных работ с крупногабаритными агрегатами. По грузоподъемности мостовые краны условно разделяют на малые (масса груза 5-10 т.), средние (10-25 т.) и крупные (свыше 50 т.).

Недостатками мостовых кранов являются их достаточно высокая металлоемкость вследствие того, что пролетное строение является неразгруженным от поперечного изгиба собственным весом, а также наличие двух систем канатов и двух приводов перемещения тележки и подъема груза. Также возможно возникновение горизонтальных колебаний груза при движении тележки по несущим канатам, так как отсутствуют средства управления колебанием груза, что отрицательно воздействует на качество и точность работы крана, что мешает работе оператора, затрудняя установку груза, в намеченное место, и увеличивает нагрузку на механизмы.

В качестве объекта исследования принята модель из параметрического ряда мостовых электрических кранов общего назначения (рис. 1).

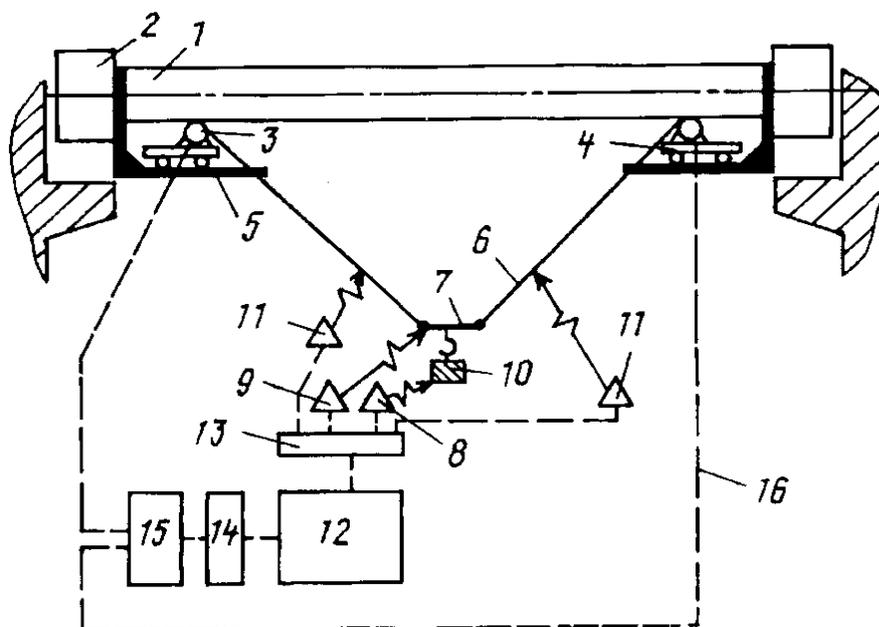


Рисунок 1 – Общий вид крана

Предлагаемый мостовой кран грузоподъемностью 80 т. представляет собой систему, содержащую пролетное строение 1, концевые балки 2, две лебедки 3 с ко-

роткозамкнутым двигателем и частотным преобразователем на тележках 4, установленных эксцентрично по отношению к продольной оси сечения пролетного строения на консолях 5 в приопорных участках пролетного строения и обладающих подвижностью и возможностью стопорения на этих участках, грузовые канаты 6, каждый из которых одним концом закреплен на грузовой подвеске 7, а другим соединен с лебедками 3.

Система управления включает в себя датчики 8, 9 положения и колебания груза 10 соответственно, датчики 11 натяжения канатов 6, управляющий модуль 12, входной интерфейс 13, преобразующий сигналы с датчиков 8, 9, 11 для управляющей программы, выходной интерфейс 14, передающий команды лебедкам 3, коммутирующее устройство 15 и кабели 16 прямой и обратной связи.

Кран с автоматической системой управления с задачей перемещения груза из положения  $O$  в положение  $O_1$  работает следующим образом. Вначале задается исходная информация для управляющей программы, содержащая координаты начального  $O$  и конечного  $O_1$  положений груза 10 (рис.1). Траектория перемещения груза может быть задана аналитически или определяться программно в соответствии с одним из выбранных критериев (минимизация времени перемещения, инерционных нагрузок, затраченной энергии и т.п.). После этого производится зацепление груза 10 и включение системы оператором. Управляющий модуль работает по программе управления траекторией груза и гашения его колебаний. На основе заданной информации программа вырабатывает эффективную траекторию движения груза 10, режимы работы лебедок 3 и движения (стопорения) тележек 4. Программа предусматривает постоянный контроль и корректировку режимов работы лебедок 3 и тележек 4 в соответствии с показаниями датчиков 8, 9, 11, включая устранение динамических эффектов (горизонтального колебания груза 10) притормаживанием и подтягиванием одного из канатов 6. Поднимаемый груз 10 создает растяжение грузовых канатов 6, которые оказывают сжимающее воздействие на пролетное строение 1 и создают изгибающий момент, направленный противоположно изгибающему моменту от собственного веса пролетного строения 1. Таким образом создается разгружающий эффект предварительного обжатия пролетного строения. При работе обеих лебедок "на подъем" ("на спуск") происходит поднятие (опускание) груза с его транспортировкой или без транспортировки вдоль пролетного строения (в зависимости от соотношения частот вращения лебедок). При работе только одной лебедки груз 10 одновременно перемещается по горизонтали и вертикали. Перемещение груза 10 по горизонтали происходит в том случае, когда одна лебедка работает "на спуск", то есть канат сматывается с ее барабана, а другая "на подъем", то есть выбирает освобождающуюся длину каната 6 (при этом соотношение частот вращения лебедок изменяется в зависимости от положения груза по длине пролетного строения). Лебедка, с которой при перемещении груза 10 сматывается канат 6, работает при этом в режиме притормаживания, что следующим образом устраняет возможность горизонтального колебания груза 10 при его перемещении вдоль пролетного строения 1. При перемещении груза возникают динамические процессы (колебания) в зависимости от массы груза и скорости его движения.

Для разработки системы управления перемещением груза в первую очередь необходимо определить напряжённо-деформированное состояние пролётной балки, нагруженной собственным весом.

Находим расчётные данные, необходимые для определения суммарного изгибающего момента  $M_{\Sigma}$ , действующего на пролётное строение: максимальный изгибающий момент в центре балки  $M_{и}$ , величины эксцентриситетов  $e_1$  и  $e_2$ , изгибающий момент воспринимаемый балкой всего моста  $M_{max}$ , усилия в левом  $P_{л}$  и правом  $P_{п}$  подъёмных канатах лебёдок крана.

Для этого из геометрических соображений вводится прямоугольник ABCD, в пределах которого может перемещаться груз и двухмерная система координат x-y с точкой (x=0; y=0) в левом нижнем углу прямоугольника ABCD (рис.2).

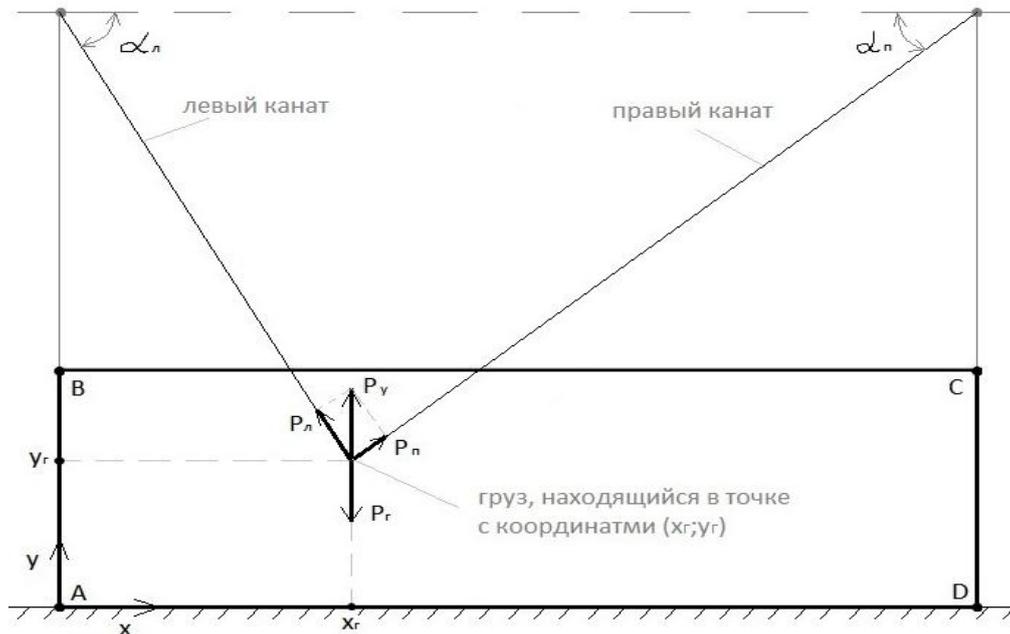


Рисунок 2 - Схема расположения усилий и перемещения груза в рамках прямоугольника ABCD,  $P_y$  – уравнивающая сила

Для каждого положения груза, находящегося в точке с координатами  $(x_r; y_r)$  в рамках ABCD вычисляются углы  $\alpha_l$  и  $\alpha_p$ .

Далее эмпирически определяются усилия в левом (1) и в правом (2) канатах:

$$P_l = \frac{P_r \cdot \sin(90 - \alpha_p)}{\sin(180 - \alpha_p - \alpha_l)}, \quad (1)$$

$$P_p = \frac{P_r \cdot \sin(90 - \alpha_l)}{\sin(180 - \alpha_p - \alpha_l)}, \quad (2)$$

где  $P_r$  – вес груза.

Суммарный изгибающий момент, действующий на пролётное строение, определяется по формуле (3):

$$M_{\Sigma} = M_{II} + P_r(e_2(\sin^2 \alpha_l + \sin^2 \alpha_p) - e_1(\sin \alpha_l \cdot \cos \alpha_l + \sin \alpha_p \cdot \cos \alpha_p)). \quad (3)$$

На рисунке 3 представлена зависимость суммарного изгибающего момента от перемещения груза вдоль оси X.

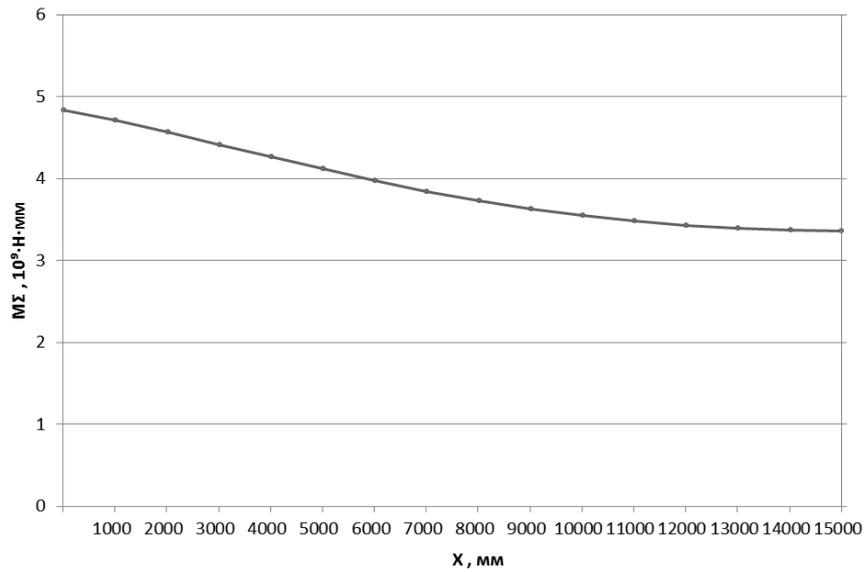


Рисунок 3 – Зависимость суммарного изгибающего момента от перемещения груза вдоль оси X при высоте подъема груза 1000 мм

Из расчётов следует, что условия прочности выполняются с запасами, так как суммарный изгибающий момент  $M_{\Sigma}$ , действующий на пролётное строение, не должен превышать изгибающий момент, воспринимаемый балкой всего моста  $M_{\max}$ , и не должен превышать максимальный изгибающий момент в центре балки  $M_{п}$ .