



ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ ДВУМЯ СПАРЕННЫМИ КРАНАМИ

Николай Петрович ГАРАНИН, докт. техн. наук, профессор

Александр Валерьевич РАСКАТОВ, аспирант

Московская государственная академия водного транспорта

Андрей Михайлович ТЕРЕХОВ, канд. техн. наук, главный инженер

ОАО «Южный речной порт», Москва

Рассмотрены условия автоматического сохранения горизонтального положения груза при его подъеме двумя спаренными кранами, позволяющие избежать неравномерности распределения нагрузок на краны от силы тяжести груза, предотвратить их перегрузку и возможную аварию.

Ключевые слова: спаренная работа кранов, подъем тяжеловесных грузов; выравнивание нагрузок, сохранение горизонтальности груза, сохранение вертикальности грузовых канатов.

Необходимость спаренной работы двух кранов на причале, открытой местности, строительной площадке, слипе, в цехе возникает в ряде случаев при перегрузке штучного груза большей по отношению к грузоподъемности каждого крана массы. При этом приоритетное значение приобретает не производительность, а безопасность выполнения работ и самих работников, а также сохранность груза. Поэтому необходимо заранее до производства работ уточнить базовые факторы обеспечения этих условий.

Во-первых, краны для спаренной работы должны иметь суммарную грузоподъемность, превышающую массу поднимаемого груза вместе с траверсой для его удержания. Грузоподъемность каждого из двух кранов на рабочих вылетах должна быть больше усилий, создаваемых грузом. Наконец, опорные нагрузки от каждого крана и груза должны обеспечивать допустимые значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости, а также давлений на фундаменты, принятые для береговых кранов.

Также необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- определить места установки каж-

дого крана относительно мест захвата и укладки груза, позволяющие безопасное взаимодействие кранов между собой;

- выбрать места крепления грузозахватного устройства (крюка, петли и др.) из условия обеспечения прочно-

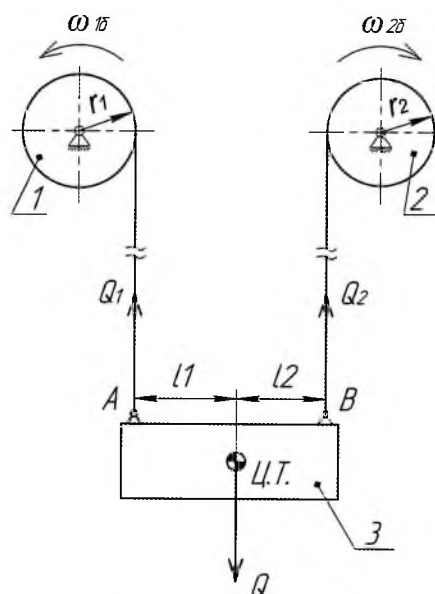


Рис. 1. Схема подъема груза двумя спаренными кранами. 1 – барабан лебедки механизма подъема груза, крана № 1; 2 – барабан лебедки механизма подъема груза крана № 2; 3 – поднимаемый груз; ω_{10} , ω_{20} – угловые скорости барабанов кранов № 1 и № 2 соответственно [1/с]; r_1 , r_2 – радиусы барабанов кранов № 1 и № 2 соответственно [м]; A, B – точки зацепки груза кранами № 1 и № 2 соответственно; l_1 – плечо от точки A до линии центра тяжести груза [м]; l_2 – плечо от точки B до линии центра тяжести груза [м]; Q – вес поднимаемого груза [Н]; Q_1 , Q_2 – усилия в грузовых канатах кранов № 1 и № 2 соответственно [Н]

сти, надежности захвата и постоянного вертикального положения грузовых канатов при подъеме груза;

- уточнить примерную высоту подъема и опускания груза, а также величину горизонтального перемещения кранов вдоль грузового фронта;

- добиться совпадения фактических скоростей подъема груза у обоих кранов для сохранения горизонтальности груза и вертикальности грузовых канатов при подъеме.

На основе паспортных и расчетных данных обоих кранов целесообразно до начала работ построить график цикла переноса груза, выполнить тренировочные рабочие циклы с холостой траверсой и отработать с крановщиками выполнение ими согласованных действий. Необходимо назначить руководителя подготовительных и фактических перегрузочных работ, а также оснастить его и крановщиков мобильной связью для оперативного взаимодействия. В ходе тренировочных циклов следует отработать правильность восприятия и выполнения сигналов мобильной связи между руководителем работ и крановщиками [1-3].

Рассмотрим процесс подъема груза подробнее и определим условия, необходимые для выравнивания скоростей подъема обоих кранов.

При подъеме груза скорости точек A и B (рис. 1) равны:

$$V_A = \frac{\omega_{10} r_1}{i_1}, \quad V_B = \frac{\omega_{20} r_2}{i_2}; \quad (1)$$

где i_1, i_2 – передаточные числа редукторов, $\omega_{1\partial}, \omega_{2\partial}$ – угловые скорости вращения роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и № 2.

Моменты на валах электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и № 2 согласно [4] равны:

$$\left. \begin{aligned} M_{1\partial} &= 2M_{м1} \frac{x_{c1} + x_{p1} k_{r1}}{k_{r1}} \frac{s_1}{R_{p1}}; \\ M_{2\partial} &= 2M_{м2} \frac{x_{c2} + x_{p2} k_{r2}}{k_{r2}} \frac{s_2}{R_{p2}}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $M_{м1}, M_{м2}$ – максимальный момент на валу электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно [Нм]; x_{c1}, x_{c2} – внутреннее реактивное сопротивление цепи статора электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно [Ом]; x_{p1}, x_{p2} – внутреннее реактивное сопротивление цепи ротора электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно [Ом]; R_{p1}, R_{p2} – полное активное сопротивление цепи ротора электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно [Ом]; k_{r1}, k_{r2} – коэффициент трансформации сопротивлений кранов № 1 и № 2 соответственно.

Коэффициенты трансформации сопротивлений равны:

$$k_{r1} = \frac{m_{c1}}{m_{p1}} k_{e1}^2, \quad k_{r2} = \frac{m_{c2}}{m_{p2}} k_{e2}^2;$$

где m_{c1}, m_{c2} – число фаз статора и m_{p1}, m_{p2} – число фаз ротора электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно; k_{e1}, k_{e2} – коэффициент трансформации напряжения для электродвигателя механизма подъема кранов № 1 и № 2 соответственно.

Полное активное сопротивление ротора (при полностью выведенных пусковых сопротивлениях) равно:

$$R_{p1} = r_{p1} + r_{\partial нв1}, \quad R_{p2} = r_{p2} + r_{\partial нв2},$$

где r_{p1}, r_{p2} – внутреннее активное сопротивление цепи ротора; $r_{\partial нв1}, r_{\partial нв2}$ – добавочное (не выключаемое) сопротивление цепи ротора кранов № 1 и № 2 соответственно [Ом].

Скольжение s_1 и s_2 представляет собой относительную разность угловых скоростей вращения ротора $\omega_{1\partial}, \omega_{2\partial}$ и магнитного потока, создаваемого обмотками статора электродвигателя ω_{01}, ω_{02} , для кранов № 1 и № 2 соответственно [1/с]. Тогда с учетом (2) выражение (1) преобразуется

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{\omega_{01} r_1}{i_1} - \frac{M_{1\partial} R_{p1} \omega_{01} r_1}{F_1 i_1}; \\ V_B &= \frac{\omega_{02} r_2}{i_2} - \frac{M_{2\partial} R_{p2} \omega_{02} r_2}{F_2 i_2}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Моменты $M_{1\partial}$ и $M_{2\partial}$ согласно рис. 1 равны:

$$M_{1\partial} = Q_1 \frac{r_1}{i_1}, \quad M_{2\partial} = Q_2 \frac{r_2}{i_2}.$$

С учетом этого запишем (3) в виде

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{\omega_{01} r_1}{i_1} - \frac{M_{1\partial} R_{p1} \omega_{01} r_1}{F_1 i_1}; \\ V_B &= \frac{\omega_{02} r_2}{i_2} - \frac{M_{2\partial} R_{p2} \omega_{02} r_2}{F_2 i_2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Поскольку скорости подъема груза обоими кранами должны быть одинаковыми ($V_A = V_B$), имеем:

$$\frac{\omega_{01} r_1}{i_1} - \frac{Q_1 R_{p1} \omega_{01} r_1^2}{F_1 i_1^2} = \frac{\omega_{02} r_2}{i_2} - \frac{Q_2 R_{p2} \omega_{02} r_2^2}{F_2 i_2^2}. \quad (5)$$

Выражая R_{p1} и R_{p2} из (5), получим зависимости для определения требуемого, для совпадения фактических скоростей подъема груза у обоих кранов, полного активного сопротивления роторов кранов №1 и № 2 [Ом]:

$$R_{p1}^{мреб} = \frac{F_1 i_1}{Q_1 r_1} - \frac{\omega_{02} r_2 F_1 i_1^2}{i_2 Q_1 \omega_{01} r_1^2} + \frac{Q_2 R_{p2} \omega_{02} r_2^2 F_1 i_1^2}{F_2 i_2^2 Q_1 \omega_{01} r_1^2}, \quad (6)$$

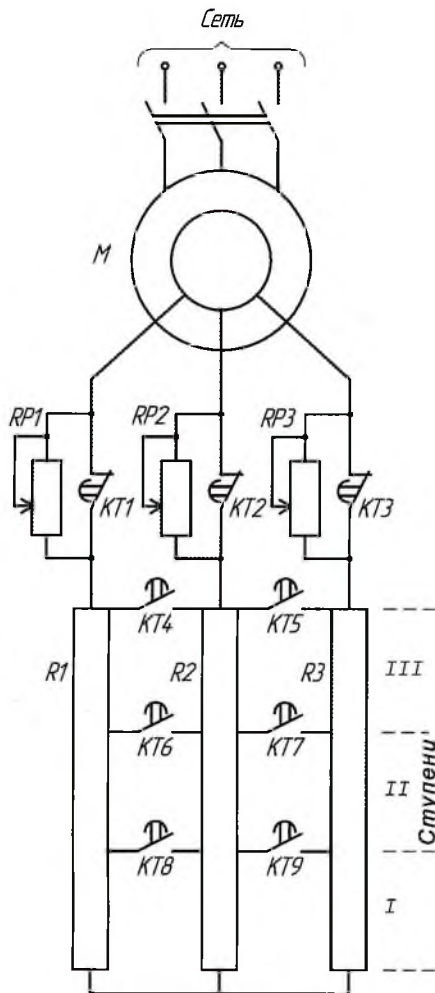
$$R_{p2}^{мреб} = \frac{F_2 i_2}{Q_2 r_2} - \frac{\omega_{01} r_1 F_2 i_2^2}{i_1 Q_2 \omega_{02} r_2^2} + \frac{Q_1 R_{p1} \omega_{01} r_1^2 F_2 i_2^2}{F_1 i_1^2 Q_2 \omega_{02} r_2^2}. \quad (7)$$

На практике для совпадения фактических скоростей подъема груза обоими кранами необходимо в цепь ротора электродвигателя механизма подъема крана с большей скоростью подъема ввести требуемое добавочное сопротивление, которое рассчитывается по (8) или (9) для соответствующего крана.

Схема ввода требуемого добавочного сопротивления в цепь ротора электродвигателя механизма подъема с большей номинальной скоростью подъема показана на рис. 2. Величина добавочного сопротивления устанавливается при помощи регулировочных реостатов $RP1, RP2, RP3$. При подаче крановщиком команды на подъем электродвигатель M начинает разгоняться, при этом контакты $KT1, KT2, KT3$ остаются закрытыми, чтобы не нагружать электродвигатель дополнительным сопротивлением во время разгона. По мере разгона начинают последовательно отключаться ступени резисторов $R1, R2, R3$: сначала ступень I при помощи одновременного замыкания контактов $KT8$ и $KT9$, через некоторое время ступень II , при этом одновременно замыкаются контакты $KT6$ и $KT7$. Последней выключается ступень III одновременным замыканием контактов $KT4$ и $KT5$, тем самым полностью выводя резисторы $R1, R2, R3$ из цепи ротора. В это же время одновременно с замыканием контактов $KT4$ и $KT5$ размыкаются контакты $KT1, KT2, KT3$, включая в цепь ротора реостаты $RP1, RP2, RP3$. В результате в цепь ротора электродвигателя механизма подъема крана с большей паспортной скоростью подъема вводится требуемое рассчитанное добавочное сопротивление.

Применение рассмотренного способа выравнивания ско-





ростей подъема у двух спаренных кранов при подъеме тяжеловесного груза позволяет поднимать его двумя кранами с постоянной скоростью, а следовательно, сохранять вертикальность грузовых канатов и горизонтальное положение груза на протяжении всего подъема. Соблюдение данных условий гарантирует правильное распределения нагрузок на краны, обеспечит отсутствие аварийных ситуаций, безопасность людей и сохранность груза.

Литература

1. Гаранин Н.П. Плавающие грузоподъемные краны на транспорте.

Монография. М.: Альтаир-МГАВТ, 2008. – 256 с.

2. Кичихин Н.Н. Такелажные и стропальные работы в строительстве. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991.

3. Shapiro Lawrence K, Shapiro Jay P. Cranes and Derricks. Fourth Edition. Lynbook, New York, 2011. – 654 с.

4. Вешневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 431 с.

Н.П. Гаранин. <http://www.msawt.ru>.

А.М. Терехов. <http://www.urport.ru>.

А.В. Раскатов. Тел. (phone): 8-926-585-83-76, e-mail: dcl1704@yandex

Рис. 2. Схема ввода требуемого добавочного сопротивления в цепь ротора электродвигателя механизма подъема: М – электродвигатель механизма подъема; RP1, RP2, RP3 – регулировочные реостаты; КТ1, КТ2, КТ3 – контакты размыкающие с замедлением, действующим при срабатывании; R1, R2, R3 – пусковые резисторы цепи ротора электродвигателя М; КТ4, КТ5 – контакты замыкающие с замедлением, действующим при срабатывании, замыкают III ступень резисторов R1, R2, R3; КТ6, КТ7 – контакты замыкающие с замедлением, действующим при срабатывании, замыкают II ступень резисторов R1, R2, R3; КТ8, КТ9 – контакты замыкающие с замедлением, действующим при срабатывании, замыкают I ступень резисторов R1, R2, R3

АЛГОРИТМЫ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТАЦИОНАРНОГО БАШЕННОГО КРАНА

Алексей Владимирович РЕДЬКИН, канд. техн. наук, доцент

Тулский государственный университет

Павел Алексеевич СОРОКИН, д-р техн. наук, профессор

Московский государственный университет путей сообщения

Рассмотрено использование в системе управления устойчивостью стационарного башенного крана алгоритмов нечёткой логики с целью учёта и компенсации высоких ветровых нагрузок для предотвращения опрокидывания.

Ключевые слова: башенный кран, устойчивость, управление, ветровые нагрузки, нечёткая логика.

Предотвращение опрокидывания зоподъемных машин. Сохранение является одной из основных целей устойчивости в условиях высоких обеспечения безопасности работы гру- ветровых нагрузок в рабочем и нерабо-

чем состояниях крана обуславливается целым рядом параметров [1]. Все системы защиты построены на принципе определения степени приближения значения текущего параметра нагружения к некоторому предельному значению, приводящему к опрокидыванию. Методы определения этого значения в большинстве систем безопасности базируются на классических логических принципах сравнения эталонной математической модели с моделью, полученной в результате вычисления функций с входными переменными, выражающими параметры грузоподъ-