

**Н. П. Гаранин, д-р техн. наук, проф.; А. М. Терехов, канд. техн. наук;  
А. В. Раскатов**

ГОУ ВПО «МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»

Москва, Россия

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПАРЕННОЙ РАБОТЫ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИТЕРИЯ БЫСТРОТЫ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК**

Во время перемещения одного груза двумя спаренными кранами (при условии, что масса этого груза превышает грузоподъемность каждого из кранов, но меньше их суммарной грузоподъемности), при запаздывании включения двигателей одного крана, может образоваться неравномерность распределения нагрузок между грузовыми канатами обоих кранов. В данной статье разработана математическая модель выравнивания нагрузок в грузовых канатах при подъеме одного груза двумя спаренными кранами, определен критерий быстроты выравнивания и его допустимое значение.

Потребность использовать одновременно два крана возникает в ряде случаев: на причале, цехе, открытой местности, строительной площадке, слипе, при недостаточной грузоподъемности одного крана для перегрузки штучного груза завышенной массы (по отношению к грузоподъемности). Это могут быть единицы военной техники, крупнотоннажные контейнеры, строительные блоки и конструкции, плавсредства (понтон, мелкие суда, плавающие платформы), тяжеловесное оборудование (станки, специальные машины), монтажные элементы, слябы (металлургические) и другое.

Перегрузка тяжеловеса представляет собой редкое явление. В противном случае вопрос решается за счет создания единичного специального подъемного устройства повышенной грузоподъемности. Но именно из-за редкости перегрузки тяжеловеса и отсутствия возможности по времени привлечь «со стороны» грузоподъемную машину повышенной грузоподъемности, рассматривается вариант применения двух кранов для спаренной работы.

При реализации спаренной работы кранов, выдвигается на первое место не их производительность, а безопасность людей и работ, а также сохранность груза. Поэтому необходимо заранее до выполнения работ уточнить базовые факторы безопасной работы и сохранности груза:

– краны для спаренной работы должны иметь суммарную грузоподъемность, превышающую массу поднимаемого груза вместе с траверсой для его удержания;

– грузоподъемность каждого из двух кранов  $Q_1, Q_2$  на соответствующих вылетах  $R_1, R_2$ , должна быть больше усилия  $S_1$  и  $S_2$  на них от груза  $Q_1 + Q_2 > Q_{\text{груза}}$ ;  $Q_1(R_1) > S_1(R_1)$ ;  $Q_2(R_2) > S_2(R_2)$ ;

– опорные нагрузки от каждого крана и груза должны обеспечивать допускаемые значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости, а также давлений на фундаменты для береговых кранов, особенно на свайные основания.

Также необходимо:

– определить место установки каждого крана, относительно мест захвата и укладки груза, а также безопасных мест установки кранов между собой;

– наметить геометрические размеры грузовой траверсы для отстроповывания груза и выбора мест крепления грузозахватного устройства (крюка, петли и др.) из условия обеспечения прочности, надежности захвата и постоянного обеспечения вертикального положения грузовых канатов при перекосе грузов;

– уточнить примерную высоту подъема и спуска, а также размеры горизонтального (поворот и длина перемещения вдоль причала) передвижения вдоль грузового фронта для кранов;

– установить условия и обеспечить совпадения фактических скоростей обоих кранов для вертикального положения грузовых канатов этих кранов при перемещении груза.

На основе паспортных и расчетных данных кранов № 1 и № 2 целесообразно до начала работ построить график цикла переноса груза, провести тренировочные циклы с холостой траверсой и отработать с крановщиками выполнение согласованных действий. Оснастить крановщиков мобильной связью для оперативного руководства перегрузочным процессом. Должен быть назначен руководитель подготовительных и фактических перегрузочных работ. По результатам тренировочных циклов отработать правильность восприятия и выполнения сигналов мобильной связи между руководителем работ и крановщиками.

Во время перемещения одного груза двумя спаренными кранами (рис. 1) (при условии, что масса этого груза превышает грузоподъемность каждого из кранов, но меньше их суммарной грузоподъемности), при запаздывании включения двигателей одного крана, может образоваться неравномерность распределения нагрузок между грузовыми канатами. До момента выравнивания натяжений в канатах, двигатели механизма подъема крана № 1, которые были включены с запазданием, продолжают работать с более высокой скоростью, чем двигатели механизма подъема крана № 2. Данное запаздывание вызывает наклон траверсы на угол  $\alpha$  (рис. 2), поэтому при разработке математической модели выравнивания нагрузок необходимо учесть это отклонение и определить критерий быстроты выравнивания и его допустимое значение. Также необходимо учесть производственное требование – при подъеме траверсы с грузом общая затрачиваемая сила на подъем должна распределяться равномерно между кранами № 1 и № 2.

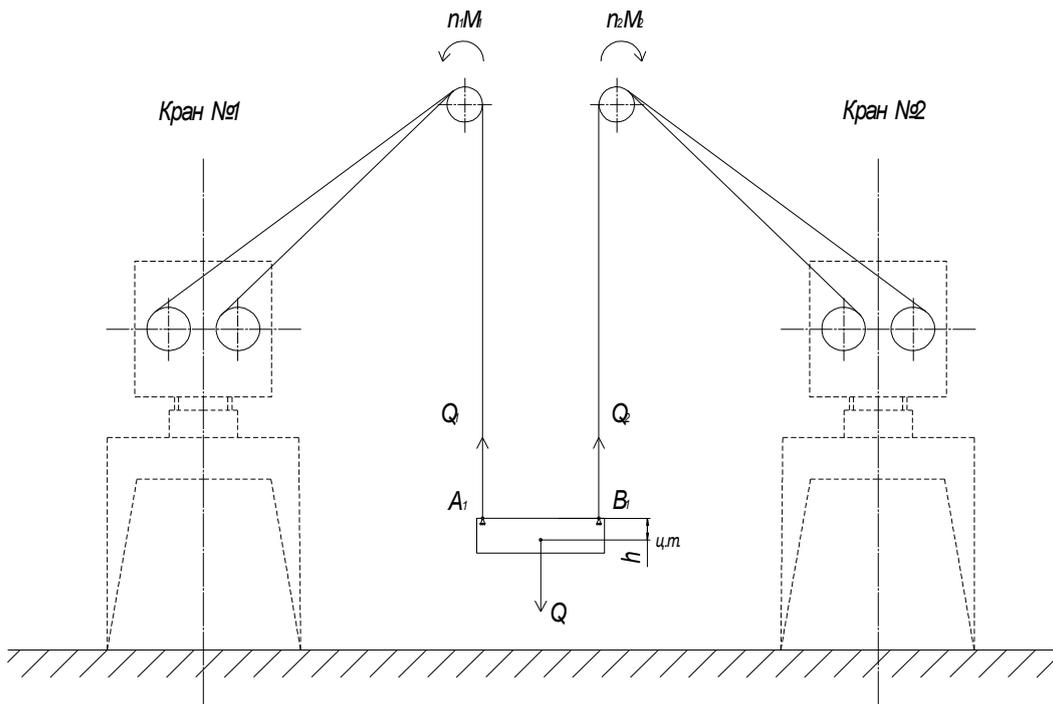


Рис. 1. Схема спаренной работы кранов по перегрузке одного тяжеловесного груза

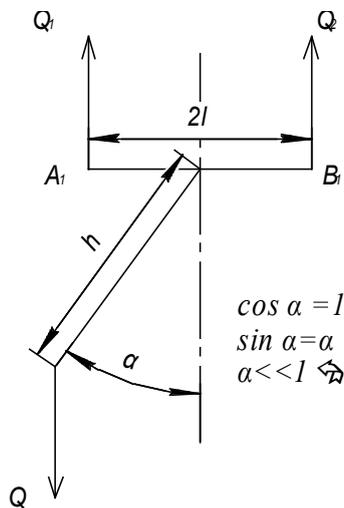


Рис. 2. Схема действия сил на траверсу с грузом

Неравномерное распределение нагрузки между кранами № 1 и № 2 связано с изменением положения траверсы с грузом и наличием угла  $\alpha$ , это происходит из-за того, что характеристики механизмов подъема обоих кранов являются неодинаковыми, характеристики упругих систем (канатов, полиспаатов, механических приводов) неравноценными и, наконец, неодинаковы реакции обоих крановщиков по включению и разгону механизмов подъема.

В результате составления математической модели выравнивания нагрузок получаем зависимость (1):

$$\Phi = \frac{2(n_0 - n_H)}{k} \cdot \frac{Hhi}{(2l^2 + \frac{Qh}{c}) n_H} ; \quad (1)$$

где  $H$  – высота подъема груза;  $i$  – кратность полиспаста;  $n_0$  – частота вращения холостого хода электродвигателя;  $n_n$  – номинальная частота вращения электродвигателя;  $c$  – коэффициент жесткости каната;  $k = \frac{4i\eta M}{D_6 Q}$ ;  $\eta$  –

КПД подъемного устройства;  $M$  – момент электродвигателя;  $D_6$  – диаметр барабана.

Величина  $\Phi$  является критерием быстроты выравнивания нагрузок в грузоподъемных канатах крана № 1 и крана № 2 при подъеме тяжеловесного груза спаренными кранами.

Определим величину  $\Phi$ , считая, что:

– усилия в канатах крана № 1 и крана № 2 выровнялись тогда, когда начальная неравномерность к концу процесса уменьшилась в 10 раз или

$e^{-\Phi\tau} = 0,1$ , следовательно  $\tau = -\frac{\ln 0,1}{\Phi}$ ; где  $\tau = \frac{t}{t_{nod}}$  – время, выраженное в

безразмерном виде;  $t_{nod} = \frac{60Hi}{\pi D_6 n_{cm}}$  общее время подъема груза;

$n_{cm}$  – скорость вращения двигателя, обеспечивающая заданную скорость груза;

– выравнивание нагрузок в канатах происходит за время не более 0,2 времени подъема,  $\tau \leq 0,2$ .

В этом случае имеем:

$$[\Phi] \geq 11,5.$$

Численные расчеты полученного критерия быстроты выравнивания нагрузок в грузоподъемных канатах крана № 1 и крана № 2, при подъеме тяжеловесного груза этими кранами, по формуле (1) показывают, что наибольшее влияние на этот критерий оказывает величина  $n_n$ . При уменьшении  $n_n$  на 1–2 %, величина  $\Phi$  повышается в 1,5–2 раза. Для обеспечения безопасности работ, при спаренной работе кранов, меньше 11,5 допускать  $\Phi$  не следует.

На основе разработанной в данной статье математической модели выравнивания нагрузок в грузоподъемных канатах, при спаренной работе кранов, может быть создано устройство, синхронизирующее обороты двигателей механизмов подъема обоих кранов таким образом, что отклонение траверсы с грузом от горизонта будет минимальным, что в свою очередь позволит избежать аварийных ситуаций и существенно упростить процесс перегрузки тяжеловесных грузов спаренными кранами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гаранин, Н. П.** Плавающие грузоподъемные краны на транспорте. монография / Н. П. Гаранин. – М. : Альтаир-МГАВТ, 2008. – 256 с.
2. **Гаранин, Н. П.** Грузоподъемные машины на речном транспорте : учеб. для вузов / Н. П. Гаранин, В. И. Брауде, П. П. Артемьев / под ред. Н. П. Гаранина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1991. – 319 с.
3. **Пискунов, Н. С.** Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов: учеб. пособие для вузов в 2 т. / Н. С. Пискунов. – 13-е изд. – М. : Наука, 1985. – Т. 2. – 560 с.