

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗОВ МОСТОВЫМИ КРАНАМИ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Юрий Борисович ТИХОНОВ, канд. техн. наук, доцент  
Омский государственный университет путей сообщения

**В статье рассмотрена возможность применения мостовых кранов для перемещения груза в стесненных условиях. Проведен анализ некоторых известных способов гашения колебаний груза. Рассмотрена схема управления мостовым краном, построенная на базе современных модулей управления.**

**Ключевые слова:** мостовой кран, поворотная тележка, полиспасть, стесненные условия, гашение колебаний.

При перемещении грузоподъемными кранами крупногабаритных и длинномерных грузов в пространстве часто приходится обходить всевозможные препятствия на этом пути. Поэтому траектория груза заметно отличается от прямолинейной. Во многих случаях, чтобы обойти препятствия, необходимо дополнительно изменять угловое положение груза в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Чтобы осуществить такие маневры груз должен иметь две точки подвеса, а для его правильного движения нужно использовать два грузоподъемных механизма.

Пространственное перемещение габаритных и длинномерных грузов в стесненных условиях чаще всего необходимо и выполняется в производственных корпусах, оснащенных мостовыми кранами (рис. 1), рабочая зона которых покрывает практически все пространство производственного корпуса. При этом изменять угловое положение перемещаемого груза в двух плоскостях возможно несколькими способами.

Во-первых, использовать два мостовых крана, расположенных на одном

пути. Недостатками данного способа являются ограниченный диапазон угловых маневров перемещаемого объекта и сложность взаимодействия крановщиков, управляющих работой кранов, а также наличие на одном участке двух единиц потенциально опасной техники, что повышает вероятность аварийной ситуации. Для квалифицированной организации работы необходимо строго соблюдать все правила техники безопасности, действовать в соответствии с проектом производства работ или технологической картой, разработанными специализированной организацией. Нагрузка, приходящаяся на каждый кран, не должна превышать установленную грузоподъемность [1]. Задачу правильного расположения двух мостовых кранов на одном пути решают еще на этапе его проектирования и расчета параметров самих кранов.

Вторым способом является использование одного крана с двумя грузовыми тележками. Краны мостовые двухтележные грузоподъемностью от 10 т

(5+5) до 40 т (20+20), управляемые с пола (с подвешенного пульта, по радиоканалу) или из кабины, способны выполнять работы с длинномерными грузами, расположенными перпендикулярно подкрановым путям, в цехах, промышленных зданиях и на открытых площадках [2]. Это безопаснее, кран управляется одним крановщиком. Но диапазон угловых маневров перемещаемого объекта будет еще более ограниченным, чем при первом способе.

Третий вариант – применение двух мостовых кранов, расположенных на разных путях и на разных уровнях (рис. 2). Он обеспечивает больший диапазон изменения углового положения, однако требует сложного взаимодействия крановщиков и наличия двух крановых путей на разных уровнях, что связано с дополнительными затратами и усложняет задачу модернизации производственного комплекса.

Четвертый вариант – применение мостового крана с поворотной тележкой и двумя независимыми грузоподъемными механизмами (лебедками, рис. 3), аналогичного по грузоподъемности и способу управления уже рассмотренному двухтележному крану.

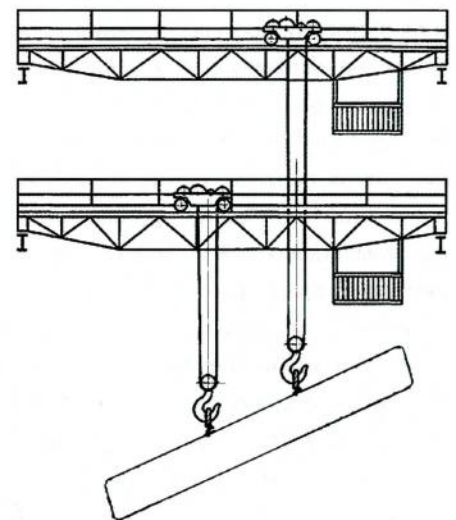


Рис. 2. Два мостовых крана на разных путях на разных уровнях, перемещающие один груз



Рис. 1. Производственные корпуса, оснащенные мостовыми кранами



*Рис. 3.  
Мостовой кран  
с поворотной  
тележкой и  
двумя  
независимыми  
грузовыми  
лебедками*

ну. Кран с поворотной тележкой также может выполнять в цехах перегрузочные и транспортные работы с длинномерными грузами [2].

Сохраняя преимущество использования одного мостового крана вместо двух, данный предпочтительный способ предполагает выполнение большого числа крановых операций, которыми управляет один человек. При перемещении точек подвеса грузовых полиспастов, расположенных на поворотной тележке крана, будут возникать колебания груза, амплитуда которых зависит от ускорения перемещения точки подвеса, длины свисающей части грузового полиспаста, начальной фазы вынужденных колебаний. Так в момент начала равноускоренного перемещения точки подвеса центр колебаний смещается в сторону, противоположную ускорению, на величину, равную амплитуде вынужденных колебаний. В момент начала равнозамедленного перемещения точки подвеса центр колебаний смещается в сторону, противоположную замедлению, на величину, равную амплитуде вынужденных колебаний [3].

Колебания груза существенно влияют на энергетические показатели работы электроприводов, увеличивают нагрузки в передаточных механизмах, продолжительность производственного цикла и создают угрозу возникновения аварийных ситуаций особенно при перемещении груза в стесненных условиях. Сильное раскачивание груза,

находящегося в наклонном положении, вблизи различных препятствий, которые он должен огибать при своем движении, недопустимо. Это обуславливает необходимость гашения колебаний груза, что может быть сделано различными способами.

Одним из них является применение системы модального регулирования с обратной связью по полному вектору состояния системы [4], которая позволяет эффективно гасить колебания груза при любой длине каната. Суть модального регулятора заключается в расчете коэффициентов обратной связи, обеспечивающих заданные показатели качества. Полученные научные и прикладные результаты, выводы и рекомендации состоят в том, что применение трехэтапных диаграмм разгона позволяет эффективно гасить колебания груза при условии точного определения длины каната и нулевом начальном значении угла отклонения груза от вертикали; система модального управления обеспечивает желаемое качество переходных процессов при изменении длины каната в процессе перемещения.

Ограничить колебания можно также введением в систему управления корректирующего сигнала, рассчитанного по математической модели «точка подвеса – груз», с учетом веса поднимаемого груза и длины подвеса [5]. Расчет веса груза и длины подвеса осуществляется косвенными методами на основании характеристик электропривода

механизма подъема. Разработан способ расчета коэффициента коррекции, вводимого в систему управления приводами. На основе цифрового моделирования в приложении Simulink пакета программ Matlab, вычисленных величин ускорения моста и тележки (сигнал с задатчика интенсивности), а также измеренных с помощью датчиков длины подвеса и массы груза строится математическая модель системы «точка подвеса – груз», по которой вырабатываются корректирующие сигналы для приводов передвижения моста  $U_{кор-м}$  и тележки  $U_{кор-т}$ . Введение корректирующего сигнала позволяет уменьшить амплитуду колебаний и обеспечивает быстрое их гашение после достижения приводом заданной скорости.

Реализация рассмотренных способов гашения колебаний на базе микропроцессорной системы имеет конструкцию, предназначенную для мостового крана с неповоротной тележкой с одной грузовой лебедкой. Алгоритм функционирования системы предусматривает корректирующие воздействия на электроприводы тележки и моста крана или на грузовой полиспаст в двух взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости.

Мы рассматриваем поворотную тележку мостового крана, на которой имеются две независимые друг от друга грузовые лебедки и соответственно две крюковые подвески, которые удерживают груз в двух точках и у которых разная длина свисающей части грузового полиспаста (рис. 4). С целью применения рассмотренных алгоритмов гашения колебаний груза логично в виде допущений считать полиспасты с крюковыми подвесками, удерживающими один груз, одним эквивалентным полиспастом, а длину эквивалентного полиспаста в первом приближении равной среднему арифметическому длин полиспастов двух крюковых подвесок.

В результате ускорений и замедлений при вращении поворотной тележки

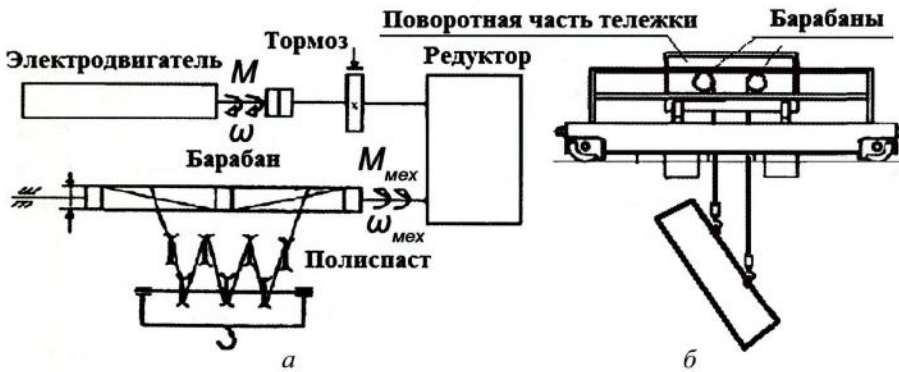


Рис. 4. Грузовая лебедка (а) и размещение двух барабанов грузовых лебедок на поворотной тележке мостового крана (б)

мостового крана могут возникать дополнительные колебания груза по эллиптической траектории. Такие колебания можно представить в виде векторной суммы колебаний в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Корректирующие воздействия на электроприводы тележки  $F_{ТК}$  и моста  $F_{МК}$  с целью гашения колебаний груза будут зависеть от угла  $\alpha$  поворота грузовой тележки (рис. 5), при этом результирующее воздействие на кран  $F_{р}$  привязано к положению тележки:

$$F_{МК} = F_M \cdot \cos\alpha - F_T \cdot \sin\alpha;$$

$$F_{ТК} = F_T \cdot \cos\alpha + F_M \cdot \sin\alpha,$$

где  $F_M$  и  $F_T$  – корректирующие воздействия на электроприводы тележки и моста соответственно при угле поворота тележки  $\alpha = 0$ .

К настоящему времени для мостовых кранов наработан определенный опыт использования системы приводов Sinamics S120 [6]. Особенностью

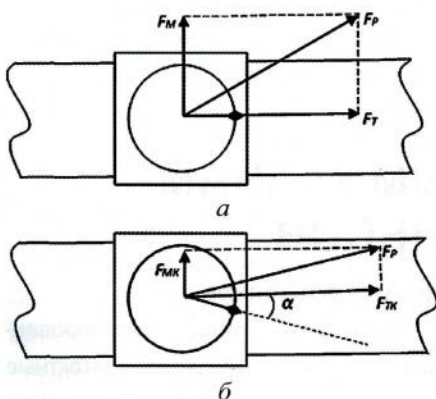


Рис. 5. Изменение корректирующих воздействий от значений  $F_M$  и  $F_T$  при нулевом угле поворота грузовой тележки (а) до значений  $F_{МК}$  и  $F_{ТК}$  при ее повороте на угол  $\alpha$  (б)

ее является централизованное управление. Возможности модулей управления Sinamics CU320 или Simotion D425 позволяют исключить из системы программируемый логический контроллер (ПЛК) и взять на себя его функции (логическое управление, сбор сигналов с удаленной периферии из кабины, обмен информации с панелью оператора). Система управления приводами на базе Simotion/Sinamics S120 обеспечивает энергоэффективность (рекуперация, общая шина постоянного тока); простоту и удобство диагностики; гибкость структуры управления и развитые

функциональные возможности; компактность. Структурная схема реализации системы управления мостовым краном с поворотной тележкой и двумя независимыми грузоподъемными механизмами приведена на рис. 6.

Электропривод состоит из модуля питания, нескольких модулей двигателей и управляющего модуля. Первый модуль преобразует напряжение сети в постоянное напряжение и подает его в модули двигателей через промежуточный контур постоянного напряжения, где это постоянное напряжение с помощью инвертора преобразуется в переменное напряжение для питания двигателя. В общем управляющем модуле рассчитываются как питание/рекуперация, так и регулирование двигателей. Цифровой системный интерфейс DRIVE CLiQ служит для соединения управляющего модуля с силовыми компонентами, датчиками и дополнительными системными компонентами, например, терминальными модулями. Через него передаются заданные и истинные значения параметров, коман-

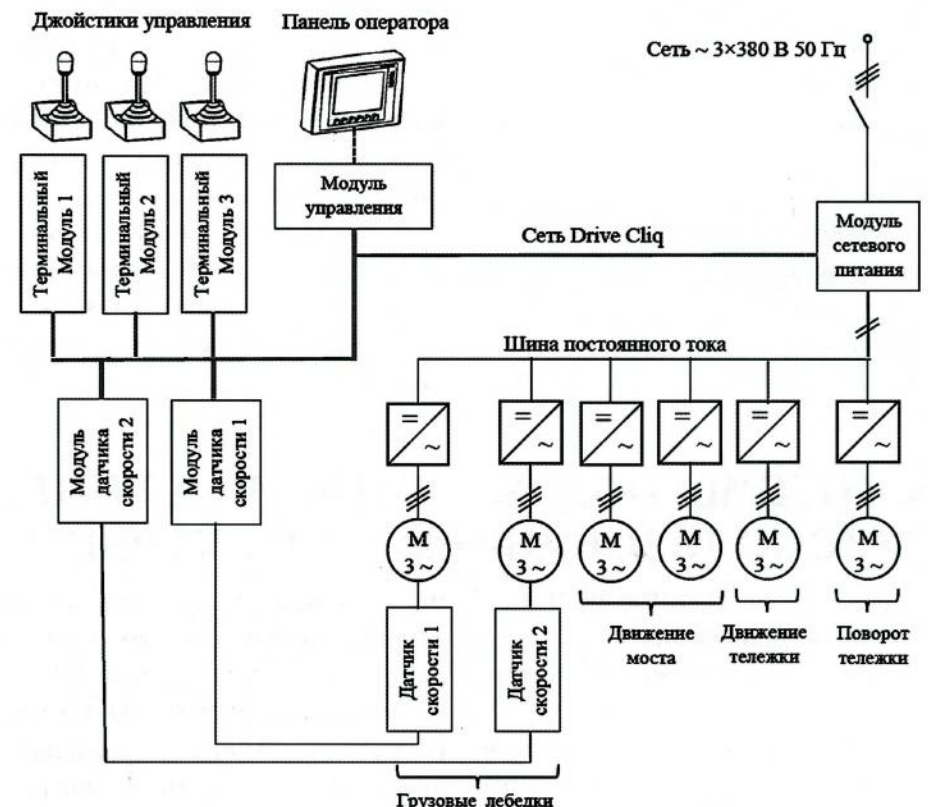


Рис. 6. Структурная схема реализации системы управления мостовым краном с поворотной тележкой и двумя независимыми грузоподъемными механизмами

ды управления, сообщения состояния и номинальные данные компонентов (данные с электронных шильдиков). Интерфейс DRIVE CLiQ значительно упрощает ввод в эксплуатацию и диагностирование, так как все подключенные компоненты автоматически идентифицируются с помощью электронных шильдиков. Унифицированное исполнение кабельной техники и техники подключения снижает количество различных компонентов и расходы на их хранение.

Реализация приводов крана на основе Sinamics S120 позволяет вводить в структуру управления алгоритм демпфирования колебаний груза, возникающих при пуске и торможении механизмов. Возможность реализации этой задачи в приводе позволяет обойтись без затрат на дополнительное оборудование.

Значительно повысить безопасность и эффективность операций по перемещению грузов можно при автоматизации работы грузоподъемной техники [7]. Возможны два ее варианта. Кран, оснащенный полуавтоматическими функциями, значительно упрощает работу крановщика, но предполагает в большем объеме управление в ручном режиме. Полностью автоматический кран с применением новейшего программного обеспечения выполняет повторяющиеся или сложные операции самостоятельно, в частности операции по перемещению длинномерного груза

в стесненных условиях. Такой вариант удобен, когда груз всегда перемещается по одной и той же траектории. Применение автоматических кранов особо целесообразно, если грузовые операции выполняются в тяжелых условиях или опасной среде. Оно дает возможность снизить затраты на оплату труда, повысить производительность, исключить риск повреждения промышленного оборудования в результате человеческих ошибок.

Таким образом можно заключить, что комплексное использование рационального способа перемещения груза, эффективной системы гашения его колебаний, возможно большей степени автоматизации работы грузоподъемного крана позволяет сделать операции подъемно-транспортных и перегрузочных работ с длинномерными грузами в стесненных условиях производственных помещений производительными и безопасными.

## Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», 2016. – 88 с.

2. Краны мостовые общепромышленного исполнения и специальные. Каталог подъемно-транспортного оборудования / Федеральный информаци-

онный фонд отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию. – СПб, 2004. – 36 с.

3. Тихонов Ю.Б. Колебания груза, вызванные перемещением точки подвеса грузового каната // Подъемно-транспортное дело. – 2010. – № 5-6. – С. 20-24.

4. Абакумов И.В. Разработка и исследование методов гашения колебаний груза в мостовых кранах : сб. рефератов работ всеукраинской конференции 2014. – Днепропетровск: ДДТУ, 2014. – С. 156-158.

5. Мещеряков В.Н. Ограничение колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами / Мещеряков В.Н., Колмыков В.В., Мигунов Д.В. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6. – С. 268-272.

6. Опыт использования приводов Sinamics S120 для приводов мостовых кранов: [Электронный ресурс] // Предприятие ООО «Электропромналадка – плюс», Екатеринбург, 1997-2018. URL: <http://www.epn-plus.ru/>. (Дата обращения 28.06.2018).

7. Автоматические краны: [Электронный ресурс] // АО «Конекрейнс демагрус», СПб, URL: <https://www.konecranes.ru/oborudovanie/mostovye-kran/avtomaticheskie-kran/>. (Дата обращения 04. 07.2018).

Ю.Б. Тихонов.  
Тел. (phone) 8-913-638-00-07.  
E-mail: [tichonov\\_ub@mail.ru](mailto:tichonov_ub@mail.ru)



## СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПИТАНИЯ К ТЯЖЁЛЫМ КРАНАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТАКТНЫХ РЕЛЬСОВ

Борис Георгиевич МОСКОВСКИЙ,  
генеральный директор  
ООО «Кондактикс-Вампфлер», г. Москва

Рассмотрены устройство и особенности применения контактных рельсов в качестве неизолированных систем токопод-

вода к грузоподъемным кранам с напряженными режимами работы в особых условиях эксплуатации – при высоких температурах, в агрессивных средах, при большой величине потребляемого тока, – когда они являются безальтернативным техни-

ческим решением.

Ключевые слова: неизолированные системы токоподвода, контактные рельсы, высокие температуры, агрессивная среда, большой ток, элементы шинопровода.

Исторически для подачи питания к

