

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Дончик Д. Д., Наливайко А. М.

Предотвращение критического раскачивания груза тележки мостового крана при перемещении во время производственного процесса. Приведён анализ способов диагностирования критического раскачивания груза тележки мостового крана, произведена их классификация на основные и вспомогательные, их описание. Также выполнен анализ методов ликвидации колебаний груза тележки мостового крана в целом, их разделение на различные группы, выводы относительно более подходящих для разных уровней платежеспособности предприятий, а именно – более затратные и менее затратные. Также определены более технологически продвинутые из них и более упрощённые. Сделаны выводы относительно проделанного анализа и предоставленной информации относительно вопросов, рассмотренных в данной работе.

Запобігання критичного розгойдування вантажу візка мостового крана при переміщенні під час виробничого процесу. Наведено аналіз способів діагностування критичного розгойдування вантажу візка мостового крана, проведена їх класифікація на основні та допоміжні, і їх опис. Також виконано аналіз методів ліквідації коливань вантажу візка мостового крана в цілому, їх поділ на різні групи, висновки щодо найбільш сприятливих для різних рівнів платоспроможності підприємств, а саме – найбільш витратні та найменш витратні. Також визначені більш технологічно просунуті з них і більш спрощені. Зроблено висновки щодо зробленого аналізу і наданої інформації щодо питань, розглянутих в даній роботі.

Prevention of critical swing of the load of a bridge crane trolley when moving during the production process is considered. The analysis of the ways of diagnosing the critical swing of the load of a bridge crane trolley is given. The classification into main and auxiliary cranes and their description are made. The analysis of methods of elimination of load swing of a bridge crane trolley as a whole, their division into different groups, conclusions concerning more suitable enterprises for different levels of solvency, namely - more expensive and less expensive, is also carried out. Also, more technologically advanced ones and more simplified ones were identified. The conclusions regarding the analysis done and the information provided on the issues discussed in this paper are made.

Дончик Д. Д.

магистр каф. ЭСА ДГМА  
[nice.dezmond@mail.ru](mailto:nice.dezmond@mail.ru)

Наливайко А. М.

канд. техн. наук, доц. каф. ЭСА ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.874

Дончик Д. Д., Наливайко А. М.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА**

В современной промышленности большой пласт работ по перемещению различных крупнотоннажных грузов и грузов в целом приходится на подъёмные краны, в частности, мостовые, которые являются одними из самых востребованных на производстве [1]. По конструкции моста краны разделяются на: однобалочные: мост состоит из одной балки двутаврового сечения, на концах которой установлены концевые балки с ходовыми колесами. В дополнение к основной грузовой тележке может устанавливаться дополнительная, консольного типа. Краны этого типа отличаются небольшим весом, но и грузоподъемность у них, как правило, не превышает 10 т. Двухбалочные: конструктивно мост составлен из двух жестких балок с концевыми балками, снабженными ходовыми колесами. Грузовая тележка помимо основного может оснащаться и вспомогательными грузоподъемными механизмами. Этот тип кранов имеет большую грузоподъемность, управление осуществляется из кабины или дистанционно [2].

Однако при перемещении груза при помощи мостовых кранов возникает раскачивание этого груза, вследствие чего происходит увеличение времени производственного процесса, повышение опасности возникновения аварийных ситуаций, травмирование персонала и финансовые потери. Раскачивание груза характерно для процессов подъема, перемещения и опускания. Однако из-за того что крупногабаритный либо тяжёлый груз будет находиться в состоянии качения на подвесе тележки длительный промежуток времени, до того, как колебания сами затухнут, а производственный процесс далеко не всегда может позволить ждать окончания колебаний, необходимо принимать специальные меры, по ликвидации критического раскачивания груза.

Целью данного исследования является анализ имеющихся методов диагностики и ликвидации критического раскачивания груза.

Задачами исследования является анализ особенностей электромеханических процессов электропривода перемещения при движении тележки, анализ методов диагностики признаков критического раскачивания груза и существующих методов их устранения.

Электромеханические процессы, которые происходят во время перемещения тележки мостового крана, являются постоянно-повторяющимися с переменной нагрузкой [2]. При этом частота включения является довольно большой, кроме того, диапазон регулирования скорости – довольно велик. Однако возникают значительные перегрузки при преодолении сухого трения и разгоне в целом, а также при торможении.

Что называется повторно-кратковременным режимом работы электродвигателя? Это последовательное протекание рабочих циклов, которые являются собой, по большому счёту, идентичными и включают в себя довольно длительно протекающий пусковой процесс, рабочий процесс при постоянной нагрузке и быстрое электрическое торможение, а также время стоянки. При чём, во время работы машина не успевает нагреться до установившейся температуры, а при останове – остыть.

Для большей иллюстрации процесса, можно привести циклограмму движения приводов мостового крана и тележки включительно, что приведено на рис. 1.

График на первой оси характеризует механизм подъёма, на второй механизм передвижения тележки, на третьей механизм передвижения моста.

Как видно из этих графиков, привод перемещения тележки активен не всегда. Он включается в работу лишь при необходимости позиционирования её на мосту крана

непосредственно над объектом подъёма. При захвате груза и подъёма его к тележке и при дальнейшем её перемещении по мосту привод вначале преодолевает сухое трение, что характеризуется скачком момента, а, как следствие, и тока в приводе перемещения тележки, при чём он будет довольно сильно отличаться от момента сухого трения при начале движения пустой тележки, также привод перемещения тележки должен будет своевременно остановиться при получении соответствующей команды от оператора или АСУ. Для этого требуется скомпенсировать скорость движения тележки, что делается при помощи тормозов различного типа. При уменьшении скорости и дальнейшем отключении привода перемещения тележки изменяются и электрические характеристики.

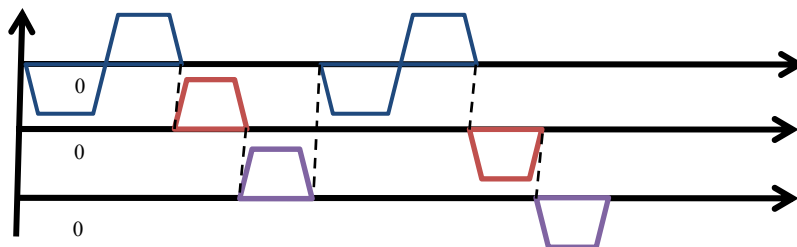


Рис. 1. Циклограмма движения приводов мостового крана

Как правило, признаки критического раскачивания груза диагностируются несколькими методами:

- первый метод (он же самый очевидный) – это визуальное наблюдение, когда рабочие или сам оператор видит, как груз начинает раскачиваться вследствие каких-либо факторов;
- второй метод – показатели на диагностирующем оборудовании будут явно отличаться от нормальных для данного механизма.

– третий метод актуален в случае, если механизм работает в полностью автономном режиме и наблюдение производится исключительно в режиме диагностики оборудования при помощи датчиков и выведения сигнала на монитор оператора в отдельном помещении. В данном случае, если диагностирующее оборудование даёт сбой и оператор не может вовремя диагностировать поломку, то алгоритмом защиты от аварийных ситуаций может быть предусмотрена полностью автоматическая система, установленная на самой тележке крана, которая при возникновении критического раскачивания груза на протяжении длительного промежутка времени в аварийном режиме погасит колебания либо же подаст оператору сигнал (чаще звуковой).

Преимущество первого метода – оператор может быть в короткие сроки обучен для работы с несколькими системами механизмов (т. е. с несколькими видами кранов), что, как правило, не особо затратное мероприятие. Недостаток первого метода заключается в том, что присутствует человеческий фактор, и реакция даже самого опытного крановщика не сравнима с реакцией АСУ.

Преимущества второго метода: высокое быстродействие, по сравнению с первым; возможность работы в местах, недоступных оператору, а также работа на расстоянии, освобождающая оператора от визуальной проверки. Недостатком второго метода является то, что не каждую АСУ можно интегрировать в условия производственного процесса, и, как правило, оптимальная система требует настройки на определённый механизм и работает только для него. Есть и самонастраивающиеся системы, но они достаточно дорогие, поэтому многие промышленники отдают предпочтение первому и третьему методу диагностики.

Преимущество третьего метода заключается в его автономности от оператора и АСУ, следовательно, поломки АСУ и человеческих фактор оператора минимально влияют на аварийную систему. Недостаток – работа лишь в аварийном режиме и зависимость от времени, которое протекает от момента начала критического раскачивания груза, что делает этот метод лишь вспомогательным, относительно двух предыдущих.

Анализируя существующие методы устранения раскачивания и колебаний груза в целом, можно сказать, что их огромное множество. В том числе можно привести систему Siemens CeSar [3, 4], которая представляет также ряд преимуществ. Для примера рассмотрим наиболее простые из них.

Первый метод возможен при наличии квалифицированного оператора и системы плавного регулирования момента в диапазоне не менее 2:1. Преимущества – не снижается производительность. Недостаток – постоянное отклонение груза от оптимального положения при пуске.

Второй метод заключается в ограничении среднего ускорения привода. Преимущества – исключительно операторная работа, не требующая вливания средств. Недостаток – снижение производительности механизма.

Третий метод реализуется при ограничении темпа нарастания динамического момента. Недостаток – идентичен недостатку второго метода.

Если же говорить о более эффективных методах с хорошими результатами работы, можно перечислить такие [5]: использование интеллектуальных модулей, вроде Fuzzy-управление или нейронные сети. Методы, реализация которых возможна при определении периода колебаний, а именно оптимальное по быстрдействию управление или разгон до половинной скорости; модальное управление [6].

Преимущество первой группы методов перед второй очевидное – наибольшая простота и минимальные затраты, однако меньшая эффективность и качество результата. А преимущества второй группы над первой обратное – большая эффективность и качество результатов, но при большей сложности и затратах финансовых средств, из-за чего далеко не все предприятия в состоянии применять вторую группу и используют именно первую [7].

## ВЫВОДЫ

В ходе анализа методов диагностики раскачивания груза можно выделить два основных и один вспомогательный метод, которые могут быть задействованы в различных комбинациях, определяемых целесообразностью для каждого случая в отдельности. Касательно методов ликвидации раскачивания и колебаний груза в целом, можно заключить, что методы первой группы более широко применяются на предприятии, если в первую очередь руководство рассматривает вопрос экономии, т. к. они наиболее просты и дешевы, однако вторая группа методов является как более затратной, так и более качественной, с точки зрения оптимизации показателей качества производственного процесса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузоподъемный кран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Грузоподъемный\\_кран](https://ru.wikipedia.org/wiki/Грузоподъемный_кран).
2. Мостовые краны – назначение, устройство, конструктивные особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://allspectech.com/stroitel'naya/kran/mostovye/ustrojstvo.html>.
3. SIMOCRANE CeSAR standalone sway control systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://w3.siemens.com/mcsm/mc-solutions/en/mechanical-engineering/crane-solutions/simocrane/advanced-technology/sway-control-systems/ceasar-standalone/pages/ceasar-standalone.aspx>.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/pages/productdata>.
5. Горбань Р. Н. Современный частотно-регулируемый электропривод / Р. Н. Горбань, А. Т. Янукович. – С-Пб. : СПЭК, 2001. – 88 с.
6. Терехов В. М. Элементы автоматизированного электропривода : учебник для вузов / В. М. Терехов. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 244 с.
7. Ключев В. И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов : учебник для вузов / В. И. Ключев, В. М. Терехов. – М. : Энергия, 1980. – 360 с.

Статья поступила в редакцию 23.10.2017 г.