

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 демаг рус», 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 шинпровода.

Исторически для подачи питания к

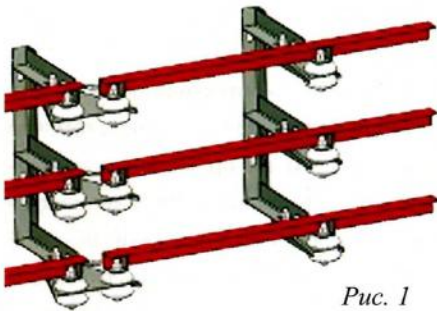


Рис. 1

мостовым кранам применялись системы, построенные из обычного стального проката. Этот способ используется до сих пор, несмотря на то, что современные системы безопаснее, легче, долговечнее, проще в установке, эффективнее и дешевле. Чаще всего применяют такой вид проката, как стальной уголок или швеллер (рис. 1).

В настоящее время конструкции, основанные на использовании неизолированного проката, постепенно вытесняются современными изолированными многополюсными и однополюсными системами токоподвода [1, 2]. Однако не везде последние можно применить, и в некоторых условиях неизолированные системы до сих пор актуальны. Но при этом сейчас применяются специальные виды проката с использованием более энергоэффективных алюминия и меди.

Функциональные элементы системы – подвесы, температурные расширители, соединители, вводы питания практически те же, что и для обычных изолированных шинопроводов, только выполнены они иначе. Аналогичным образом производится и расчёт систем по токовой нагрузке и по падению напряжения [3].

В современной промышленности неизолированные системы применяются в неблагоприятных условиях внешней среды и при высоких токах потребителей. В первом случае условия эксплуатации предполагают наличие высоких температур более 130°C и/или агрессивной среды. Тогда изолированные шинопроводы непригодны, так как их изоляция и элементы систем токоподвода изготавливаются из пластика,

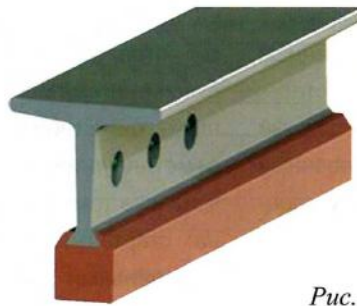
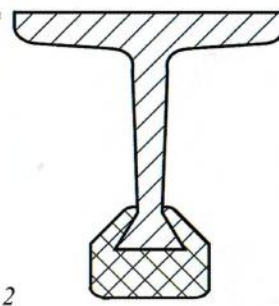


Рис. 2

который разрушается при высоких температурах и в химически агрессивной среде. Поэтому применяют неизолированные шины, которые часто изготавливаются в форме рельса – преимущественно в виде комбинированной конструкции, где основу составляет стальной рельс, а за провод тока отвечает медный оголовок (рис. 2).

В качестве других элементов – крепежа, соединителей и т.п., также используются металлические детали. Рельсы изолируются от окружающих конструкций с помощью керамических изоляторов. Таким образом, применение металла и керамики и отказ от пластика гарантирует работу систем в тяжёлых условиях высоких температур и агрессивных сред. Расположение основных элементов примерно то же, что и у обычных изолированных шинопроводов, но конструктивное исполнение, разумеется, отличается (рис. 3). В основном применяются рельсы, либо полностью выполненные из меди, либо стальные рельсы с медным оголовком (см. рис. 2). Проводная способность системы по току в виде суммы токовой нагрузки всех потребителей в рабочем режиме в таких системах составляет от



500 до 1500 А при ПВ 60%.

Полностью медные рельсы или профили другого сечения, например, квадратного, распространены значительно меньше. В этом случае проводная

способность системы по току достигает больших значений и ограничена сечением медного рельса. Ввиду высокой стоимости меди современная промышленность чаще предлагает другие решения.

В втором случае, если токи потребителей (приводов кранов) в устоявшемся (номинальном) режиме превышают 1500 А, современным решением является применение неизолированных алюминиевых рельсов с контактной поверхностью из нержавеющей стали. Такое большое энергопотребление возможно, например, в современных трубопрокатных производствах, где рабочие пролёты могут достигать километра, и, соответственно, число кранов в одной системе – десятки. Чем больше кранов, тем больше их суммарная мощность и, соответственно, потребляемый ток. На металлургических производствах литейные краны имеют очень мощные приводы главного подъёма. Два или три таких крана вполне могут иметь суммарную величину потребляемого тока более 2000 А.

Исторически при потребной проводной способности системы по току более 1500А применялись два реше-

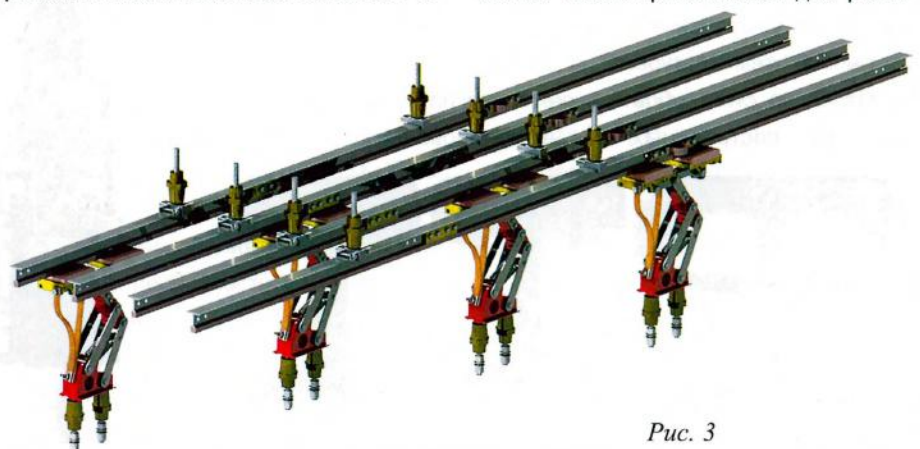


Рис. 3



Рис. 4

ют недостатки, которых лишены системы, построенные на основе алюминиевого рельса, покрытого полосой из нержавеющей стали для контакта с токосъёмниками (рис. 4).

Нержавеющая сталь предотвращает износ алюминиевой поверхности, и одновременно обеспечивает контакт. Такие рельсы различаются сечением, и, как следствие, значением номинальной проводной способности по току, а также способом крепления контактной полосы из нержавеющей стали. Полоса может механически вжиматься в алюминиевый рельс, либо привариваться, что зависит от номинала тока и от материала башмаков токосъёмника – стальные или медно-графитные (рис. 5). Номинальные значения токовой нагрузки алюминиевых рельсов составляют 2200А, 3800А, 4500А, 6000А.

Расчёт шинпровода по токовой нагрузке и по падению напряжения, выбор расположения точек подвода питания не отличается от методики для стандартных изолированных шинпроводов [3]. Элементы шинпровода – соединители, подвесы, анкерные зажимы, устройство разрывов для ремонтных зон, точки ввода питания, температурные расширители – как уже отмечалось, функционально те же, и никаких новых элементов нет. Исключено только применение пластика, чтобы обеспечить устойчивость к агрессивной среде и к высоким температурам.

Отдельно стоит обратить внимание на токосъёмники в системах, построенных на неизолированных рельсах.

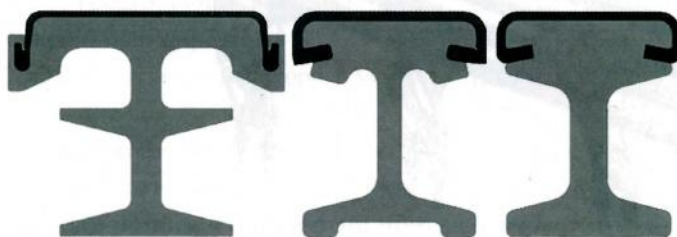


Рис. 5

ния – медный рельс с большим сечением либо обычный стальной железнодорожный рельс, шинированный дополнительным проводником, выдерживающим необходимую токовую нагрузку. Параллельно рельсу прокладывались кабели или полосы проводника из меди или алюминия с частым (примерно каждый метр) креплением к рельсу. Оба эти решения дороги и име-

Общепринятое название контактных элементов - «башмаки», отражает их основное отличие по сравнению с токосъёмниками изолированных систем – контактная поверхность шире контактной поверхности рельса. Это связано с тем, что в металлургии, основной области их применения, максимальные токи реализуются в стационарном положении крана: стартовый ток и затем продолжительный и высокий номинальный ток механизма главного подъёма. Это имеет место, например, при работе литейного крана, когда он в стационарном режиме начинает и продолжает поднимать ковш. Точечная токовая нагрузка настолько велика, что требует как можно большей контактной поверхности. Именно поэтому «башмаки» имеют значительную площадь контакта – они длинные и шире оголовка рельса (рис. 6).

Следует заметить, что системы троллейного токоподвода обычно применяются для систем с низким напряжением из соображений безопасности, поэтому снизить величину тока путём перехода на среднее или, тем более, высокое напряжение, как правило, не удаётся. В некоторых случаях, например, при устройстве токоподвода к судостроительным кранам типа «Голиаф», такое решение применяется, тогда расстояние между рельсами значительно увеличивается, а сама установка надёжно контролируется на предмет безопасности.

Выбор системы шинпровода на основе условий эксплуатации можно свести в таблицу.

В целом, системы шинпроводов, построенные на применении неизолированных рельсов, широко распространены в тяжёлой промышленности – в металлургии, судостроении, трубопрокатной промышленности, химической промышленности и др. Их применение, несмотря на большую стоимость и меньшую безопасность, безальтернативны, если речь идёт о тяжёлых режимах работы, больших токах, агрессивной среде и высоких температурах.

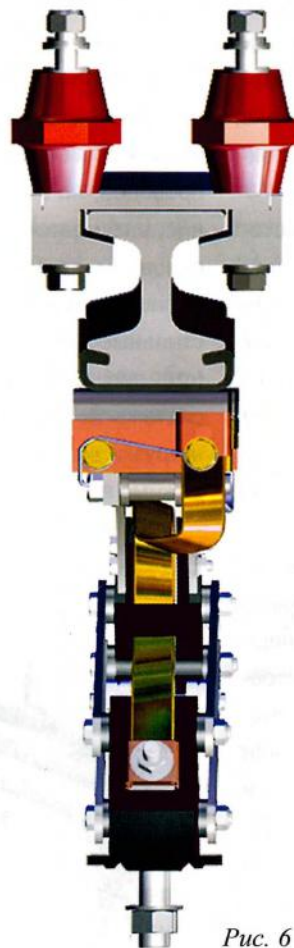


Рис. 6

## Литература

1. Московский Б.Г. Современные системы электропитания машин и механизмов. Выбор шинпроводов для мостовых грузоподъемных кранов // Подъемно-транспорт-

Тип токопровода	Промышленное применение внутри помещения или на открытом воздухе					
	Неспецифичная окружающая среда	Высокотемпературная среда >130°C	Коррозионная среда	Высококоррозионная среда	Безопасность	
Изолированный шинопровод и проводник	медный	XXX	-	XX	X	XXX
	алюминиевый	XXX	-	-	-	XXX
Рельс с медным оголовком	XX	XXX	XXX	XXX	X	X
Алюминиевый рельс	X	XXX	X	-	X	X

ное дело. – 2016. – № 4-5. – С. 20-23.

2. **Московский Б.Г.** Особенности конструкции и применения изолированных шинопроводов // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – № 1-2. – С. 2-5.

3. **Московский Б.Г.** Выбор шинопроводов для электропитания грузоподъемных кранов на основе расчета токовой нагрузки // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – № 3-4. – С. 16-19.

**Б.Г. Московский.**

*Тел. (phone) 499-922-24-08.*

*E-mail: boris.moskovskiy@conductix.com*



## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА АВТОКРАНОВ

**Владимир Александрович МАЛАЩЕНКО, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой**

Национальный университет «Львовская политехника», Украина

**Владимир Федорович СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, профессор, директор факультета**

Одесский национальный политехнический университет, Украина

**Евгений Сергеевич ВЕНЦЕЛЬ, д-р техн. наук, профессор**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина

**Василий Владимирович ФЕДЫК, канд. техн. наук, доцент**

Дрогобычский высший колледж нефти и газа, Львовская обл., Украина

**Выполнен компьютерный анализ напряженно-деформированного состояния опорно-поворотных устройств автомобильных кранов, оснащенных подшипниками с перпендикулярным размещением роликов. Предложены твердотельные модели этих устройств, проведен расчетный анализ напряжений роликов и поверхностей беговых дорожек для наиболее характерных режимов их нагружения.**

**Ключевые слова:** опорно-поворотное устройство, ролики, дорожки качения, форма торцов, модификация, контактные напряжения, распределение нагрузки.

Известно, что анализ напряженно-деформированного состояния опорно-поворотных устройств (ОПУ) сводится к определению напряжений роликов и беговых дорожек рабочих колес. В силу сложности конструкции его удобно выполнять методом конечных элементов с помощью программного продукта CosmosWorks, интегрированного в среду проектирования SolidWorks [1-3]. Следует отметить, что современные версии этого программного продукта позволяют использовать различные

конечные элементы для разработанной модели конструкции.

На начальной стадии целесообразно разработать базовую расчетную схему контактного взаимодействия ролика только со своими поверхностями беговых дорожек качения. Здесь не учитывается прикосновения роликов своими торцами к поверхности беговых дорожек соседних тел качения и силовое взаимодействие в точечном касании между парой соседних роликов, расположенных во взаимно перпендикуляр-

ных плоскостях.

Для удобства принята модель с разбивкой конструкции на конечные элементы с комбинированной неравномерной сеткой, которая приведена на рис. 1, где использована мелкая сетка в зоне контакта, а на отдаленных частях элементов – более редкая сетка. Там же приведена полученная хронограмма напряженного состояния (рис. 1, б). Предложенная схема является базовой. Она дает возможность проводить количественный анализ напряженно-деформированного состояния элементов машин в широком диапазоне контактных нагрузок.

В ОПУ имеет место геометрическое трение на торцах роликов и в точечном их соприкосновении, уменьшение которого возможно в результате модификации их торцов (рис. 2). Также доказано, что модификация торцов роликов способствует уменьшению величины концентрации напряжений их концевых участков [4-8]. Выгодна форма роликов с торцевыми сферическими поверхностями: внешней выпуклой и внутренней вогнутой. Такая форма существенно уменьшает относительное скольжение в ОПУ и несколько сглаживает краевой эффект.

Для начала рассмотрим упрощенную расчетную схему (рис. 3, а), где