



УДК 621.74.047

**А.В. Вавилов, Л.И. Передня, А.А. Шавель**  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: ftkcdm@bntu.by  
Дата поступления: 24.03.2017

## АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ МОСТОВОГО КРАНА С ГРЕЙФЕРОМ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

### Аннотация

Установлено, что появление трещин на консольных частях концевых балок мостовых кранов, установленных на складе известняка копрового цеха ОАО «Белорусский металлургический завод» и стуков при передвижении кранов, является следствием проектных недоработок кранов в сочетании с недостатками их изготовления.

**Ключевые слова:** металлургический завод, мостовой двухбалочный опорный электрический кран, безребордные ходовые колеса, боковые ролики, отклонение осей ходовых колес, диафрагмы балок, деформации консольных частей концевых балок.

### Введение

Грузоподъемные краны на промышленных предприятиях позволяют механизировать значительные объемы выполняемых работ [1, 2], поэтому, естественно, они должны обладать достаточной надежностью [3]. Однако в процессе их эксплуатации зачастую выявляются дефекты, что требует регулярно проводить обследование кранов.

При обследовании кранов, кроме выявления дефектов, приходится заниматься установлением причин их возникновения. Известно, что дефекты могут возникать как в процессе длительной эксплуатации в паспортном режиме, так и при использовании кранов не по назначению, а также дефекты являются следствием конструктивных недоработок и недостатков изготовления и монтажа кранов.

### Основная часть

На ОАО «Белорусский металлургический завод» на складе известняка установлены два мостовых двухбалочных опорных электрических крана с грузовой тележкой, оснащенной механизмом подъема, выполненного по развернутой схеме [4].

Грузоподъемность кранов -10 т; пролет -22,5 м; база кранов -5,2м; скорость передвижения-1,33 м/с. Основным грузозахватным органом этих кранов является

электрогидравлический 2-х челюстной грейфер с вместимостью ковша 3 м<sup>3</sup> [5, 6]. Режим работы кранов по ИСО 4301/1 А7, механизмов-М7. На краны распространяется действие ГОСТ 27584-88.

Главные и концевые балки - коробчатой конструкции; главные балки - толщина поясов - 12 мм, толщина стенок - 6 мм, высота балки - 1125 мм, ширина поясов - 480 мм; концевые балки - толщина верхнего пояса - 12 мм, толщина нижнего пояса - 10 мм, толщина вертикальных стенок - 12 мм, высота балки - 417 мм, ширина балки - 200 мм. Концевые балки выполнены без свеса поясов. Длина консольных частей балки (расстояние от оси колеса до главной балки) - 1410 мм. Главные и концевые балки имеют поперечные диафрагмы. Соединение концевых и главных балок осуществляется сварными швами.

Механизмы передвижения кранов 4-х колесные с двумя приводными колесами, см.рис.1. Ходовые колеса крана – безребордные. Диаметр колеса – 430 мм.

Кран смонтирован на рельсах А 75 DIN536 с шириной головки 75 мм.

Краны смонтированы в 2014 году и эксплуатируются более 2,5 года.

По данным владельца кранов при эксплуатации имели место поломки кранов с появлением трещин в сварных швах консолей концевых балок, в элементах крепления ходовых колес кранов к концевым балкам и

трещины в узлах соединения концевой балки с пролетной балкой. Кроме того, при передвижении кранов в зоне «ходовое колесо-концевая балка» появляются периодические звуки (стук, «щелчки») непонятной природы.

Более глубокий анализ конструкций кранов и документации, прилагаемой к ним показал следующее.

Расстояние между роликами каждой пары в поперечном сечении в документации не указаны. Это расстояние может регулироваться. В Руководстве, по эксплуатации крана отсутствуют указания по регулировке установки роликов.

Отличительными особенностями конструкции кранов в отличие от ранее изготовленных эксплуатируемых мостовых кранов грузоподъемностью 10 т, пролетом

22,5 м с коробчатыми главными и концевыми балками, являются:

- применение безребордных ходовых колес большого диаметра. На кранах установлены колеса диаметром 430 мм. Обычно на мостовых кранах данной грузоподъемности и скорости передвижения диаметр колес – 400 мм;
- геометрические характеристики сечения концевых балок меньше аналогичных характеристик эксплуатируемых кранов: высота и ширина балки в полтора раза меньше, момент инерции относительно горизонтальной оси – почти в два раза, момент инерции относительно вертикальной оси – почти в три раза, момент сопротивления относительно вертикальной оси – почти в два раза;
- изменена конструкция узлов крепления ходовых колес к концевым балкам.

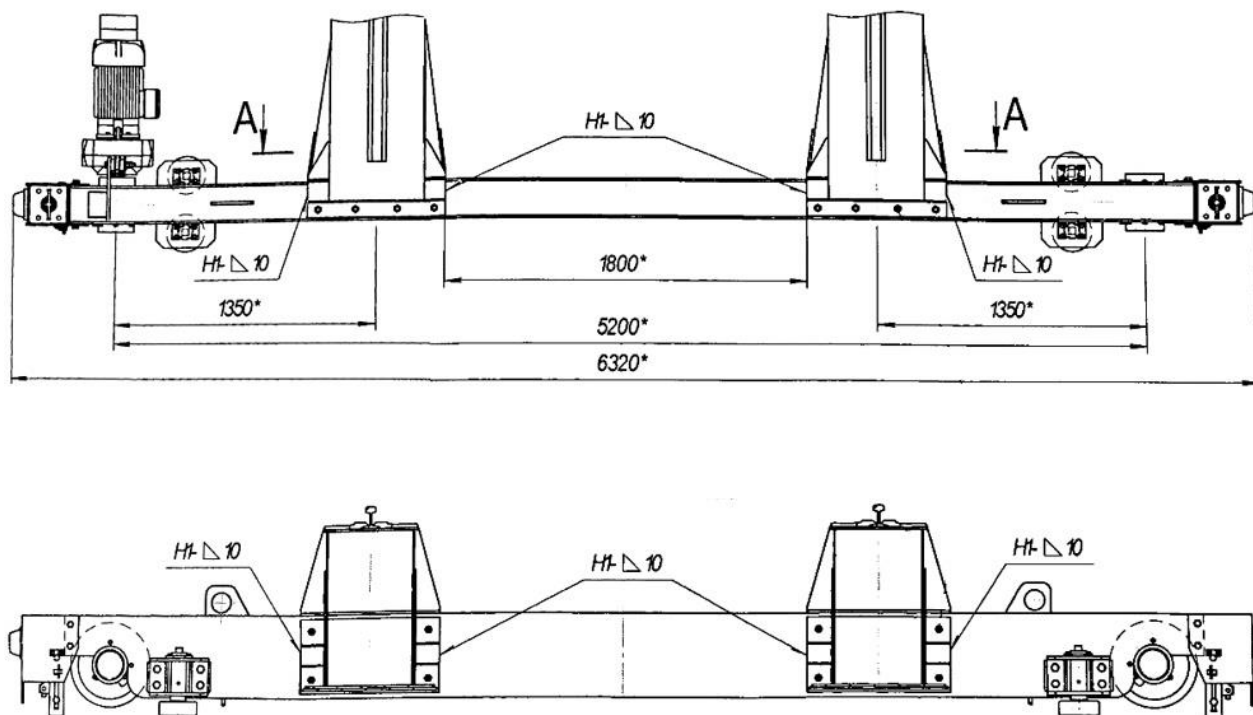


Рисунок 1. Крепление концевых и пролетных балок

Вместо угловых бус с креплением их к обечайкам с использованием горизонтальных и вертикальных платиков воспринимающих вертикальную и горизонтальную нагрузку в обследованных кранах бусы колес крепятся болтами фланцевого соединения к вертикальным стенкам толщиной 12 мм концевой балки, которые к

тому же, в местах крепления проточены до толщины 8 мм.

Отличительной особенностью установки и работы кранов является то, что грузовая тележка при выполнении погрузочно-разгрузочных операций всегда находится не по середине пролета крана, а на одной стороне крана.

Постоянное смещение грузовой тележки к одной из концевых балок (к месту расположения штабеля известняка), приводит к забеганию ненагруженной стороны крана, что создает постоянный перекося моста и, связанную с ним, загрузку моста большой перекосяной нагрузкой.

Перекося колес в горизонтальной плоскости зависит также и от соотношения между пролетом крана и базой. Осьевые нагрузки на ходовые колеса определяются по формуле [7].

$$F_0 = 0,015 \cdot Z_{\max} \cdot \left( \frac{L}{A_K} + 1,33 \cdot V_K \right),$$

где  $Z_{\max}$  – максимальная вертикальная нагрузка на ходовое колесо от крана с грузом, Н,  $Z_{\max} = 138,0$  кН;

$L$  – пролет крана, м,  $L=22,5$  м;

$A_K$  – база крана, м, согласно паспорта  $A_K=5,2$  м;

$V_K$  – скорость передвижения крана, м/с,  $V_K=1,33$  м/с;

$$F_0 = 0,015 \cdot 138 \cdot \left( \frac{22,5}{5,2} + 1,33 \cdot 1,33 \right) = 12,6 \text{ кН}$$

Эта величина соответствует паспортному значению крана.

Следует отметить, что в кранах с направляющими роликами базой считают расстояние между точками контакта этих роликов с рельсом. В обследованных кранах боковые ролики установлены сзади ходовых колес на расстоянии 360 мм. С учетом этого база для данных кранов будет равна 4,48 м. Осьевая нагрузка на ходовое колесо и на консольную часть концевой балки будет равна

$$F_0 = 0,015 \cdot 138 \cdot \left( \frac{22,5}{4,48} + 1,33 \cdot 1,33 \right) = 14,6 \text{ кН}$$

Таким образом, указанное в паспорте крана максимальная загрузка на колесо крана 12,62 кН является заниженной, что является ошибкой при выполнении расчетов.

Перекося осей колес в горизонтальной плоскости зависит от зазора между ребрами колес и головкой рельса, а в кранах с боковыми роликами - от разности установочного расстояния между роликами и шириной головки рельса. В Руководстве по эксплуатации обследованных кранов не

указано на какой зазор следует производить регулировку установки роликов, что не позволяет правильно установить ролики. При больших зазорах растет перекося колес и нагрузка на колеса и на металлоконструкцию моста крана, а при малых зазорах возможно заклинивание крана при передвижении.

Перекося крана способствует постоянному нахождению грузовой тележки как с грузом, так и без груза на одной стороне моста (от середины пролета до кабины машиниста).

Установка кранов на складе известняка копрового цеха и оборудование кранов грейфером исключает использование кранов не по назначению.

Выполненные обмерные работы показали, см.рис.2, что установочный перекося осей ходовых колес в горизонтальной плоскости, как являющийся основным параметром, вызывающим большие перекосяные нагрузки, превышает допустимые значения в нескольких раз.

Замеры осуществлялись при помощи поверенного тахеометра LEIKA TSR 1205 (погрешность – 5 секунд)

Деформации консолей концевых балок замерялись при помощи специального приспособления при различных нагрузках на ходовые колеса и различных скоростях движения кранов, при этом консоли деформировались внутрь пролета крана на величину 3...5 мм, см. рисунки 3 и 4.

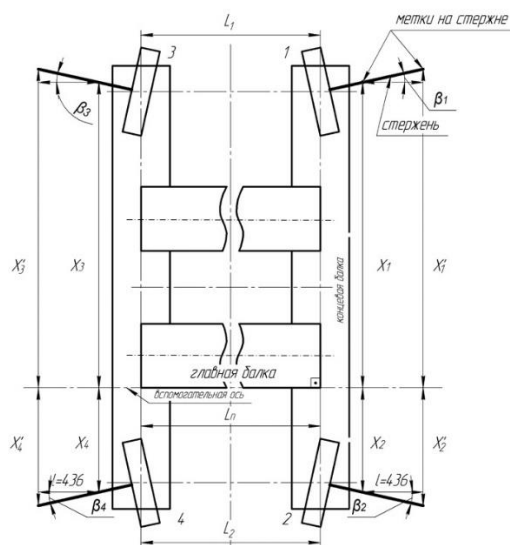


Рисунок 2. Схема измерения отклонения осей ходовых колес в горизонтальной плоскости

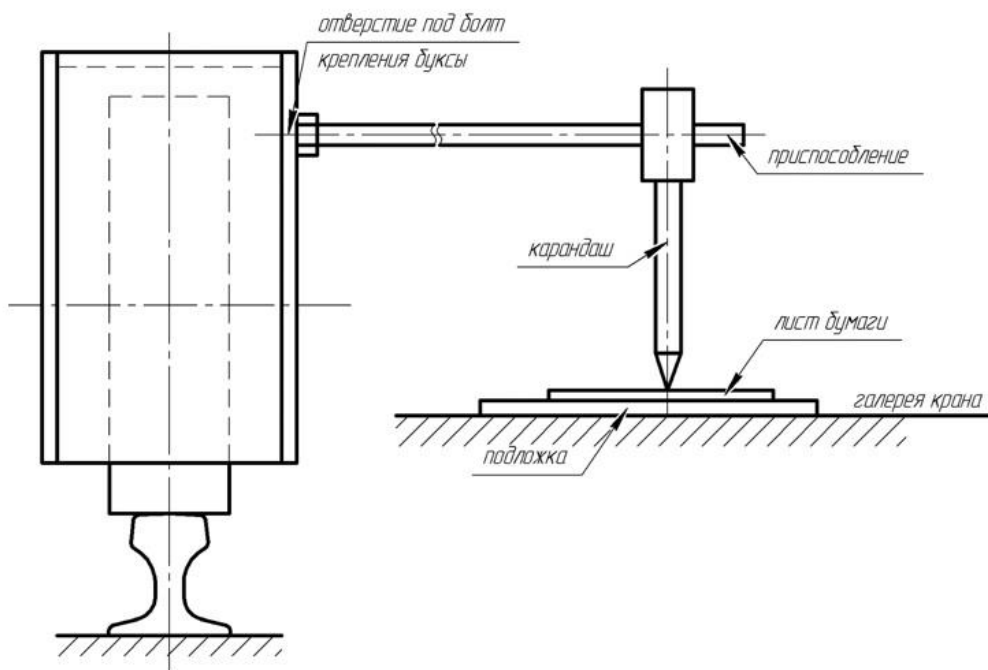


Рисунок 3. Схема измерения деформации консоли концевой балки

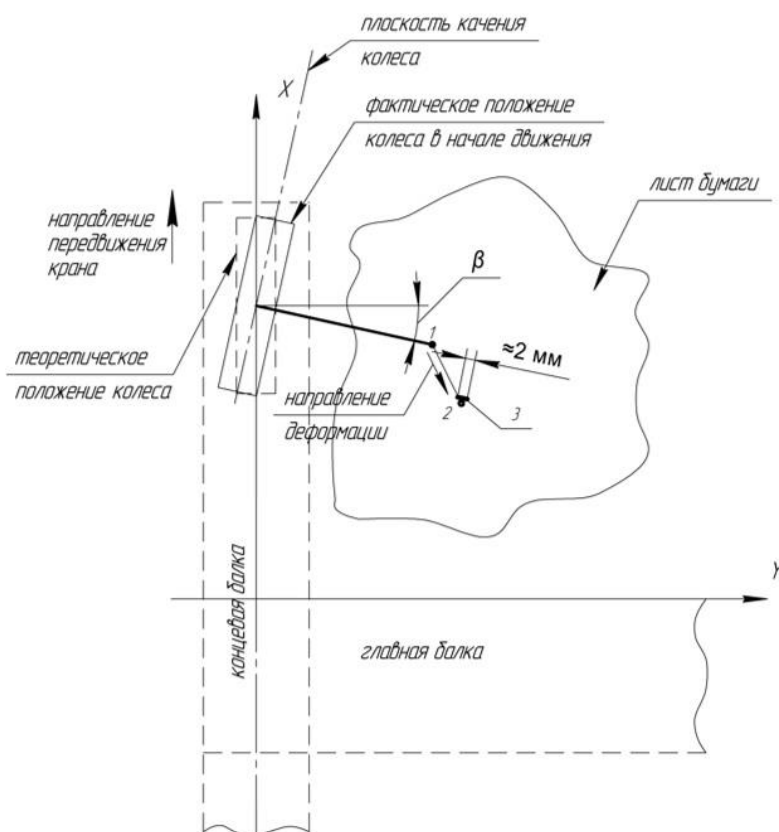


Рисунок 4. Схема деформации консоли концевой балки: 1 – начальное положение карандаша (консоль не деформирована); 2 – крайнее положение карандаша; 3 – зона вибрации

Проведенное обследование качества приварки, доступных для осмотра, диафрагм концевых балок показало наличие: прихваток с трещинами вместо требуемых непрерывных швов; непроваров, наплывов, см. рисунки 5, 6.

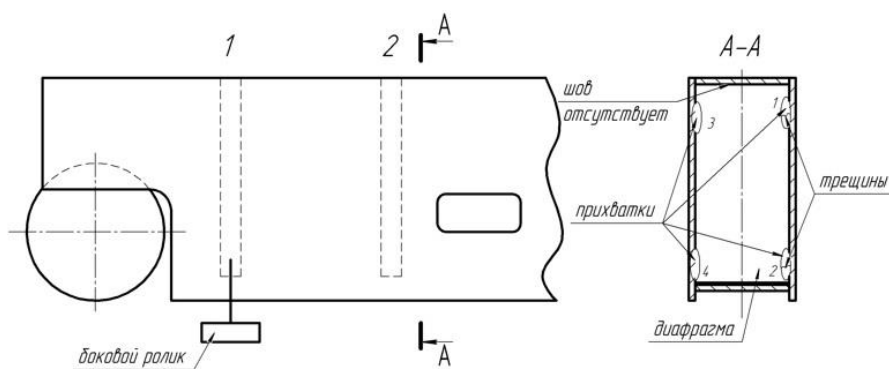


Рисунок 5. Концевая балка крана

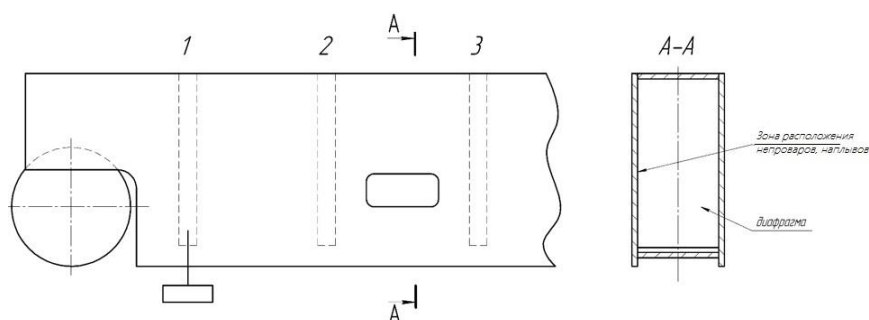


Рисунок 6. Концевая балка крана

При обследовании мест соединений главных балок с концевыми также и на заводском чертеже «Крепление концевых и пролетных балок» отмечено наличие затянутых болтов, что свидетельствует о наличии комбинированных соединений, в которых часть усилия воспринимается сварными швами, а часть – болтами, что не допускается и противоречит п.244 белорусских «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» и «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Гостехнадзор России».

На основании проведенного обследования кранов и анализа их конструкции было сделано заключение.

Появление трещин на консольных частях концевых балок мостовых кранов, установленных на складе известняка копрового цеха, и стуков при передвижении кранов являются следствием проектных недоработок кранов в сочетании с недостатками изготовления кранов.

К проектным недостаткам относятся:

- недостаточная несущая способность узлов крепления ходовых колес крана

к концевым балкам из-за недостатков конструкции узла;

- большой допустимый перекося ходовых колес, указанный в руководстве по эксплуатации крана. По ГОСТ 27584 перекося определяемый как тангенс угла между направлением передвижения крана и осью колеса, допускается не более  $k \leq 0,0006$ . По ИСО 8306 для режимных групп М2-М8 – не более  $k \leq 0,0004$ . По ГОСТ 24378-80 максимальные углы перекося колес должны быть не более 0,002 рад. Руководством по эксплуатации кранов допускается перекося до  $k \leq 0,006$ . Это на порядок превышает перекося, допускаемый указанными стандартами;

- конструкцией крана не предусмотрена возможность регулировки установки колес, а в руководстве по эксплуатации не приведены указания по контролю точности регулировки положения ходовых колес, что не соответствует требованию ГОСТ 27584-88 «Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия»;

- отсутствие в руководстве по эксплуатации указаний по установке боковых

роликов относительно ширины головки рельса (ширины колеса). При больших зазорах между головкой рельса и боковыми роликами увеличивается при передвижении перекос крана, а вместе с ним осевая нагрузка в горизонтальной плоскости на колесо, возникают дополнительные изгибающий и скручивающий момент концевой балки;

- допущена ошибка в сторону уменьшения осевой нагрузки на ходовые колеса в горизонтальной плоскости, приведенный в паспорте крана (см. расчет выше), что уменьшает фактическую несущую способность металлоконструкции.

К недостаткам изготовления относятся:

- установка ходовых колес с недопустимыми перекосами, превышающими максимально допустимый;
- некачественная приварка диафрагм концевых балок.

### Заключение

Указанные выше недостатки привели к передвижению крана с большими перекосами и появлению значительных переменных нагрузок на ходовые колеса и металлоконструкцию концевых балок и моста в целом. В результате усталости появились трещины в узлах крепления ходовых колес и в консольных частях концевых балок и произошло разрушение сварных швов крепления диафрагм. Последнее привело к уменьшению несущей способности концевых балок, увеличению деформаций элементов балок, появлению стуков внутри концевых балок при передвижении крана в результате

деформирования элементов металлоконструкции концевых балок, их взаимного соприкосновения и соприкосновения колес с рельсами.

Для возможности дальнейшей безопасной эксплуатации кранов требуется конструктивная доработка с целью увеличения несущей способности консольных частей концевых балок и узлов крепления ходовых колес.

В руководстве по эксплуатации кранов должны быть приведены указания по контролю точности и регулировке положения ходовых колес (п.2.6.15 ГОСТ 27584-88) и указания по установке боковых роликов, исключаяющей значительные перекосы кранов и заедание при передвижении.

### Библиографический список

1. Абрамович И.И., Березин В.Н., Яуре А.Г. Грузоподъемные краны промышленных предприятий. М.: Машиностроение, 1989, 360 с.
2. Александров М.П. Грузоподъемные машины. М. Высшая школа, 2000, 545с.
3. Брауде В.И., Семенов Л.Н. Надежность подъемно-транспортных машин. Л.: Машиностроение, 1986, 182 с.
4. Кружков В.А. Металлургические подъемно-транспортные машины. М.: Metallurgy, 1989, 464 с.
5. Вайсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства. М.: Машиностроение, 1982, 303 с.
6. Таубер Б.А. Грейферные механизмы. М.: Машиностроение, 1985, 267 с.
7. Лобанов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. М.: Машиностроение, 1987, с.158.

---

*Information about the paper in English*

**A.V. Vavilov, L.I. Perednya, A.A. Shavel**  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus  
E-mail: ftkcdm@bntu.by  
Received 24.03.2017

ANALYSIS OF DEFECTS OF A BRIDGE CRANE WITH A GRAB AND WAYS TO ELIMINATE THEM

### Abstract

It has been established that the cracks found on the brackets of the end carriages of the overhead cranes functioning at the limestone yard of the drop-hammer plant of Belorussian Steel Works, as well as the rattling noise that can be heard when the cranes are moving are attributed to faulty design and manufacturing.

**Keywords:** steel works, double girder top running overhead cranes, flangeless travel wheels, side rollers, misalignment of crane wheels, diaphragms, deformation of the end carriage brackets.

---