



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 м³ [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.

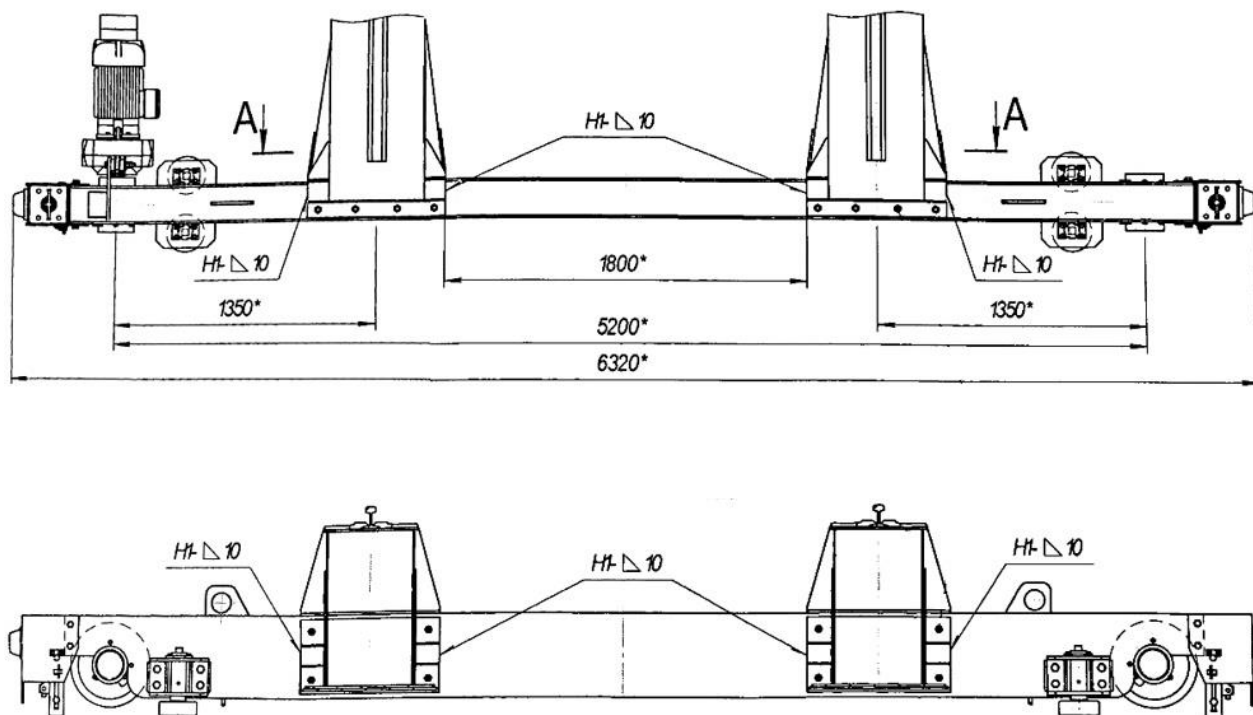


Рисунок 1. Крепление концевых и пролетных балок

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. Осявые 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. Осявая 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.

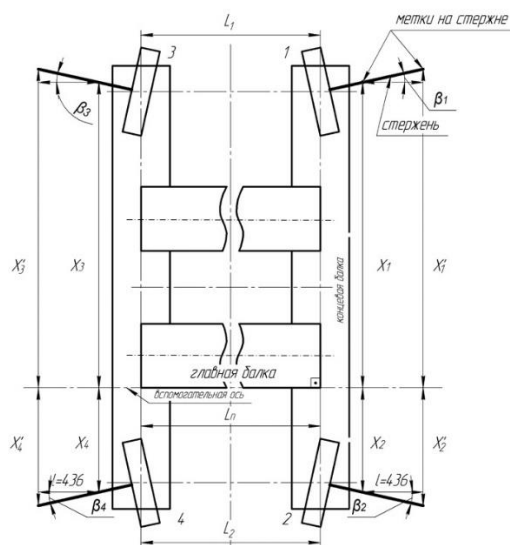


Рисунок 2. Схема измерения отклонения осей ходовых колес в горизонтальной плоскости

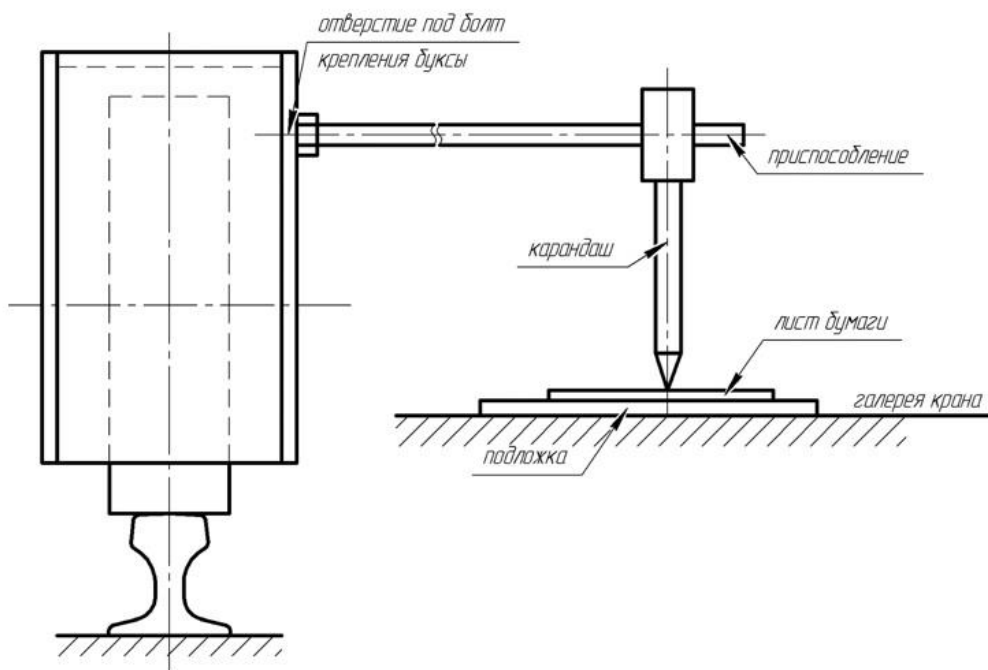


Рисунок 3. Схема измерения деформации консоли концевой балки

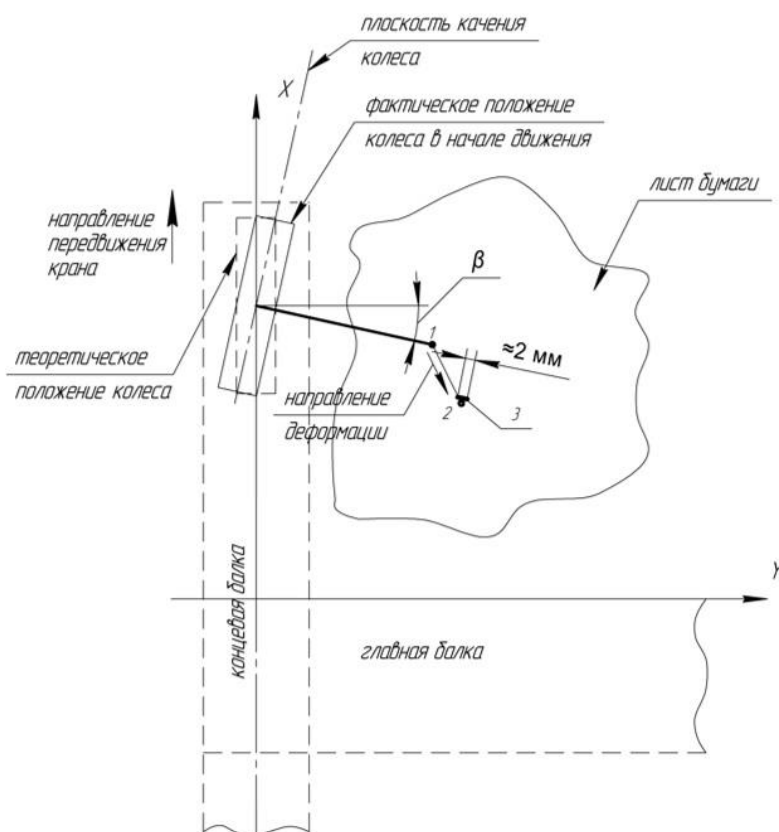


Рисунок 4. Схема деформации консоли концевой балки: 1 – начальное положение карандаша (консоль не деформирована); 2 – крайнее положение карандаша; 3 – зона вибрации

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.

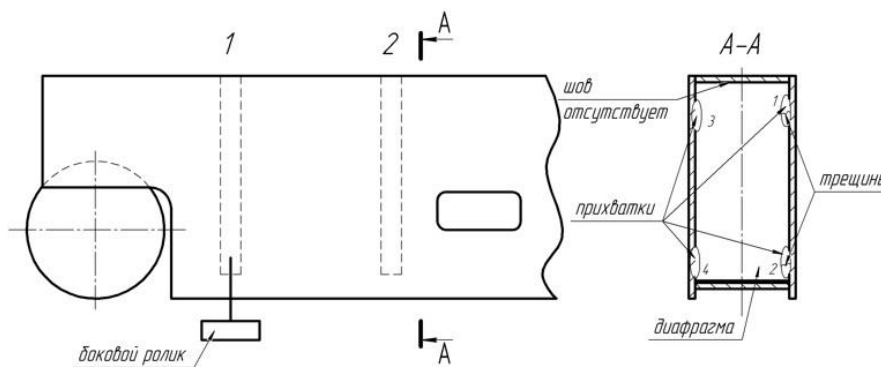


Рисунок 5. Концевая балка крана

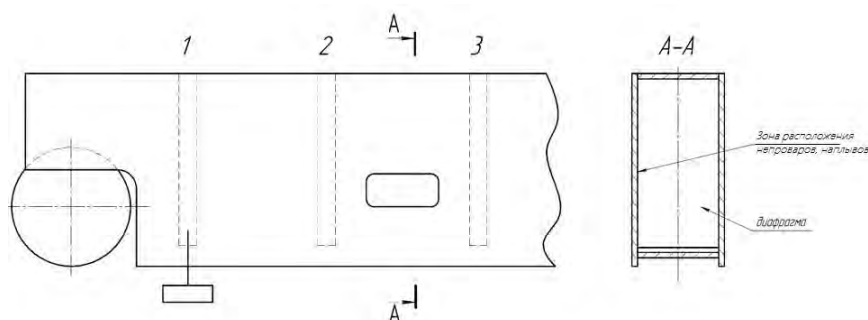


Рисунок 6. Концевая балка крана

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, исключающей 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.
