

УДК 621.791.85.011:546.56:669

Гавриш П. А., Шепотько В. П., Мартыновская Е. В.

УСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ КРАНОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Основные положения специализированной методики анализа конструктивного исполнения металлоконструкций машин, работающих в условиях воздействия циклических и динамических нагрузок, направлены на создание и модернизацию таких металлоконструкций, которые обеспечивают надежную и безопасной эксплуатации грузоподъемного оборудования [1]. Перечень существующих факторов, которые влияют на работоспособность металлоконструкций, довольно обширный, но основные группы анализируемых факторов следующие [2]:

первая группа – анализ металлоконструкции с точки зрения причин обусловленных сваркой;

вторая группа – анализ силовых напряжений в узлах металлоконструкций;

третья группа – анализ схемно-компоновочного решения металлоконструкции.

Рассматривая анализ силовых напряжений в узлах металлоконструкций, надо отметить, что силовое взаимодействие кранов с эстакадами вызывает усталостные повреждения крановых мостов и подкрановых балок [3]. Результаты исследований, проведенные в испытательной лаборатории технической диагностики ДГМА, позволили установить основные закономерности силового взаимодействия.

Цель исследования – анализ влияния перекоса кранового колеса на образование усталостных дефектов.

Силовое взаимодействие кранового колеса с рельсом представлено на рис. 1.

Несмотря на различие механизмов передвижения мостовых кранов (рис. 2, а, б, в) с центральным приводом и центральным редуктором (рис. 2, а), с центральным приводом и двумя редукторами (рис. 2, б), с отдельными приводами (рис. 2, в), систему силового взаимодействия можно представить в виде (рис. 3). Два опорных ходовых колеса, соединенных между собой кинематической связью, опираются на рельсы, а рельсы, в свою очередь, опираются на подкрановую эстакаду.

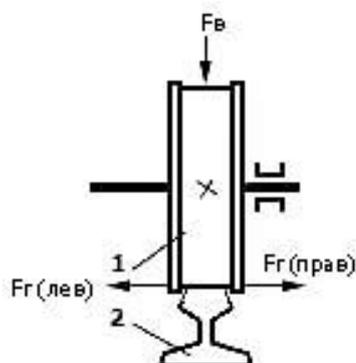


Рис. 1. Схема силового взаимодействия колеса с рельсом:

1 – ходовое колесо; 2 – рельс; F_v – вертикальная сила, действующая на ходовое колесо; F_g (прав) – горизонтальная сила, действующая на правую балку; F_g (лев) – горизонтальная сила, действующая на левую балку

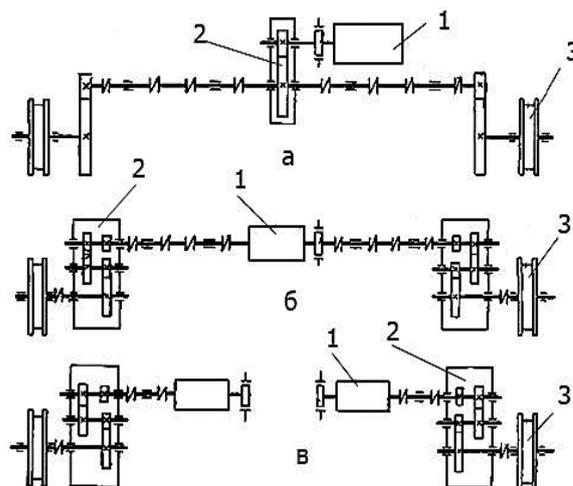


Рис. 2. Механизмы передвижения мостовых кранов:

а – центральный привод с центральным редуктором; б – центральный привод с двумя редукторами; в – отдельный привод; 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – ходовое колесо

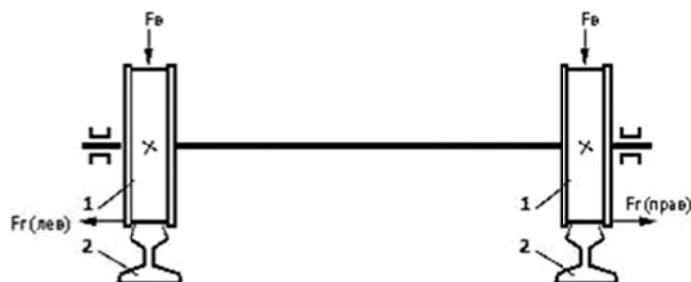


Рис. 3. Система силового взаємодія:

F_v – вертикальна сила, діюча на ходове колесо; F_g (прав) – горизонтальна сила, діюча на праву балку; F_g (лев) – горизонтальна сила, діюча на ліву балку

Система кран – подкранова естакада в процесі руху крана складається з опорного, кранового і контактних контурів, які представлені кінематичними зв'язками (рис. 4). Крановий контур включає в себе колеса і раму тележки. Опорний контур включає в себе опорну поверхню рейки і подкранову естакаду. Контактний контур – площа контакту кранового ходового колеса з рейсовим шляхом. В контактному контурі на приводні колеса діють сили вертикальних реакцій, горизонтальних продольних реакцій (сили продольного ковзання, реалізують поступальне рух або гальмування) і горизонтальних поперечних реакцій (сили поперечного ковзання, викликані перекосом колес в горизонтальній площині – паразитні). На невідводні колеса діють тільки вертикальні і горизонтальні поперечні сили реакцій (як і в приводних колесах, поперечні сили – паразитні, викликані перекосом колес). При русі крана поперечні сили горизонтальних реакцій викликають розпор кранового і опорного контурів. Ці розпорні сили можуть бути направлені всередину прольоту або з прольоту в залежності від напрямку кутів перекосу колес і руху крана.

Якщо шляхи ідеально рівні, то робота еластичної деформації підкранових балок і естакади в цілому, вироблена силами вертикальних реакцій (подвижної навантаження від ваги крана), передається тільки в опорний контур, сприяє накопиченню в ньому усталостних пошкоджень. Для дослідження силового взаємодія використовувався спеціальний стенд [4].

Використовували різні варіанти установки ходового колеса з перекосом, що має місце в реальній експлуатації мостових кранів (рис. 5).

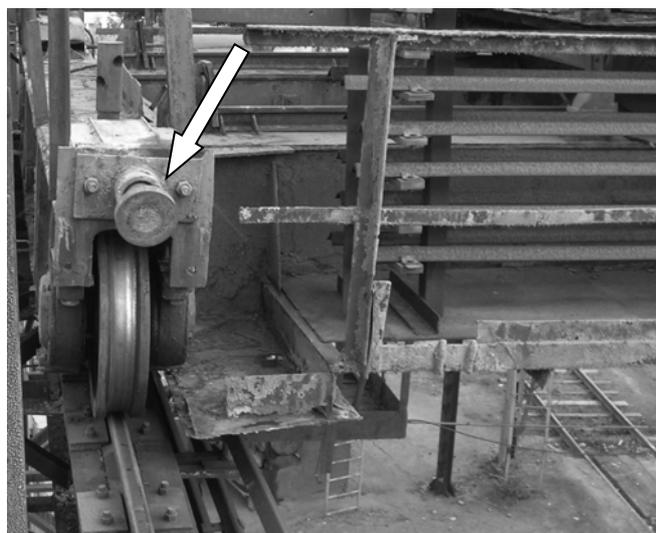
Рис. 4. Кінематична схема силового взаємодія ($L_{пр}$ – пролет крана)

Рис. 5. Установка буксового узла, а також кранового колеса з перекосом

Исследования, выполненные на стенде, показали, что упругие поперечные перемещения тележки δ_K и подкрановой балки δ_B , в процессе движения тележки с перекошенным колесом, по которым определялась их жесткость C_K и C_B в зависимости от сдвигающей поперечной силы P_2 , имели величину, приведенную в табл. 1.

Таблица 1

Упругие перемещения тележки и подкрановой балки при установке перекошенного колеса

| | | | | |
|-----------------------|-----|----|-----|-----|
| $F_2, \text{кН}$ | 7 | 16 | 19 | 28 |
| $\delta_K, \text{мм}$ | 1,5 | 3 | 4 | 5,5 |
| $\delta_B, \text{мм}$ | 2 | 5 | 5,5 | 8 |

Откуда жесткость тележки $C_K = 5 \text{ кН/мм}$, а жесткость балки $C_B = 3,4 \text{ кН/мм}$, следовательно, жесткость тележки и балки в направлении действия горизонтальной силы F_2 на три порядка меньше контактной, и проскальзывание колеса будет возможно только при величине сдвигающей силы равной:

$$F_2 \geq f_0 F_B, \tag{1}$$

F_B – вертикальная нагрузка на колесо, кН;
 f_0 – коэффициент трения покоя при скольжении.

В связи со сказанным выше, колесо будет катиться прямолинейно в плоскости своего диска, под углом α к общему направлению движения, а конструкция тележки или балки упруго деформироваться под действием поперечной силы. На рис. 6 представлена зависимость горизонтальной силы, формирующей деформации и усталостные повреждения металлоконструкций от угла перекоса кранового колеса.

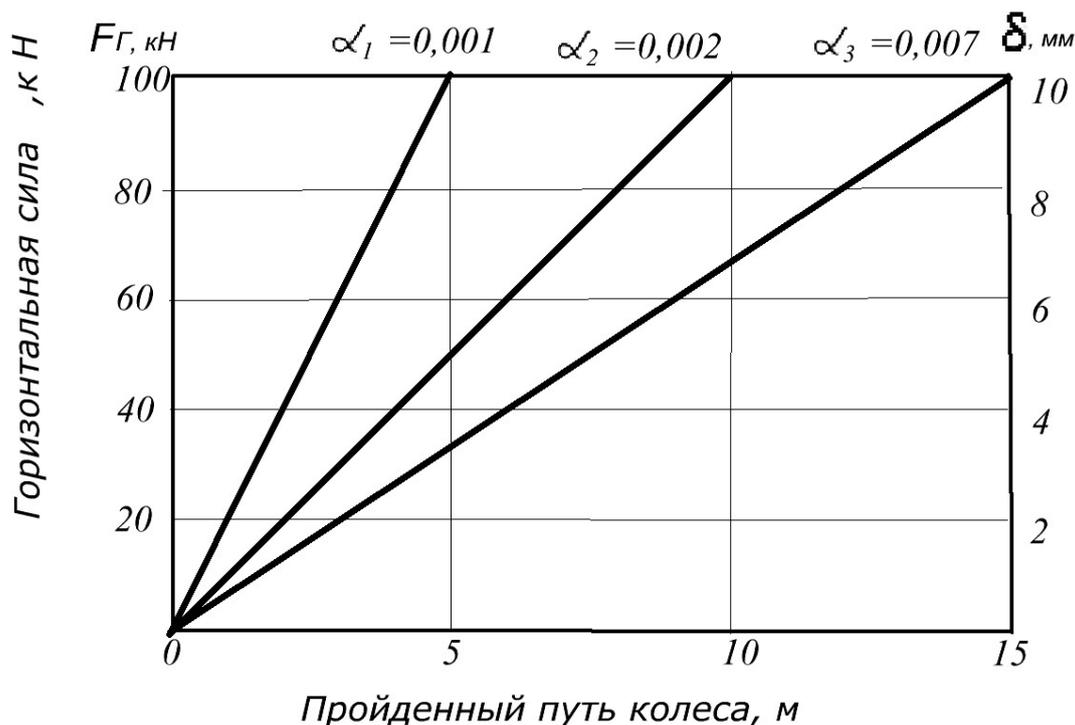


Рис. 6. Зависимость горизонтальной силы от угла перекоса кранового колеса

Установленное при эксплуатации крановое колесо с большим перекосом формирует большие горизонтальные силы. Таким образом, при установке ходового колеса с перекосом возникают упругие деформации в металлоконструкции крана и подкрановых балок. Причем, эти деформации действуют циклически при качении колеса по рельсу. Каждый цикл оборота колеса при качении по рельсу вызывает циклические напряжения. Циклические напряжения в свою очередь снижают усталостную прочность металлоконструкций и приводят к появлению дефектов: трещин, разрывов сварных швов, критических деформаций основных и вспомогательных элементов конструкции крана (особенно концевых балок) и подкрановой эстакады.

Восстановление несущей способности крановых металлоконструкций выполняется сложными ремонтными работами [5–8], что уменьшает фактическое время эксплуатации грузоподъемного оборудования.

ВЫВОДЫ

Если металлоконструкция крана или подкрановой эстакады упругая в направлении поперечном к рельсу, то в процессе движения крана перекошенное колесо воздействует на них подобно клину, вызывая упругие поперечные деформации, которые тем больше, чем больше угол перекоса α и путь, пройденный колесом.

С увеличением поперечной деформации увеличивается горизонтальная распорная сила, вызывающая переменные циклические нагрузки на металлоконструкцию, способствуя возникновению усталостных повреждений.

С увеличением жесткости металлоконструкции крана и подкрановой эстакады величина поперечной деформации уменьшается по линейной зависимости. Следовательно, при весьма высокой жесткости поперечные деформации будут ничтожно малы. Энергия, в контактном контуре, будет затрачиваться только на непрерывные сдвиговые поперечные деформации в контактирующих слоях металла колеса и рельса, приводящие к возникновению дефектов в поверхностных слоях металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шепотько В. П. *Методологические основы повышения долговечности сварных металлоконструкций* / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 2(23). – С. 143–146.
2. Емельянов О. А. *Основные факторы, снижающие долговечность сварных конструкций машин* / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, В. И. Ярко // *Горные машины и автоматика*. – 2005. – № 1. – С. 13–152.
3. Гавриш П. А. *Ушкодження кранових металоконструкцій. Діагностика. Ремонт* : навч. посіб. / П. А. Гавриш, В. П. Шепотько, В. Д. Кассов. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – 280 с.
4. А. с. 1295289, МКИ G 01N 3/34. *Установка для испытания балок на усталостную прочность* / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, В. Д. Чевычелов и С. В. Лубенец (СССР). – № 3907005/25-28 ; заявлено 10.06.85 ; опубл. 07.03.87, Бюл. № 9.
5. Grote K.-G. *Die bewertungsmethodik der bauausführung der untergleiszone der hauptträger der verladebrücke* / K.-G. Grote, J. Postnikov, N. Makarenko, P. Gavrish, V. Schepotko, V. Kassov, V. Koinasch // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3(28). – С. 110–113.
6. Шепотько В. П. *Анализ конструктивного исполнения главных балок грузоподъемных кранов* / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2013. – № 2/7 (62). – С. 64–66.
7. Шепотько В. П. *Совершенствование технологии ремонта пролетных балок рудно-грейферных перегружателей* / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 4(25). – С. 245–250.
8. Шепотько В. П. *Технологичность ремонтной сварки крановых металлоконструкций* / В. П. Шепотько, П. А. Гавриш // *Подъемные сооружения и специальная техника*. – 2012. – № 5. – С. 12–13.