

УДК 621.874.04

Гроге К. Х., Шепотько В. П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СВАРНЫЕ КРАНОВЫЕ И ПОДКРАНОВЫЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Современные условия хозяйствования промышленных предприятий требуют существенного повышения эффективности производства, обеспечения более высоких результатов при меньших затратах. Необходимым условием этого являются снижение материало- и энергоемкости сварных металлоконструкций при повышении их надежности и долговечности.

Большинство промышленных зданий оснащено мостовыми кранами различного назначения. При эксплуатации таких сооружений дорогостоящий и трудоемкий вид ремонта – устранение повреждений крановых и подкрановых металлоконструкций. Большинство этих повреждений вызвано формированием поперечных воздействий при движении кранов.

По результатам многочисленных исследований поперечных воздействий на крановые и подкрановые металлоконструкции в действующих цехах получен широкий диапазон статистических коэффициентов зависимости между вертикальными и поперечными нагрузками – от 0,05 до 0,6 [1]. Это говорит о возможности снижения фактических поперечных воздействий посредством влияния на процессы формирования этих воздействий при совместной работе системы кран – подкрановый путь. Наиболее эффективно снижение поперечных нагрузок в этой системе может быть достигнуто совместным конструктивным совершенствованием кранов и каркасов зданий на основе исследования закономерностей влияния основных факторов на формирование поперечных сил в контактах колесо-рельс. Установлено, что основные факторы, влияющие на поперечную нагруженность, – это вертикальная нагрузка на колесо P , поперечная жесткость конструкций c_i , ходовые качества кранов, состояние подкрановых путей и т. д. [2–4]. Однако, многофакторность натуральных экспериментов не позволила установить четких зависимостей влияния этих факторов.

Целью проведенных исследований являлось изучение процессов формирования поперечных сил, действующих на сварные крановые и подкрановые металлоконструкции при движении тележки по рельсовому пути.

Для детерминированного изучения процессов формирования поперечных сил использовался испытательный стенд [2]. Стенд позволяет моделировать силовое взаимодействие кранового колеса с рельсом подкрановой балки. Вертикальная нагрузка ходовой тележки – до 100 кН. Установочный перекося ходового колеса – до 0,017 рад. Поперечная жесткость балки регулировалась съемными тормозными конструкциями.

Конструкция стенда (рис. 1) следующая. Тележка 1, имеющая три безребордных колеса, перемещается возвратно-поступательно по направляющим с помощью кривошипного механизма. Под колесом 2, установленным с заданным углом перекося α , расположена балка 3. На опоре «А» укреплены динамометры 4 для измерения вертикальной P и поперечной R сил. Прямолинейность движения тележки обеспечивается боковыми роликами 5, которые перемещаются в направляющих 6. Зазор между роликами и направляющими – не более 2 мм. При движении перекошенного колеса 2 от опоры «А» к середине балки в контакте колесо-рельс происходит поперечное проскальзывание колеса относительно рельса, которое формирует взаимно – противоположные силы (R) – боковое давление и направляющее усилие. Направляющее усилие, действуя на колесо, стремится сдвинуть тележку вдоль оси y , чему препятствуют боковые ролики 5, обеспечивая прямолинейное движение колеса 2 и боковое давление на балку 3. Под действием распорного бокового давления происходит

упругий поперечный изгиб балки по оси y . При движении колеса от опоры «А» к середине балки соответственно увеличиваются путь, проходимый колесом, поперечный упругий прогиб балки и определяемая ими величина бокового давления – направляющего усилия.

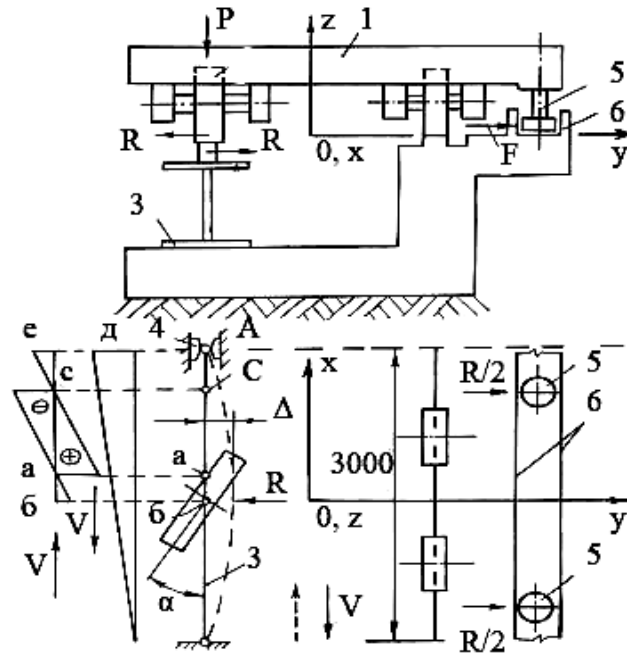


Рис. 1. Конструктивная схема стенда:

1 – тележка с грузами; 2 – колесо с перекосом; 3 – балка; 4 – динамометры; 5 – боковые ролики; 6 – направляющая; д, е – линии влияния нагрузок: вертикальной P и боковой R – для опоры А; Δ – поперечная деформация балки

В точке «а» сила R достигает максимального по условиям контакта значения R_{max} и происходит срыв сцепления в контакте, после чего при движении от точки «а» к «б» опять происходит увеличение R . Из точки «б» начинается движение тележки назад, поэтому поперечный изгиб балки происходит в обратном направлении по оси y . В точке «С» поперечная сила достигает значения $-R_{max}$ и срыв сцепления повторяется в противоположную сторону. На рис. 1 приведены эпюры линий влияния P и R для опоры «А».

Таким образом, при движении тележки в контакте перекошенного колеса с рельсом возникают силы поперечного упругого скольжения – боковое давление на рельс и направляющее усилие, действующее на колесо. С увеличением поперечной деформации Δ_i упругая поперечная сила R_i увеличивается, достигая максимального значения:

$$R_i = (0 \dots \psi_{max}) \cdot P = c_i \cdot \Delta_i, \quad (1)$$

где ψ_{max} – максимально достигаемый коэффициент поперечного сцепления в контакте; c_i – поперечная жесткость конструкции на i -м участке пути.

Если нет контакта реборды колеса с боковой гранью рельса, дальнейшее движение вызывает срыв поперечного сцепления в контакте. С изменением поперечной жесткости путь, проходимый колесом до срыва сцепления в контакте и величина поперечной деформации меняются по линейной зависимости.

В результате, полученные на экспериментальном стенде закономерности формирования поперечных сил позволили установить причины и условия образования поличастотных нагрузок на сварные крановые и подкрановые конструкции. Наложение высокочастотных низкоамплитудных колебаний нагрузки на низкочастотные с большой амплитудой – одна из

доминирующих причин многократного снижения усталостной прочности сварных соединений [3, 4]. Следовательно, усталостные повреждения буксовых узлов сварных крановых мостов и сварных швов подрельсовой зоны подкрановых балок обусловлены формированием поличастотных поперечных нагрузок в контактах колесо-рельс. Подтверждение этому получено путем натурального тензометрирования поперечных воздействий колес при движении четырехколесного мостового крана общего назначения в механосборочном цехе (рис. 2).

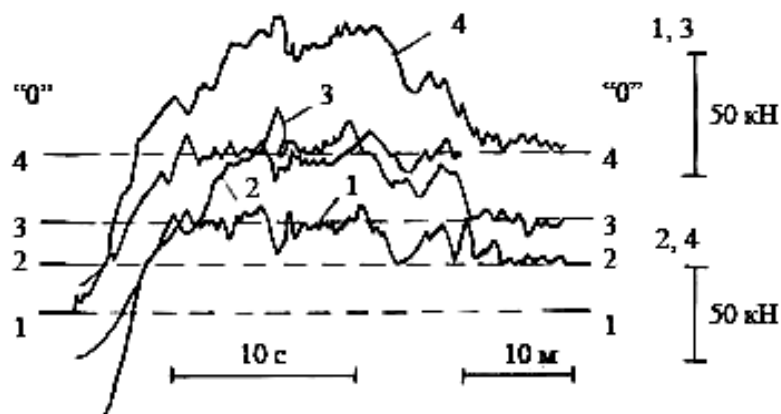


Рис. 2. Осциллограмма цикла поличастотного нагружения ходовых колес мостового крана:

1–4 – номер колеса; 1–1... 4–4 – «0» нагрузки одноименных колес

ВЫВОДЫ

1. При физическом моделировании силового взаимодействия кранового колеса с рельсом на специальном стенде определены закономерности влияния основных факторов на формирование циклических поперечных воздействий на сварные крановые и подкрановые конструкции.

2. Рекомендуется повышение сроков эксплуатации этих конструкций и снижение энергопотребления при перемещениях мостовых кранов обеспечивать путем устранения причин негативного влияния этих факторов [5], в частности:

- состояние и режим работы механизма передвижения крана;
- монтажный перекос ходовых колес;
- состояние подкранового пути;
- пускорегулировочные характеристики электроприводов;
- состояние контактирующих поверхностей колес и рельсов;
- жесткость моста крана и подкрановой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов О. А. Мосты сварные крановые. Конструкция, нагруженность, диагностика, обеспечение ресурса / О. А. Емельянов. – Краматорск : ДГМА, 2002. – 334 с.
2. А. с. 1128147 (СССР), МКИ G01 N3/34. Установка для испытания балок на усталостную прочность / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько, Д. Т. Савченков, С. В. Лубенец. – № 3647443/25-28 ; заявлено 29.07.83 ; опубл. 07.12.84, Бюл. № 45. – 3 с
3. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / В. И. Труфяков и др. – К. : Наукова думка, 1990. – 254 с.
4. Труфяков В. И. Повышение сопротивления усталости сварных соединений и конструкций / В. И. Труфяков // Автоматич. сварка. – 1998. – № 11. – С. 11–19.
5. Шепотько В. П. Силовое взаимодействие мостовых кранов с подкрановыми конструкциями / В. П. Шепотько // Подъемные сооружения и специальная техника. – Одесса : Нац. технич. ассоциация. – 2008. – № 7. – С. 40–41.