

СИЛОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАНА С ПУТЯМИ. СТАТЬЯ 4. ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ КОЛЕС НА ДВИЖЕНИЕ КРАНА

О. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, В. П. ШЕПОТЬКО, С. В. ЛУБЕНЕЦ, Ю. В. ПИХОТА

Кривая распределения, характеризующая достигаемую в практике точность установки колес в конструкцию моста, показана на рис. 1. Из рисунка видно, что только 55 % колес имеют угол перекоса $\alpha \leq 0,002$, допустимый по нормативам (ГОСТ 24378–80), 12 % — $\alpha \leq 0,0005$, допустимый по нормам (ГОСТ 7131–64) и 4 % — $\alpha = 0,005... 0,006$, для которых по кривым упругого скольжения коэффициент трения может составлять $f = 0,30... 0,37$.

Интересен тот факт, что около 50 % кранов, находящихся в эксплуатации, имеют повреждения в местах установки колес в концевые балки, т. е. в процентном отношении столько же, сколько составляет количество колес, имеющих перекос в горизонтальной плоскости, недопустимый ГОСТом.

Для анализа кинематики движения рассмотрим обычный четырехколесный кран. Предположим, что углы перекоса колес одинаковы, и определим количество возможных комбинаций их взаимного расположения на мосту (рис. 2) — оно составляет 81. Из-за обилия комбинаций довольно сложно проанализировать силовую и кинематическую картину движения кранов, а следовательно, и горизонтальных поперечных реакций, действующих на мост.

Попробуем упростить задачу с помощью теории упругого скольжения. Очевидно, что при установке на мост колесо может иметь только одно из трех основных положений — точное, углом вперед и назад (рис. 3). При точной установке колеса в мост наличие поперечных распорных сил при движении кранов не наблюдается, в случае установки углом вперед появляется поперечная сила скольжения, направленная вправо, а при установке углом назад она направлена влево.

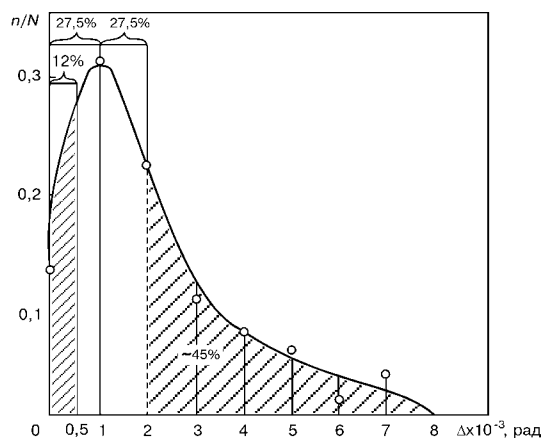


Рис. 1. Плотность распределения значений углов перекоса ходовых колес в горизонтальной плоскости: Δ — угол перекоса; N — общее количество обследованных колес; n — число колес с перекосом Δ_i .

В каждом четырехколесном кране имеется две пары колес с двумя параллельными осями. Вдоль каждой из осей равнодействующая поперечных сил скольжения может быть равна нулю, направлена вправо или влево. В случае нулевого варианта кран движется свободно, без прикасания реборд к рельсам.

Если вдоль обеих осей силы направлены в одну сторону, то имеет место одностороннее прижатие реборд колес к рельсам, если в разные — будет диагональный перекос моста.

Как показал анализ (см. рис. 3), все из 81 варианта взаимного перекоса колес можно сгруппировать в три отдельные группы сочетаний, которые соответствуют трем видам движения крана по рельсам — свободному, одностороннему и диагональному. Наблюдения за движением кранов в эксплуатации подтверждают достоверность этих выводов [1–3].

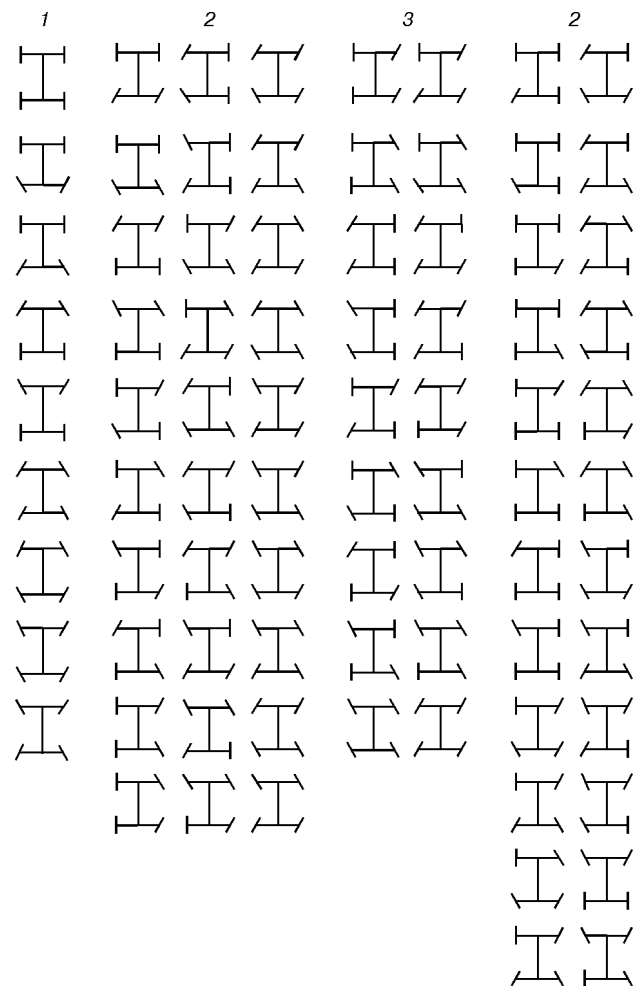


Рис. 2. Варианты взаимного расположения перекосенных колес на четырехколесном кране.

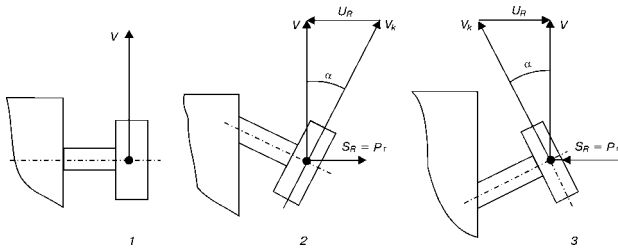


Рис. 3. Основные виды установок колес на мосту: 1 – без перекоса; 2 – углом вперед; 3 – углом назад.

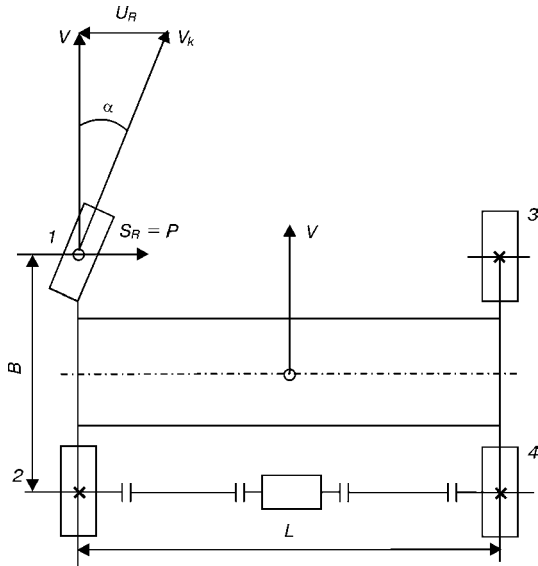


Рис. 4. Четырехколесный кран с перекошенным колесом 1.

Из сказанного выше следует, что каждая пара колес с общей осью в поперечном сечении будет иметь свою равнодействующую силу, значение и направление которой можно определить следующим образом.

Рассмотрим четырехколесный кран (рис. 4). До упора любого из колес 1 и 3 ребордой в рельс колесная пара 1 и 3 перемещается параллельно-поступательно со скоростью V , постепенно смещаясь при этом вправо. После упора ребордой в рельс любого из колес 1 и 3 дальнейшее смещение крана вправо прекращается. Угол диагонального поворота моста при таком смещении зависит от базы крана B и суммарного зазора рельс–реборда и может увеличивать перекос набегающего колеса 1. Определим угол дополнительного перекоса.

Отношение величин B/L для мостовых кранов выбирается в пределах $B/L = 1/7...1/5 = 0,143...0,200$, где B – база; L – пролет моста. При $B/L = 1/8 = 0,125$ происходит заклинивание крана при его движении по рельсам. Для $B/L = 0,2$ угол перекоса моста при диагональном развороте определяется следующим образом. Если $B = 0,2L$, а максимальный зазор между ребордой и рельсом составляет 30 мм, тогда $\alpha_1 = 0,03/B = 0,03/0,2L$, то при минимальном значении $L = 16,5$ м $\alpha_1 = 0,03/0,2 \times 16,5 = 0,009$.

Наибольший, допускаемый нормами угол перекоса составляет 0,002. При этом суммарное значение угла набегания равно $\alpha = 0,009 + 0,002 = 0,011$.

Донбас. гос. машиностроит. акад.

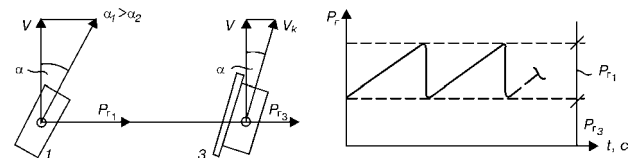


Рис. 5. График изменения силы прижатия колеса 3 (оба колеса 1 и 3 имеют перекосы в горизонтальной плоскости с углами α_1 и α_2 по часовой стрелке).

При угле перекоса $\alpha = 0,011$ упругое смещение достигает почти максимального значения, а коэффициент трения по кривой упругого скольжения составляет $f = 0,49 \approx 0,5$.

В случае упора в рельс наружной реборды колеса 1 сила прижатия в контакте $P_r = 0,5 P_B$ – вертикальная нагрузка на колесо, а распорная сила в пролете $F = 0$.

Если в рельс упирается внутренняя реборда колеса 3, то сила его прижатия в месте контакта и распорная сила в пролете моста изменяются по пилообразному закону в пределах от $P_r = 0$ до $P_r = 0,5 P_B$ (если не учитывать других возможных факторов).

Если колесо 3 имеет такой же перекос, что и колесо 1, а в рельс упирается внутренняя реборда колеса 3, то сила его прижатия в месте контакта изменяется по кривой (рис. 5), которая получается силовым замыканием от силы скольжения колеса 3, т. е. P_{r3} , вызванной его перекосом на угол α_3 и дополнительным давлением распорной силы P_r по пилообразному закону. Отсюда

$$P_{3\max} = P_{r_{\max}} + P_{r_{\max}}$$

Аналогичным образом, задав значение углов перекоса и их направление для любой пары колес, можно определить силы поперечного скольжения, действующие на кран.

Выводы

1. Количество крановых колес, имеющих точность установки в мост, недопустимую по нормативам, достигает $\approx 50\%$, что говорит о тесной корреляционной связи с количеством крановых мостов, имеющих усталостные повреждения металлоконструкции в местах установки колес. Последнее составляет $\approx 50\%$ от общего количества кранов.

2. В условиях эксплуатации наблюдается только три вида движения кранов по рельсовым путям – свободное (нормальное) и с односторонним или диагональным прижатием (нежелательные).

1. Емельянов О. А. Мостовые краны // Сварные строительные конструкции: Справочник. – Киев: Наук. думка, 1997. – Т. 2. – С. 619–673.
2. Пайер Г., Шеффлер М., Кильхорн Х. Грузоподъемные краны. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. I. – 215 с.
3. Силовое взаимодействие грузоподъемных кранов с путями / О. А. Емельянов, В. Ф. Задирака, и др. / Крамат. индустр. ин-т. – Краматорск, 1986. – 46 с. – Деп. в УК-РНИИТИ 08.01.87, УК 87.

Поступила в редакцию
02.06.2000