

## **ВКАТЫВАНИЕ ГРЕБНЯ КОЛЕСА КОЛЕСНОЙ ПАРЫ НА ГОЛОВКУ НАРУЖНОЙ РЕЛЬСОВОЙ НИТИ**

**Павел ГАВРИЛОВ**

*Докторант кафедры вагонного хозяйства факультета транспорта и машиностроения Рижского технического университета, Латвия*

Рассматривается движение грузового вагона с исправными ходовыми частями в кривой постоянного радиуса. Целью работы является анализ времени вкатывания и длины воображаемого следа при вкатывании гребня колеса колесной пары на головку наружной рельсовой нити.

Предполагая, что нагрузки  $P_1$  и  $P_2$  не являются функциями времени, попробуем определить значение разгрузки колеса 1 (рис. 1), при которой выполняется необходимое условие схода  $0 \leq P_1 \leq P_1^*$ , и время, требующееся для реализации достаточного условия вкатывания гребня колеса на головку рельса. Для расчета брались следующие значения: радиус кривой – 275 м, ширина колеи в месте схода – 1525 мм, возвышение наружного рельса – 90 мм, вес груженного вагона – 830 кН, масса колесной пары – 1440 кг, вес колесной пары – 14,4 кН, момент инерции колесной пары  $908 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , коэффициент трения скольжения – 0,25, угол  $\alpha = 30^\circ$ , радиус колеса – 0,5 м.

Определяем значение  $P_1$ , удовлетворяющее необходимому условию вкатывания гребня колеса на головку рельса.

Находим размер зазора  $\delta_0$ :

$$\delta_0 = S - 1508, \quad (1)$$

где:  $S$  – ширина колеи в месте схода.

Находим параметры  $b_2$ ,  $b_1$ ,  $2l$  для случая  $\delta_0 < 30$  мм с использованием выражений, согласно рис. 1:

$$b_2 = 168 + (60 - \delta_0); \quad (2)$$

$$b_1 = 2036 - b_2; \quad (3)$$

$$2l = 1508 + 36,4 + \delta_0, \quad (4)$$

где:  $b_2$  – расстояние от точки приложения силы  $P_2$  до круга катания;  $b_1$  – расстояние от точки приложения силы  $P_1$  до круга катания;  $2l$  – расстояние между кругами катания.

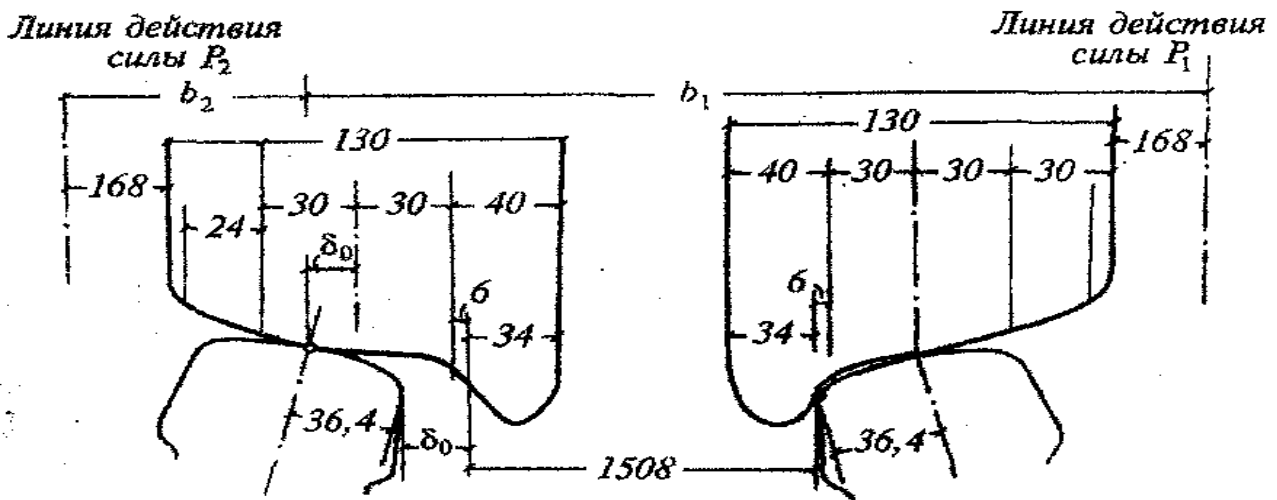


Рис. 1. Расчетная схема

Найдем рамную силу  $Y_p$  согласно выражениям:

$$Y_p = 31,5 + 26 \cdot a_n; \quad (5)$$

$$a_n = \frac{v^2}{3.6^2 \cdot R} - \frac{h}{2l} g, \quad (6)$$

где:  $a_n$  – непогашенное поперечное ускорение;  $v$  – скорость движения;  $R$  – радиус кривой;  $h$  – возвышение наружного рельса;  $2l$  – расстояние между кругами катания колес (между точками опоры колес);  $g$  – ускорение свободного падения.

Используя выражение (7), найдем  $P_1^*$ :

$$P_1^* = \frac{Cb_2 + Y_p r - Gl}{b_1 + b_2}, \quad (7)$$

где:  $G$  – вес колесной пары;  $r$  – радиус колеса, при котором  $\beta = 0$ , так как  $C = P_1 + P_2$ .

Следовательно, в области  $0 \leq P_1 \leq P_1^*$  всегда выполняется необходимое условие вкатывания гребня колеса на головку рельса. Разгрузку колеса, при которой выполняется необходимое условие, обозначим через  $\Delta$ .  $\Delta = 0,5C - P_1$ .

С использованием выражений, находим значения  $\beta, N_1, N_2$ :

$$\beta = \frac{P_2 \cdot b_2 + Y_p \cdot r - P_1 \cdot b_1 - Gl}{m(l^2 + r^2) + J_x}, \quad (8)$$

где:  $m$  – масса колесной пары;  $J_x$  – момент инерции колесной пары.

$$N_1 = \frac{P_1 b_1 + Gl + Y_p \cdot r - P_2 b_2}{2l \sin \alpha}; \quad (9)$$

$$N_2 = P_1 + P_2 + G - N_1 \sin \alpha. \quad (10)$$

С использованием выражения определяем

$$\xi = 4\mu \frac{l^2 (N_1 + N_2 \sin^2 \alpha)}{[m(l^2 + r^2) + J_x]v \cdot \cos^2 \alpha}, \quad (11)$$

где:  $\mu$  – коэффициент трения скольжения.

Находим  $\xi$  для случая, когда колесо 2 осуществляет чистое качение, и  $\xi$  для случая, когда оба колеса колесной пары осуществляют качение со скольжением.

Для первого случая

$$\xi = 4\mu \frac{l^2 \cdot N_1}{[m(l^2 + r^2) + J_x]v \cdot \cos^2 \alpha}. \quad (12)$$

Для второго случая

$$\xi = 4\mu \frac{l^2 (N_1 + N_2 \sin^2 \alpha)}{[m(l^2 + r^2) + J_x]v \cdot \cos^2 \alpha}. \quad (13)$$

Подставляем значение  $v$  в выражение  $z = (2l\beta / v^2)(chvt - 1)$ .

Строя график функции  $z = z(t)$ , т. е. зависимости между высотой  $z$ , на которую поднимается колесо при вкатывании на головку рельса, и временем  $t$  при условии, что имеет место собственное вращение колесной пары ( $\varphi \neq 0$ ), а сопротивление движению в поперечном к оси пути направлении отсутствует.

Далее, используя значения  $\xi$ , когда колесо осуществляет чистое качение и когда оба колеса колесной пары осуществляют качение со скольжением, подставляем в выражение:

$$z = (2l\beta / \xi^2) \cdot [\xi \cdot t - (1 - e^{-\xi})]. \quad (14)$$

**Таблица 1.** Таблица результатов вычислений

Скорость, $v$ (км/ч)	10 км/ч	15 км/ч	20 км/ч	25 км/ч
1. Кривые $Z$ , $v$ ( $c^{-1}$ )	2,39	5,08	6,78	7,24
Время вкатывания $t^*$ (с)	0,265	0,17	0,165	0,135
Длина воображаемого следа $L$ (м)	1,285	0,950	0,903	0,703
2. Кривые, когда колесо 2 осуществляет чистое качение, $\xi$ ( $c^{-1}$ )	3,65	2,50	1,55	1,91
Время вкатывания $t^*$ (с)	0,330	0,245	0,181	0,145
Длина воображаемого следа $L$ (м)	1,320	1,212	1,006	0,805
3. Кривые, когда оба колеса колесной пары осуществляют качение со скольжением, ( $c^{-1}$ )	12,50	8,38	5,10	5,02
Время вкатывания $t^*$ (с)	0,550	0,220	0,2	0,155
Длина воображаемого следа $L$ (м)	1,530	1,170	1,112	0,850

На основании вычислений, приведенных в таблице 1, строим графики функций  $z = z(t)$ , т. е. зависимости между высотой  $z$ , на которую поднимается колесо при вкатывании на головку рельса, и временем  $t$  в предположении, что собственное вращение колесной пары отсутствует ( $\varphi = 0$ ).

Предположим, что высота  $f$  равна 18 мм, т. е. высоте гребня колеса, отсчитанной от расчетной плоскости.

На рис. 2 представлены кривые скорости в зависимости от времени. Здесь  $Z$  – кривая при скорости 20 км/ч;  $Z_1$  – кривая при скорости 25 км/ч;  $Z_2$  – кривая при скорости 15 км/ч;  $Z_3$  – кривая при скорости 10 км/ч;  $d_1, d_3, d_5, d_7$  – колесо 2 осуществляет чистое качение;  $d_2, d_4, d_6, d_8$  – оба колеса колесной пары осуществляют качение со скольжением.

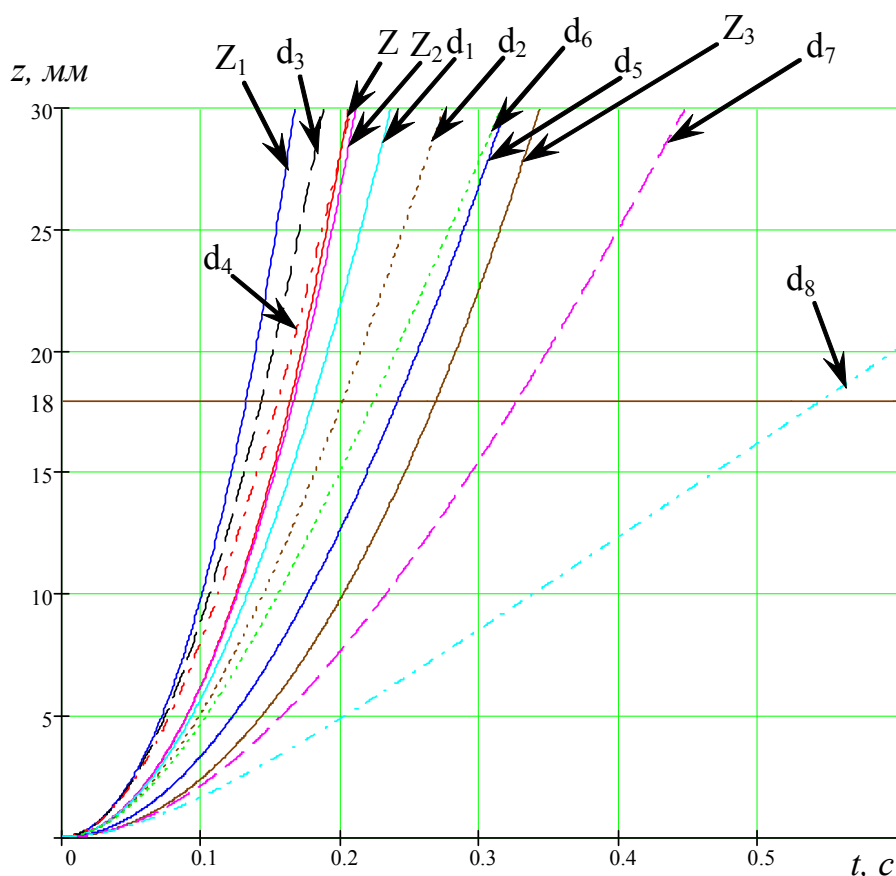


Рис. 2. Кривые скорости в зависимости от времени

## Выводы

Анализируя результаты вычислений, можно сделать вывод, что во всех случаях время вкатывания  $t^*$  и длина воображаемого следа  $L$  при увеличении скорости уменьшаются:

1. При скорости 15 км/ч время вкатывания уменьшается в 1,5 раза, а длина воображаемого следа в 1,35 раза, при скорости 20 км/ч время вкатывания уменьшается в 1,6 раза, а длина воображаемого следа в 1,42 раза.

2. При скорости 25 км/ч время вкатывания уменьшается в 2 раза, а длина ображаемого следа в 1,81 раза.

При частичной нагрузке колеса  $P_2 = 0,2 \cdot P_1$  также возможно вкатывание колеса на рельс.

### **Литература**

1. Сокол, Э. Н. 2002. *Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава*. Киев: Транспорт Украины. 357 с.
2. Вериги, М. Ф.; Коган, А. Я. 1986. *Взаимодействие пути и подвижного состава*. Москва: Транспорт. 559 с.
3. Вершинский, С. В.; Данилов, В. Н.; Хусидов, В. Д. 1991. *Динамика вагонов*. Москва: Транспорт. 360 с.