

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.482

**ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЫ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ
ПОД ПОЕЗДОМ**

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

В настоящее время экспериментально [1] и теоретически [4, 7] обоснованы условия устойчивости температурно-напряженного железнодорожного пути при отсутствии поездной нагрузки. Они использованы для разработки технических указаний [6, 8] при назначении минимальных и максимальных температур укладки длинных рельсовых плетей.

Опыт применения бесстыкового пути на железных дорогах СССР и в других странах [2] показал возможность выброса рельсошпальной решетки в зоне идущего поезда, что ранее считалось маловероятным. Для обеспечения безопасного движения поездов по участкам температурно-напряженного железнодорожного пути необходимо изучить условия его выброса под поездом, хотя бы применительно к простейшей модели, с учетом влияния двух факторов: увеличения сил сопротивления поперечному сдвигу шпал в балласте и воздействия на путь (помимо вертикальной нагрузки) существенных боковых сил. Одновременно можно предположить, что влияние начальных неровностей оси рельсошпальной решетки на ее устойчивость под поездом значительно меньше, чем в случае отсутствия поездной нагрузки.

Исходя из этих предпосылок, рассмотрим зависимость между действующей на путь температурной сжимающей силой P и приложенной к нему поперечной нагрузкой N . Для этого используем методику решения аналогичной задачи [3] по определению устойчивости рельсошпальной решетки при ее рихтовке или подъеме.

Участок температурно-напряженного пути без неровностей, искривленный в горизонтальной плоскости, заменим балкой равновеликой жесткости EI (рис. 1). Положим, что интенсивность q поперечных сил постоянна по длине участка. Реактивные моменты в узлах рельсошпальной решетки не учитываем. Действие отброшенных частей пути заменим реакциями P и R . Сжимающая сила P при прочих равных условиях зависит от приращения температуры рельсов Δt после укладки:

$$P = \frac{1}{2} E \alpha \omega \Delta t, \tag{1}$$

где E — модуль упругости для стали;
 α — коэффициент линейного расширения стали;
 ω — площадь поперечного сечения двух рельсов.

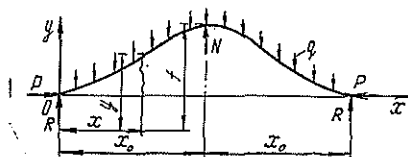


Рис. 1. Расчетная схема.

Вторую составляющую R определим из условия статического равновесия участка длиной $2x_0$:

$$R = qx_0 - 0,5N. \quad (2)$$

Используя обычные методы строительной механики при начальных условиях $y(0) = 0$ и $y'(0) = 0$, получаем уравнение изогнутой оси рельсошпальной решетки

$$y = \left(\frac{N}{2k^3EI} - \frac{nx_0}{k^3} \right) (\sin kx - kx) - \frac{n}{k^4} (\cos kx - 1) - \frac{nx^2}{2k^2}, \quad (3)$$

где $n = q/EI$; $k = \sqrt{P/EI}$.

Параметр k (а затем силу P) определяем из условия $y'(x_0) = 0$, отсюда

$$\frac{q}{k} (\sin kx_0 - kx_0 \cos kx_0) = N \sin^2 \frac{kx_0}{2}. \quad (4)$$

Графики зависимости силы P от стрелы прогиба участка f (которую найдем из уравнения (3) при $x = x_0$) приведены на рис. 2. Они показывают, что при $N \neq 0$ с увеличением f сила P возрастает от нуля, достигает максимума и затем падает. Максимуму соответствует выброс пути.

В реальных условиях температурная сила на каждом участке пути — величина заданная, а сила N при движении по участку подвижного состава — переменная. Графики зависимости $N(f)$ приведены на рис. 3. Они показывают, что при каждом значении P сила N для некоторого f также имеет максимум.

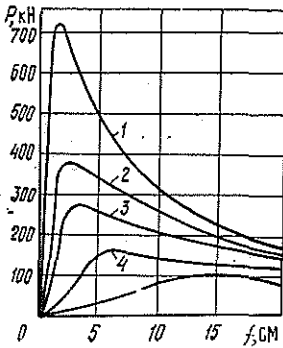


Рис. 2. Зависимость между сжимающей силой P и стрелой прогиба изогнутого участка f при значениях поперечной силы N , равных 4 (1), 5 (2), 6 (3), 8 (4) и 10 кН (5)

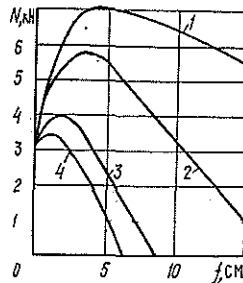


Рис. 3. Зависимость между поперечной силой N и стрелой прогиба изогнутого участка f при значениях сжимающей силы P , равных 200 (1), 300 (2), 400 (3) и 500 кН (4)

Используем математическое условие максимума: $\partial k / \partial x_0 = 0$. Дифференцируя уравнение (4), получаем

$$\left(\frac{q}{k} kx_0 - N \right) \sin kx_0 = 0. \quad (5)$$

В этом уравнении выражение $q(kx_0)/k - N \neq 0$, так как в противном случае $qx_0 = N$, т. е. $R = 0$, что противоречит исходным предположкам. Следовательно, $\sin kx_0 = 0$, отсюда $kx_0 = \pi$. Подставляя это значение в уравнение (4), получаем

$$\frac{q}{k} \pi = N,$$

откуда критическая сжимающая сила

$$P_{1кр} = \frac{\pi^2 q^2 EI}{N^2}. \quad (6)$$

Рассмотрим зависимость $P_{кр}$ от N и q на примере, приняв для верхнего строения пути лесовозных УЖД $EI = 1,28 \cdot 10^9$ Н/см². Значения N и q из-за отсутствия экспериментальных данных варьируем в заведомо широком диапазоне. Результаты расчетов приведены в таблице.

q , Н/см	N , кН	P , кН	f , см	x_0 , см
10	2,5	202,1	0,626	250
	5,0	50,5	10,0	500
	7,5	22,4	50,8	750
	10,0	12,6	160,0	1000
20	2,5	808,5	0,078	125
	5,0	202,1	1,253	250
	7,5	89,8	6,344	375
	10,0	50,5	20,05	500
40	2,5	3 234,1	0,0098	62,5
	5,0	808,5	0,157	125,0
	7,5	359,3	0,799	187,5
	10,0	202,1	2,506	250,0
60	2,5	7 276,7	0,0029	41,7
	5,0	1 819,2	0,0464	83,3
	7,5	808,5	0,235	125,0
	10,0	454,8	0,743	166,7
80	2,5	12 936,3	0,00122	31,25
	5,0	9 234,1	0,0196	62,50
	7,5	1 437,4	0,0991	93,75
	10,0	808,5	0,313	125,00
100	2,5	20 213,0	0,0006	25
	5,0	5 053,2	0,0100	50
	7,5	2 245,9	0,0507	75
	10,0	1 263,3	0,160	100

Геометрическое место сил $P_{1кр}$ представляет собой поверхность, изображенную на рис. 4.

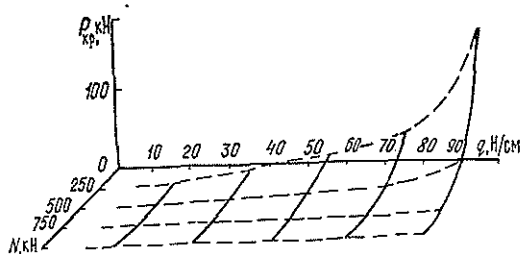


Рис. 4. Геометрическое место критических сил $P_{кр}$ при различных значениях поперечной силы N и интенсивности сил сопротивления q

Для прямых участков пути лесовозных УЖД, не находящихся под воздействием поезда нагрузки, критическая сжимающая сила $P_{2кр}$ составляет около 600 кН. Очевидно, что эта величина должна быть принята за исходную при определении условий устойчивости рельсошпальной решетки под поезда нагрузкой, т. е. $P_{1кр} \geq P_{2кр}$. Для рассматриваемого примера этому условию удовлетворяют не все вари-

анты сочетаний N и q , а только некоторые из них, характеризующиеся достаточно большими значениями q и малыми N .

Оценим косвенно диапазон изменения q с использованием данных работы [5]. Положим, что зависимость сопротивления балласта перемещению шпал поперек пути R_1 от нагрузки на шпалу $Q_{ш}$ имеет вид

$$R_1 = 10(R_0 + CQ_{ш}^m), \quad (7)$$

где R_0 , C и m — эмпирические коэффициенты, зависящие от типа и состояния балластного материала.

Для свежееуложенного среднезернистого балласта начальное сопротивление сдвигу R_0 составляет 14,4 Н, коэффициенты $C = 127,3$ Н; $m = 0,203$. Вычисляем $R_1 = 2430,8$ Н, отсюда при числе шпал 1625 на 1 км имеем $q = 39,5$ Н/см.

Используя данные таблицы, находим, что устойчивость пути под поездом гарантируется при $N \leq 5$ кН. Если $q < 40$ Н/см и $N < 5$ кН, выброс принципиально возможен (но не обязателен). В случае $N > 5$ кН выброс возможен и при $P_{2кр} < 600$ кН, т. е. при отсутствии поезда на грузки рельсошпальная решетка устойчива, а под воздействием поезда может произойти ее выброс.

Для более конкретного решения задачи необходимо знать фактические значения q и N , которые определяются экспериментально, а также приблизить расчетную схему к реальным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бромберг Е. М. Экспериментальное изучение устойчивости бесстыкового пути // Тр. / ВНИИЖТ.— 1962.— Вып. 244.— С. 129—163. [2]. Зоткин Н. М. Определение преобладающего влияния продольных и поперечных сил взаимодействия на устойчивость бесстыкового пути: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1991.— 24 с. [3]. Морозов С. И. О возможности выброса бесстыкового пути при его подъеме // Лесн. журн.— 1969.— № 6.— С. 59—61.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Морозов С. И. Аналитическое определение критической силы для температурно-напряженного железнодорожного пути на прямых участках // Лесн. журн.— 1982.— № 2.— С. 60—68.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Морозов С. И. О методике определения удерживающей силы противоугольных средств // Лесн. журн.— 1988.— № 2.— С. 28—33.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Морозов С. И., Попов М. В. Расчет температурных режимов укладки сварных рельсовых плетей на лесовозных железных дорогах узкой (750 мм) колес: Методич. указания к курсовому и дипломному проектированию.— Архангельск: РИО АЛТИ.— 1990.— 28 с. [7]. Першин С. П. Температурные воздействия на рельсовый путь и их влияние на его устройства и условия эксплуатации // Тр. / МИИТ.— 1969.— Вып. 318.— С. 3—135. [8]. Технические указания по укладке и содержанию бесстыкового пути / ВНИИЖТ.— М.: Транспорт, 1982.— 156 с.

Поступила 19 июня 1991 г.

УДК 630*323.2.001.12

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ ДЕРЕВА

В. И. ВАРАВА, Н. А. ГУЦЕЛЮК, С. В. СПИРИДОНОВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Ранее* авторами было выполнено моделирование механизма вертикальной протяжки дерева и дан анализ его пуска и торможения. Здесь приведен анализ процесса для другого исполнения механизма. Верти-

* Варова В. И., Гуцелюк Н. А., Спиридонов С. В. Моделирование процесса вертикальной протяжки ствола и обрезки сучьев дерева // Лесн. журн.— 1989.— № 5.— С. 45—50.— (Изв. высш. учеб. заведений).