

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.482

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР  
УКЛАДКИ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ  
НА ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, А. В. ЯРОСЬ

Архангельский лесотехнический институт

В статье рассмотрена задача по определению минимальных температур укладки рельсовых плетей на прямых участках лесовозных УЖД по условию устойчивости рельсошпальной решетки против выброса.

Как известно [1], применение длинных сварных рельсовых плетей и бесстыкового пути способствует улучшению состояния его верхнего строения, снижению расходов на текущее содержание, увеличению срока службы рельсов и шпал, повышению скорости движения поездов и уменьшению эксплуатационных расходов. Теоретические и экспериментальные исследования [2] подтверждают возможность, необходимость и целесообразность применения сварных рельсовых плетей на лесовозных УЖД.

Главной особенностью сварного (температурно-напряженного) железнодорожного пути (по сравнению с обычной конструкцией звеньевоего пути) является действие в рельсах температурных сжимающих и растягивающих сил. Они могут достигать больших значений и в летнее время при определенных условиях приводить к выбросу рельсошпальной решетки в результате ее продольно-поперечного изгиба. Чтобы исключить возможность выброса и обеспечить достаточную прочность рельсов при действии на них поездной нагрузки и температурных сил, необходимо рассчитать значение минимальной температуры укладки  $t_{y \min}$ .

Согласно [4] минимальную температуру укладки определяют по формуле

$$t_{y \min} = t_{p \max} - P_{кр} / (E\alpha\omega), \quad (1)$$

где  $t_{p \max}$  — максимально возможная температура рельса в летних условиях;

$P_{кр}$  — температурная сжимающая сила, приводящая к выбросу рельсошпальной решетки (критическая сила);

$E, \alpha, \omega$  — соответственно модуль упругости для стали, ее температурный коэффициент и удвоенная площадь поперечного сечения рельса.

Максимальную температуру рельса обычно вычисляют по формуле

$$t_{p \max} = t_{в} + 20^{\circ}, \quad (2)$$

где  $t_{в}$  — максимально возможная температура воздуха по данным многолетних наблюдений метеостанциями и метеопостами.

Для железных дорог широкой колеи значение  $P_{кр}$  было найдено экспериментально на стенде ЦНИИ МПС, а для лесовозных УЖД —

аналитически. Методика такого расчета приведена в работе [3]. Она состоит в том, что для определения  $P_{кр}$ ,  $H$ , на прямых участках пути необходимо решить систему уравнений

$$P_{кр} = 16,02 \sqrt{Q_0 N I_1 \Delta_1 / f_0}; \quad (3a)$$

$$C f^a / Q_0 = -\lambda_1 / \lambda_2; \quad (3б)$$

$$f = f_0 \Delta_3, \quad (3в)$$

где  $Q_0$ ,  $C$ ,  $a$  — параметры эмпирической зависимости силы сопротивления балласта сдвигу шпал поперек пути от ее сдвига (размерность  $Q_0$ ,  $C$  — Н);

$N$  — число шпал на 1 км пути;

$I_1$  — удвоенный момент инерции рельса при изгибе его в горизонтальной плоскости,  $см^4$ ;

$f_0$  — стрела прогиба начальной неровности оси пути, см;

$f$  — стрела прогиба рельсошпальной решетки в момент выброса, см;

$\Delta_1$ ,  $\Delta_3$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  — вспомогательные величины.

Значения  $f_0$  рассчитывают по формуле

$$f_0 = 10,63 \sqrt[3]{\frac{I_y}{(Q_0 + C f_0)^a N}}, \quad (4)$$

где  $I_y$  — момент инерции одного рельса при изгибе в горизонтальной плоскости.

Так как вспомогательные величины зависят от  $P_{кр}$ , то система уравнений (3) является нелинейной. Ее приходится решать по методу приближений с помощью ЭВМ. Имеющаяся программа решения неудобна для практического применения.

В целях поиска более простых зависимостей нами выполнены расчеты  $P_{кр}$  по системе уравнений (3) для пути, уложенного рельсами Р24 на деревянных шпалах II типа и шести основных типов балласта при изменении числа шпал  $N$  от 1600 до 2100 на 1 км. По данным расчета установлено, что для всех типов балласта зависимость  $P_{кр}$  от  $N$  имеет вид, показанный на рис. 1. Она хорошо (с точностью до  $\pm 1\%$ ) аппроксимируется полиномом второй степени

$$P_{кр} = a + bN + cN^2. \quad (5)$$

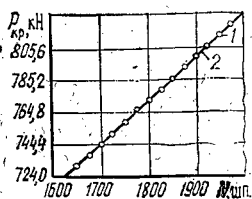


Рис. 1. Зависимость  $P_{кр}$  от  $N$  для песчаного среднезернистого балласта: 1 — расчетные точки, полученные при решении системы уравнений (3); 2 — аппроксимирующая кривая

Значения коэффициентов полинома для отдельных типов балласта приведены в табл. 1.

Эти коэффициенты даны для двух состояний балласта: свежеложенного и плотного. Первое состояние имеет место непосредственно после укладки сварных плетей, второе — после стабилизации балласта в процессе эксплуатации пути. За расчетное принимается первое состояние, так как на плотном балласте рельсошпальная решетка более устойчива. Следовательно, если не произойдет выброса на свежело-

Таблица 1

Тип балласта	Коэффициенты полинома		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Песок: мелкозернистый	144 724,6	274,79	-0,02044
	159 766,3	310,07	-0,02276
среднезернистый	177 335,7	330,59	-0,02490
	195 734,6	369,67	-0,02732
крупнозернистый	213 563,7	368,87	-0,02831
	341 481,7	593,89	-0,04596
Гравий: I сорта	264 862,8	470,68	-0,03589
	334 620,0	581,91	-0,04519
II »	228 721,2	415,06	-0,03128
	291 681,0	512,45	-0,03903
Щебень	197 118,7	362,39	-0,02724
	224 688,3	403,06	-0,03075

Примечание. В числителе — данные для свежееуженного, в знаменателе — для плотного балласта.

женном балласте, то тем более его не будет при дальнейшей эксплуатации пути.

Уравнение (5) позволяет легко вычислить критическую силу для различных условий. Очевидно, что оно более удобно, чем система уравнений (3), и выражает сравнительно простую связь между  $P_{кр}$  и  $N$ . Аналогичный вид имеет зависимость  $P_{кр}(N)$  и для других конструкций верхнего строения пути, отличаясь, естественно, только значениями коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$ .

В табл. 2 приведены результаты вычислений  $P_{кр}$  по формуле (5).

Таблица 2

Тип балласта	Значения $P_{кр}$ , кН, при числе шпал на 1 км			
	1625	1750	1875	2000
Песок: мелкозернистый среднезернистый крупнозернистый	537,3	563,0	588,1	612,5
	648,8	679,6	709,7	738,9
	738,2	772,4	805,6	838,0
Гравий: I сорта II »	883,7	927,3	969,9	1011,4
	820,6	859,3	897,0	933,7
Щебень	714,1	747,9	780,8	812,9

Эти данные позволяют сделать следующие выводы:

с повышением качества балласта устойчивость пути против выброса в общем случае возрастает;

при использовании щебеночного балласта на пути с деревянными шпалами критическая сила несколько меньше, чем при песчаном крупнозернистом, и существенно меньше, чем при гравийном балласте I и II сорта;

почти для всех типов балласта кроме песчаного мелкозернистого критическая сила достаточно велика и обеспечивает нормальную эксплуатацию температурно-напряженного железнодорожного пути на лесовозных УЖД.

Дальнейшее решение задачи по вычислению минимальной температуры укладки трудностей не вызывает.

По данным работы [3] можно установить, что для основных лесозаготовительных районов в зоне действия лесовозных УЖД максимальная температура рельсов изменяется в диапазоне от 50 до 60 °С. На рис. 2 приведена гистограмма температур в указанном диапазоне. Их распределение близко к нормальному. Среднее значение  $\bar{t}_{p \max}$  составляет 55,8 °С, средняя квадратичная погрешность  $\sigma_t = 3,42$  °С.

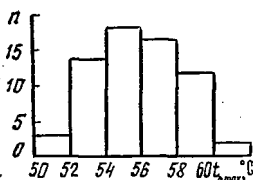


Рис. 2. Гистограмма распределения максимальных температур рельса:  $n$  — число случаев

Таблица 3

Тип балласта	Значения $t_{y \min}$ , °С, при числе шпал на 1 км			
	1625	1750	1875	2000
Песок:				
мелкозернистый	21,0	18,3	17,7	16,1
среднезернистый	13,8	11,8	10,8	7,9
крупнозернистый	8,0	6,8	3,6	2,5
Гравий:				
I сорта	1,4	-3,2	-7,0	-9,7
II »	2,6	0,1	-2,6	-4,7
Щебень	9,5	7,3	6,6	3,1

В табл. 3 даны значения  $t_{y \min}$  для  $\bar{t}_{p \max} = 55,8$  °С.

Можно отметить, что в большинстве случаев (за исключением песчаного мелкозернистого балласта) значения  $t_{y \min}$  достаточно малы и не влияют на работу температурно-напряженного пути лесовозных УЖД. На пути с песчаным мелкозернистым балластом укладка сварных рельсов возможна только при довольно высоких температурах, что ограничивает сроки производства работ в летних условиях.

Как видно из табл. 3, с увеличением числа шпал на 1 км минимальная температура укладки уменьшается. Однако повышение устойчивости рельсошпальной решетки за счет увеличения расхода древесины нельзя признать эффективным способом. Нами установлено [3], что более рационально уширение плеча балластной призмы до 25...35 см, что также повышает стабильность рельсошпальной решетки.

В каждом конкретном случае минимальную температуру укладки вычисляют отдельно с помощью уравнений (1) и (5).

Таким образом, приведенные формулы позволяют рассчитать минимальную температуру укладки сварных рельсовых плетей. Максимально возможная температура укладки определяется из условия прочности верхнего строения пути и в данной статье не рассматривается. В первом приближении ее можно принять на 10 °С большей, чем  $t_{y \min}$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бесстыковой путь / В. Г. Альбрехт, Е. М. Бромберг, Н. Б. Зверев и др.— М.: Транспорт, 1982.— 206 с. [2]. Морозов С. И., Попов М. В. Узкоколейным дорогам — бесстыковой путь // Промышленный транспорт.— 1988.— № 10.— С. 16—