

лая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 299 с. [3]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. О влиянии режимов работы пробужных машин на показатели долговечности канатов // Стальные канаты.— Киев, 1972.— Вып. 9.— С. 102—105. [4]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. К обоснованию величины запаса прочности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок и канатных дорог // Лесн. журн.— 1974.— № 3.— С. 41—46.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Технические условия использования канатов подвесных лесотранспортных установок и повышение сроков их службы.— Львов: ЛЛТИ, 1975.— 20 с. [6]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатный транспорт леса и резервы повышения его эффективности // Лесн. журн.— 1982.— № 4.— С. 34—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Волошин В. И., Жиряков А. И. Изгибная жесткость стальных канатов // Подъемно-транспортное оборудование.— Киев, 1983.— Вып. 14.— С. 59—64. [8]. Динник А. Н. О зависимости прочности каната от числа оборванных проволок // Безопасность труда в горной промышленности.— 1935.— № 11.— С. 11—15. [9]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны.— 2-е изд.— М.; Л.: Машгиз, 1938.— 400 с. [10]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.; Л.: Машиностроение, 1966.— 484 с. [11]. Ковальский Б. С. Потери на блоках канатных полиспастов // Вестн. машиностроения.— 1965.— № 10.— С. 34—37. [12]. Мартынцив М. П. Исследование нагрузок на ходовые колеса грузовых кареток и их влияние на работу несущего каната: Дис... канд. техн. наук.— Львов, 1980.— 312 с. [13]. Мищенко А. А. Об определении сопротивления передвижению колеса грузовой каретки по несущему канату подвесных лесотранспортных установок // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 35—41.— (Изв. высш. учеб. заведений). [14]. Похольченко А. С. Экспериментальное определение усилий вытяжки проволок и коэффициента трения в канатах двойной свивки // Стальные канаты.— Киев, 1969.— Вып. 6.— С. 123—126. [15]. Прохоренко А. Г. Напряжения изгиба в несущих канатах открытого типа // Стальные канаты.— Киев, 1967.— Вып. 4.— С. 172—176. [16]. Blakeborough A., Cullimore M. S. G. Fretting in the Fatigue of Wire Rope // Adv. Fract. Res. Proc. 6th Int. Conf. Fract. (ICF 6).— New Delhi, 4—10 Dec., 1984.— Vol. 3; Oxford, 1984.— P. 2133—2141. [17]. Isaaksen I. Die Beanspruchung von Drahtseilen // Z.-VDI.— 1907.— Bd. 51, N 17.— S. 652—657. [18]. Rubin A. Personen-Seilschwebbahnen, Bauart Bleichert-Zuegg // Z.-VDI.— 1926.— Bd. 70, N 5.— S. 1755—1771. [19]. Schmidt K. Die Sekundäre Zugbeanspruchung der Drahtseile aus der Biegung // Fortschr.-Ber. VDI.-Z.— 1965, N 2.— S. 2—180. [20]. Woernle R. Drahtseilforschung // Z.-VDI.— Bd. 78, N 52.— S. 1492—1498.

Поступила 5 сентября 1988 г.

УДК 625.143.482

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Сварной (температурно-напряженный) железнодорожный путь, уложенный длинными рельсовыми плетями (300 м и более), позволяет стабилизировать техническое состояние верхнего строения пути лесовозных УЖД, уменьшить затраты на его ремонт и содержание. Фактический годовой экономический эффект от замены звеньевоего пути сварными рельсовыми плетями составляет 0,8 тыс. р. на 1 км для прямых участков пути и до 1,5 тыс. р. на 1 км — для кривых.

В настоящее время на лесовозных УЖД рельсы в плети сваривают вручную электродуговым способом. В 1988 г. будет изготовлен опытный образец комплекса для контактной сварки рельсов, который позволит повысить прочность сварного стыка до прочности целого рельса, а производительность работ в 8—10 раз. При поступлении этих комплексов на лесовозные УЖД, которое намечено на 1989 г. и последующие годы, темпы внедрения сварного пути существенно возрастут.

Для эффективного использования сварочных комплексов необходимо заблаговременно осуществить определенные организационно-техни-

Таблица 1

kx_0	f , см	f_0 , см	Значение $P_{кр}$, кН, для Р24 при N , шпал/км				Значение $P_{кр}$, кН, для Р33 при N , шпал/км					
			1 625		1 875		2 000		1 625		2 000	
			1 625	1 750	1 875	2 000	1 625	1 750	1 875	2 000		
3,191	0,1175	0,1149	1 053,9	1 093,7	1 132,1	1 169,2	1 703,4	1 767,7	1 829,8	1 889,8		
3,192	0,1749	0,1712	895,6	929,4	962,0	993,6	1 447,6	1 502,2	1 554,9	1 605,9		
3,193	0,2668	0,2606	754,7	783,2	810,7	837,3	1 219,9	1 265,9	1 310,3	1 353,3		
3,194	0,4165	0,4074	629,7	653,5	676,4	698,6	1 017,8	1 056,2	1 093,3	1 129,1		
3,195	0,6720	0,6574	519,1	538,7	557,6	575,9	839,1	870,8	901,3	930,9		
3,196	1,1266	1,1020	421,8	437,7	453,1	468,0	681,8	707,5	732,4	756,4		

Таблица 2

Тип балласта	Состояние балласта			
	Свежеуложенный		Плотный	
	A_0	K	A_0	K
Песок мелкозернистый	-1,035947	-0,41755	1,141777	-0,43173
» среднезернистый	1,215246	-0,40507	1,30985	-0,42063
» крупнозернистый	1,385432	-0,37133	2,056709	-0,36413
Щебень	1,31381	-0,40392	1,45204	-0,39025

ческие мероприятия, в число которых входит отработка технологии укладки сварных рельсовых плетей и методики расчета температурно-напряженного режима рельсовых плетей в целях предотвращения их выброса летом при высоких температурах.

В статье приведена практическая методика расчета критической сжимающей силы для верхнего строения пути лесовозных УЖД.

Основные положения расчета допустимой температурной сжимающей силы на прямых участках лесовозных УЖД изложены в работе [1].

Используя приведенные в ней зависимости, можно рассчитать значения $P_{кр}$ для различных условий. Результаты одного из таких расчетов приведены в табл. 1, где kx_0 — расчетный параметр, f_0 — стрела прогиба начальной неровности оси пути, f — стрела прогиба оси пути при выбросе рельсошпальной решетки, $P_{кр}$ — допускаемое значение кри-

тической силы, N — число шпал на 1 км пути. Шпалы деревянные II типа, балласт — свежееуложенный среднезернистый песок.

Для данных, приведенных в табл. 1, а также для других конструкций пути лесовозных УЖД зависимость между $P_{кр}$ и f_0 хорошо аппроксимируется уравнением

$$P_{кр} = A_0 \sqrt{IN} f_0^K, \quad (1)$$

где A_0 и K — расчетные параметры, зависящие от типа балласта;

I — момент инерции рельса в горизонтальной плоскости, см⁴.

Значения A_0 и K для отдельных типов балласта приведены в табл. 2 (шпалы деревянные II типа).

Уравнение (1) показывает, что значение $P_{кр}$, помимо прочих факторов, зависит от стрелы прогиба начальной неровности оси пути. Для пути, уложенного рельсами Р24 на песчаном среднезернистом балласте при $N = 1750$ шпал/км, расчетное значение f_0 составляет 0,4 см [4]. Так как для других конструкций пути экспериментальные данные по $P_{кр}$ и f_0 отсутствуют, то для определения в этих условиях значения f_0 можно применить расчетный метод, основанный на использовании формул подобия, приведенных в работе [2]. В частности, для линейных величин формула подобия имеет вид

$$f_0 = f_{01} \sqrt[3]{\frac{q_1 I}{q I_1}}, \quad (2)$$

где индексом 1 обозначены значения величин для рассматриваемой конструкции верхнего строения пути.

Значения q_1 и q определяют по данным экспериментов по формулам

$$q_1 = (Q_{01} + C_1 f_{01}^{a_1}) N \cdot 10^{-5}; \quad (3)$$

$$q = (Q_0 + C f_0^a) N \cdot 10^{-5}, \quad (4)$$

где Q_0 , Q_{01} , C , C_1 , a , a_1 — параметры экспериментальной зависимости $Q = Q(f)$.

Для свежееуложенного песчаного среднезернистого балласта имеем $Q_{01} = 137$ Н, $C_1 = 891$ Н/см, $a_1 = 0,23$. Принимая $f_{01} = 0,4$ см и $N_1 = 1750$ шпал/км, получим:

$$q = (137 + 891 \cdot 0,4^{0,23}) 1750 \cdot 10^{-5} = 15,0271 \text{ Н/см.}$$

Поставим это значение, а также $f_{01} = 0,4$ см, $I_1 = 80$ см⁴ и выражение (4) в уравнение (2):

$$f_0 = 0,4 \sqrt[3]{\frac{15,0271 \cdot 10^5 I}{80 (Q_0 + C f_0^a)}} = 10,633 \sqrt[3]{\frac{I}{(Q_0 + C f_0^a) N}}. \quad (5)$$

По уравнению (5) можно вычислить значение f_0 для заданной конструкции верхнего строения пути. Так как эта величина входит в обе части уравнения (5), причем в правой части в нелинейном виде, то решение удобно выполнять методом итераций, который быстро сходится, потому что $f_0 < 1$. В большинстве случаев достаточно выполнить четыре итерации в такой последовательности:

задать произвольное начальное значение f_0 (например, $f_0 = 0,4$ см);

подставить это значение в правую часть уравнения (5) и вычислить новое значение f_0 ;

если заданное первоначально и вычисленное значение f_0 существенно различаются, то принять вычисленное значение за начальное и повторить цикл;

если разность между ними меньше заданной точности, то вычисление заканчивают.

Найдя расчетное значение f_0 для заданной конструкции верхнего строения пути, определяют $P_{кр}$ по уравнению (1).

Все вычисления легко запрограммировать для расчета на ЭВМ. Программа для микроЭВМ МК-56 (БЗ-34) имеет вид:

Номера команд										
Единицы										
Десятки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП9	$F \ln$	ИП3	×	$F e^x$	ИП2	×	ИП1	+	ИП4
1	×	$F 1/x$	ИП5	×	$F \ln$	3	÷	$F e^x$	ИП6	×
2	П9	$F L_0$	00	С/П	$F \ln$	ИП7	×	$F e^x$	ИП8	×
3	Па	ИП4	ИП5	×	$F \sqrt$	ИПа	×	С/П	ИП9	С/П

Распределение ячеек памяти: (0) = 4 (счетчик циклов); (1) = $= Q_0$; (2) = C ; (3) = a ; (4) = N ; (5) = I ; (6) = 10,633; (7) = K ; (8) = A_0 ; (9) = 0,4.

Вводя исходные данные и нажимая клавишу С/П, начинаем процесс вычислений. После его окончания на экране высвечивается значение $P_{кр}$, кН, при повторном нажатии клавиши С/П — значение f_0 , см.

При вычислении $P_{кр}$ и f_0 необходимо знать значения Q_0 , C и a , характеризующие сопротивление балласта поперечному сдвигу шпал. Эти значения определяют экспериментально. Для некоторых типов балласта, применяемых на лесовозных УЖД, расчетные значения Q_0 , C и a приведены в табл. 3 (шпалы деревянные II типа).

Таблица 3

Тип балласта	Свежеуложенный балласт			Плотный балласт		
	$Q_0, Н$	$C, Н$	a	$Q_0, Н$	$C, Н$	a
Песок мелкозернистый	103	638	0,20	311	588	0,24
» среднезернистый	137	891	0,23	415	785	0,29
» крупнозернистый	280	1 126	0,38	343	2 700	0,33
Щебень	311	910	0,30	390	1 140	0,36

Результаты вычислений f_0 и $P_{кр}$ для отдельных конструкций пути приведены в табл. 4.

Значения f_0 можно использовать для обоснования требований к допустимым значениям стрел прогибов оси рельсошпальной решетки, уложенной сварными рельсовыми плетями, а значения $P_{кр}$ используют для определения допустимого повышения температуры рельсов после укладки.

$$\Delta t_y = \frac{P_{кр}}{E a \omega}, \quad (6)$$

где E — модуль деформации рельсовой стали;
 a — коэффициент температурного расширения стали;
 ω — площадь поперечного сечения двух рельсов.

Обычно принимают $E a = 250 \text{ Н}/(\text{см}^2 \cdot \text{град})$, т. е.

$$\Delta t_y = \frac{P_{кр}}{250 \omega}. \quad (7)$$

Таблица 4

Балласт	Число шпал на 1 км	Свежеуложенный балласт				Плотный балласт, Р24	
		Р24		Р33		f_0 , см	$P_{кр}$, кН
		f_0 , см	$P_{кр}$, кН	f_0 , см	$P_{кр}$, кН		
Песок мелкозернистый	1 625	0,45	521	0,57	683	0,42	598
	1 750	0,44	546	0,56	716	0,41	626
	1 875	0,43	570	0,54	748	0,40	655
	2 000	0,42	594	0,53	779	0,40	682
Песок среднезернистый	1 625	0,41	629	0,52	828	0,39	703
	1 750	0,40	659	0,50	867	0,39	737
	1 875	0,39	688	0,49	906	0,37	770
	2 000	0,38	716	0,48	943	0,36	802
Песок крупнозернистый	1 625	0,38	714	0,48	949	0,30	1 148
	1 750	0,37	747	0,47	993	0,30	1 201
	1 875	0,37	780	0,46	1 036	0,29	1 252
	2 000	0,36	811	0,45	1 078	0,28	1 303
Щебень	1 625	0,39	692	0,49	912	0,37	773
	1 750	0,38	725	0,48	955	0,36	810
	1 875	0,37	757	0,47	998	0,35	845
	2 000	0,37	789	0,46	1 039	0,34	880

Изложенная методика расчета имеет достаточно простой вид, доступна для практического применения и может быть использована при расчете f_0 и $P_{кр}$ для различных конструкций верхнего строения пути лесовозных УЖД.

Для оценки точности предлагаемой методики определения допускаемой продольной температурной сжимающей силы вычислим ее значение для пути, уложенного рельсами Р18 на песчаном свежеуложенном среднезернистом балласте при $N = 1\,669$ шпал/км. Используя материал табл. 3 и 4 и принимая $I = 47$ см⁴, получим: $P_{кр} = 525$ кН; $f_0 = 0,344$ см.

Экспериментальные значения $P_{кр}$ для этих условий приведены в работе [3, с. 11]. Обработывая их методами математической статистики, определим: $P_{кр} = 526$ кН и дисперсию $D = 203$ кН.

Сравнивая теоретическое и экспериментальное среднее значение $P_{кр}$, можно сделать вывод, что они практически совпадают, что свидетельствует о достоверности аналитического метода.

Таким образом, предложенный в статье метод расчета позволяет с достаточной для практических целей точностью определить допустимое значение продольной сжимающей силы для различных конструкций верхнего строения пути лесовозных УЖД. Этот метод достаточно прост и может быть использован инженерно-техническими работниками лесопромхозов при разработке мероприятий по применению сварного пути на лесовозных УЖД.

Точность расчета зависит, в первую очередь, от фактических значений характеристик сопротивления балласта поперечному сдвигу шпал, а именно Q_0 , C и a .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Морозов С. И. Аналитическое определение критической силы для температурно-напряженного железнодорожного пути на прямых участках // Лесн. журн.— 1982.— № 5.— С. 46—54.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Морозов С. И., Попов М. В. Применение метода подобия при исследовании устойчивости температурно-напряженного пути // Лесн. журн.— 1984.— № 2.— С. 38—42.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Плехов О. Г. Экспериментальное исследование устойчивости узкоколейного пути (колеи 750 мм) при воздействии температурных сил: Автореф.

дис... канд. техн. наук.— М., 1969.— 19 с. [4]. Попов М. В. Влияние начальных несовершенств на устойчивость рельсошпальной решетки // Лесн. журн.— 1977.— № 4.— С. 83—88.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 26 февраля 1988 г.

УДК 625.113.001.57

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Г. Ф. ХРАМЦОВ, А. Г. ГРАБОВСКИЙ, В. Г. САРАЙКИН,
В. А. КАРАКУЛОВ

Хабаровский политехнический институт, ДальНИИЛП

Математическое моделирование вероятностной природы профилей транспортных путей основывается на построении законов распределения, корреляционных функций и спектральных плотностей неровностей для отдельных участков дорог.

Результаты эксплуатации лесовозных автопоездов в условиях Дальневосточного региона (табл. 1) показывает, что основные характеристики их надежности существенно различаются в разных географических районах. Так, наработка на отказ лесовозного автомобиля, работавшего в условиях Амурской области, в 1,7 раза ниже, чем в леспрохозах Приморского края. Особенно контрастны показатели надежности двигателя и рамы.

Таблица 1

Показатели	Хабаровский край		Приморский край	Амурская область	
	Оборский ЛПХ		Калининский ЛПХ	Зейская ЛПБ	
	КрАЗ-255Л+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	КНВФ-12Т+ГКБ 9383	
Надежность					
Наработка на отказ	3 178	4 545	4 672	4 065	2 119
Наработка на отказ II—III групп	5 480	8 333	10 000	10 000	5 770
Коэффициент готовности	0,81	0,98	0,98	0,90	0,98
Наработка на отказ отдельных узлов:					
двигатель	19 073	37 594	37 594	50 000	8 654
трансмиссия	12 404	29 940	50 000	50 000	103 852
ходовая часть	68 664	20 000	50 000	34 965	51 926
рама	22 888	60 240	71 428	38 461	12 981
Годовая производительность	6 017	11 144	10 995	11 478	11 707
Среднее расстояние вывозки, км	75	75	57	65	60
Число отработанных смен	—	332	292	239	324

Если предположить, что статистические характеристики микропрофилей лесовозных дорог указанных районов почти идентичны, то одним из основных факторов, влияющих на производительность и эксплуатационную надежность автопоездов, является микропрофиль дорог.

Для получения опытных гистограмм распределения продольных уклонов на лесовозных автомобильных дорогах Дальнего Востока авторами было исследовано как по проектным материалам ДВ Гипролестранса, так и непосредственными замерами более 3 тыс. км лесо-