

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК. 625.144.001.2

*С.И. МОРОЗОВ*

Архангельский государственный технический университет



Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИАН, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет около 140 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.

**РАСЧЕТ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА  
УКЛАДКИ СВАРНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ**

Рассмотрена программа расчета на ЭВМ максимальной и минимальной температур длинных сварных рельсовых плетей. Дано описание программы и приведены примеры ее применения.

The computer-based calculation program of maximum and minimum temperatures of long welded rails has been considered. The program description and examples of its application are given.

Безаварийная эксплуатация температурно-напряженного железнодорожного пути на лесовозных УЖД возможна при укладке сварных рельсовых плетей в определенном температурном интервале, так как в средней части плети действуют довольно большие температурные сжимающие или растягивающие силы. Первые возникают в рельсах летом и создают опасность выброса рельсошпальной решетки. Вторые действуют зимой и в сочетании с поездной нагрузкой могут привести к разрыву рельсов. Во избежание появления критических состояний рельсошпальной решетки температурно-напряженный путь необходимо проверить на прочность и устойчивость.

Расчет на прочность выполняют по методике ЦНИИ МПС [4]. Критическую сжимающую силу  $R_{кр}$ , характеризующую устойчивость рельсошпальной решетки, определяют экспериментально [5] или аналитически [1, 2].

По результатам расчета на прочность и устойчивость находят максимальную ( $t_{\text{укл. max}}$ ) и минимальную ( $t_{\text{укл. min}}$ ) температуры укладки рельсовых плетей. Их разность равна температурному диапазону укладки  $\Delta t$ :

$$\Delta t = t_{\text{укл. max}} - |t_{\text{укл. min}}|. \quad (1)$$

Из практических соображений значение  $\Delta t$  нормируют по условию

$$\Delta t \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Если оно выполняется, то рельсовые плети можно укладывать без ограничения длины. В случае его несоблюдения необходимо предусмотреть дополнительные меры по повышению прочности и устойчивости рельсошпальной решетки (увеличить плечо балластной призмы, число шпал на 1 км, применить более тяжелый тип рельсов и т.д.) или отказаться от укладки рельсовых плетей.

Методика расчета температурного диапазона укладки длинных сварных рельсов (рельсовых плетей) на лесовозных УЖД колеи 750 мм опубликована нами ранее [3]. В ее основу положена методика [5] с некоторыми уточнениями, учитывающими особенности конструкции и эксплуатации лесовозных УЖД. В отличие от [5] в методике [3] использован аналитический способ определения критической силы.

Для реализации этого способа на практике нами составлена (на языке Pascal) программа расчета значений  $t_{\text{укл. max}}$  и  $t_{\text{укл. min}}$  применительно к IBM совместимым ЭВМ. Алгоритм расчета разработан автором статьи, программа составлена и отлажена инж. А.В. Яросем. Программный продукт записан на дискете и может быть реализован различными потребителями.

Блок-схема расчета показана на рис. 1. Для проведения вычислений на ЭВМ необходимо знать следующие характеристики и параметры:

коэффициент постели шпал  $C$ , Н/см<sup>3</sup>, для различных типов балласта и его состояний;

геометрические размеры различных типов шпал (см);

геометрические характеристики различных типов рельсов (мм или см). Их значения приведены в любой справочной, учебной и технической литературе по верхнему строению железнодорожного пути);

коэффициент изгиба шпал  $\alpha$  и коэффициент  $f_1$ , учитывающий горизонтальный изгиб и кручение рельсов;

расчетные параметры, характеризующие воздействие подвижной нагрузки на путь: статическая нагрузка на колесо  $P_{\text{ст}}$ , Н; вес неподдрессоренной массы  $q$ , кН, отнесенный к одному колесу; жесткость комплекта рессор  $J_p$ , Н/мм, отнесенная к одному колесу; максимальный прогиб рессор  $Z$ , мм; расстояние между осями тележки  $a_1$ , см; скорость движения поезда  $v$ , км/ч; параметры  $Q_0$ ,  $a$ ,  $C_1$  формулы

$$Q = Q_0 + C_1 v^a,$$

характеризующей сопротивление балласта поперечному сдвигу шпал.

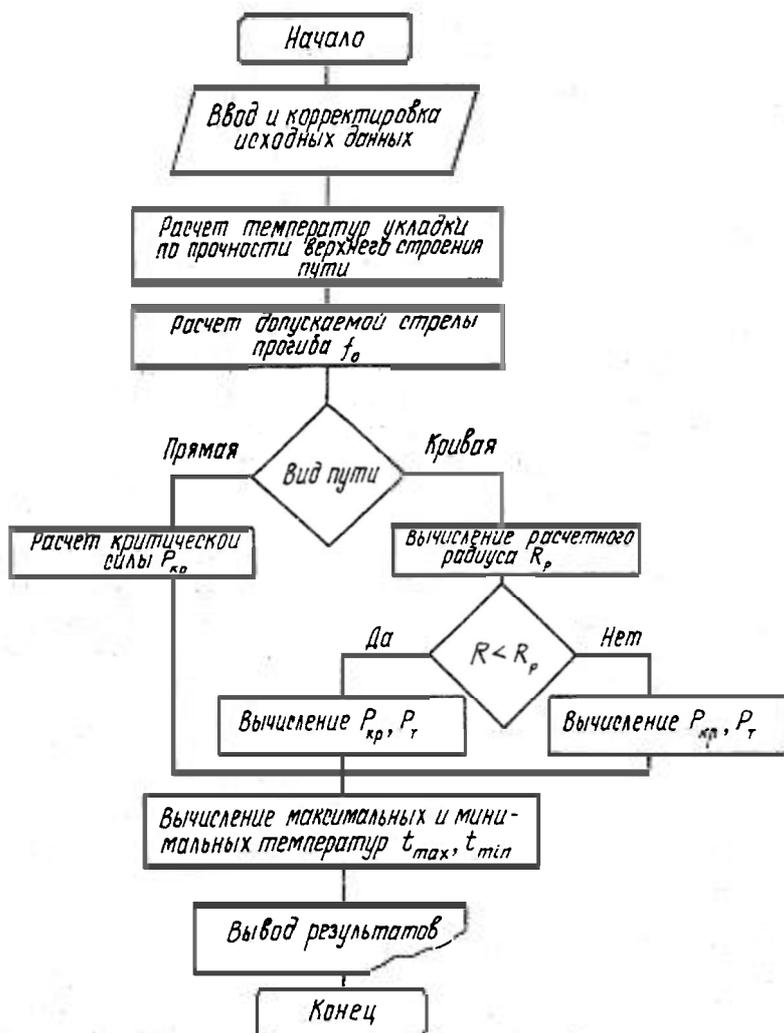


Рис. 1. Блок-схема программы

Все эти величины предварительно вводят в память ЭВМ и затем извлекают их с помощью "меню", представленного на рис. 2. Перемещая по экрану компьютера курсор в виде инвертированного (измененного) написания разделов меню, komponуют необходимую конструкцию железнодорожного пути. Дополнительно (по запросу на экране) вводят значения радиуса кривой, скорости движения поезда, числа шпал на 1 км пути, максимальной (летом) и минимальной (зимой) температуры рельсов.

После ввода последней величины ЭВМ автоматически переходит к вычислениям и одновременной распечатке результатов. Программа составлена таким образом, что она начинает работать только при включенном и подготовленном для печати принтере.

**Программа**  
**расчета температурных режимов укладки**  
**сварных рельсовых плетей на железных дорогах колен 750 мм**

Материал балласта	Вид шпал	Тепловоз	Вид пути
Песок мелкозернистый Песок среднезернистый Песок крупнозернистый Гравий 1-го сорта Гравий 2-го сорта Щебень	Деревянные Железобетонные	ТУ-6 ТУ-7 ТУ-76	Прямая Кривая
Свежеуложенный Плотный	Тип шпал IA IА IIIA IB IIБ IIIБ	Максимальная температура рельса, град = 54  Минимальная температура рельса, град = - 45  Число шпал на 1 км пути, шт. = 1875	
Тип рельса P18 P24 P33		Скорость тепловоза, км/ч = 20	

[↑] [↓] – Выбор

[Enter] – Ввод

Рис. 2. Вид экрана

Пример распечатки для прямого участка пути при исходных данных, показанных в меню, приведен на рис.3.

Распечатка состоит из четырех блоков. В первом указаны исходные величины, для которых выполнен расчет. Во втором приведены результаты расчетов рельсов на прочность. Блок заканчивается определением допустимого изменения температуры рельсов по прочности подошвы и головки рельса. В третьем даны результаты расчета рельсошпальной решетки на устойчивость с распечаткой значений критической продольной сжимающей силы и стрелы прогиба в плане оси рельсошпальной решетки, при котором критическая сила минимальна. В четвертом блоке приведены значения максимальной и минимальной температур укладки.

В данном примере получено:  $t_{укл.мах} = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_{укл.мин} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ , т. е.  $\Delta t_p = 8,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Расширение  $\Delta t_p$  реально возможно за счет увеличения плеча балластной призмы или числа шпал на 1 км пути. Программа расчета автоматически проверяет условие  $\Delta t > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  и при его невыполнении производит расчет пути на устойчивость при различных значениях плеча балластной призмы, увеличивая его нормативное значение ( $h = 20 \text{ см}$ ) последовательно на 5 см. Значения минимальной температуры укладки, приведенные в конце расчета в табличной



форме, показывают, что достаточно принять  $h = 25$  см. Тогда  $t_{\text{укл.мин}} = 4$  °С, а  $\Delta t_p = 16,5$  °С, что существенно выше нормируемого значения  $\Delta t = 10$  °С.

Аналогично выполняют вычисления для участков сварного пути в кривых. Как показано на блок-схеме ( см. рис. 1 ), в зависимости от расчетного радиуса кривой  $R_p$  (значение которого формирует ЭВМ для заданных расчетных параметров) возможны два варианта.

Если фактический радиус кривой  $R$  больше расчетного  $R_p$ , то поперечного сдвига рельсошпальной решетки до момента выброса не происходит и расчет критической силы  $P_{\text{кр}}$  выполняют по одной группе формул. Если  $R < R_p$ , то перед выбросом происходит поперечный сдвиг рельсошпальной решетки наружу кривой и значение  $P_{\text{кр}}$  находят по другой группе формул.

Влияние ширины балластной призмы на  $P_{\text{кр}}$  рассмотрим на примере, распечатка результатов которого приведена на рис.4.

#### 4. Расчет температуры укладки рельсов:

Минимальная температура укладки, град .... 36,5

Максимальная температура укладки, град ... 25,4

Изменение минимальной температуры укладки от плеча балластной призмы

Плечо, см	25	30	35	40	45	50	55
$t_{\text{укл.мин}}$ , град	33,2	29,6	26,0	22,7	19,9	18,0	17,2

Рис.4. Образец распечатки четвертого блока для кривой радиусом 200 м

Данные расчета показывают, что в нормальных условиях (ширина плеча балластной призмы  $h = 20$  см) укладка сварного пути при  $R = 200$  м невозможна, так как  $t_{\text{укл.макс}} < t_{\text{укл.мин}}$  и  $\Delta t < 0$ . Величина  $\Delta t$  станет положительной при  $h = 35$  см, а условие (2) выполняется при  $h = 55$  см.

Диапазон температур укладки  $\Delta t$  возрастает при увеличении числа шпал на 1 км. Это одновременно приводит к возрастанию прочности рельсов на растяжение и повышению устойчивости рельсошпальной решетки против выброса.

Влияние числа шпал на значение  $P_{\text{кр}}$  для лесовозных УЖД показано в таблице.

Балласт	Значение $P_{\text{кр}}$ , кН, при числе шпал на 1 км			
	1625	1750	1875	2000
Песок мелкозернистый	537	563	588	612
» среднезернистый	649	680	710	739
» крупнозернистый	738	772	806	838