

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 Δt :

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

Из практических соображений значение Δt 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/см³, 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 α 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.

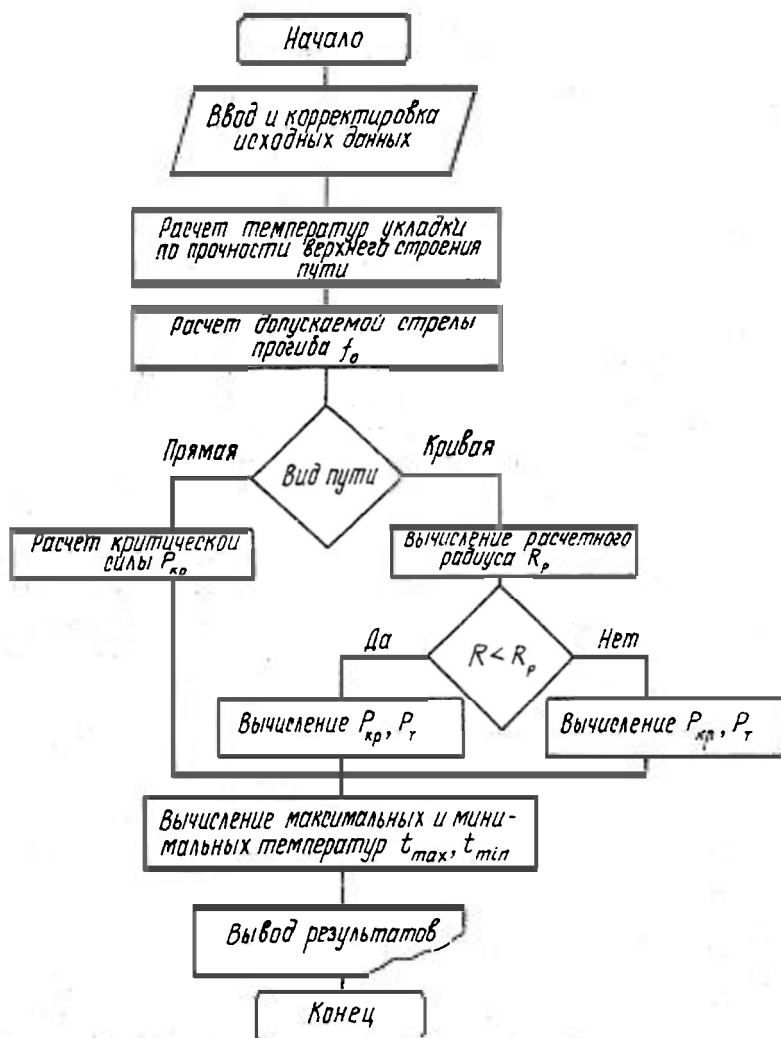


Рис. 1. Блок-схема программы

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 Δt_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

Расчет

температурных режимов укладки сварных рельсовых плетей

1. Исходные данные:

Материал балласта _____ песок среднезернистый
 свежееуложенный
 Тип шпал _____ деревянные ПБ
 Тип рельса _____ Р24
 Тип нагрузки _____ ТУ-7
 Вид пути _____ прямая
 Число шпал на 1 км пути _____ 1625
 Скорость тепловоза, км/ч _____ 20,0
 Максимальная температура рельса, град.... 54,0
 Минимальная температура рельса, град — -45,0

2. Результаты расчета рельсов на прочность:

	Летом	Зимой
Модуль упругости подрельсового основания, Н/см ² _____	402,187	804,375
Коэффициент относительной жесткости основания и рельса, 1/см _____	0,0102	0,0122
Эквивалентная нагрузка на расчетное колесо, Н _____	47726,830	39064,646
Кромочные напряжения в подошве рельса, Н/см ² _____	15732,469	10828,310
Кромочные напряжения в головке рельса, Н/см ² _____	15214,979	

Допустимые изменения температуры:

По прочности подошвы (в зимних условиях) — 67,5 град
 По прочности головки (в летних условиях) — 43,3 град

3. Расчет рельсошпальной решетки на устойчивость:

Допускаемая стрела прогиба, см _____ 0,41
 Критическая сила $P_{кр}$, Н _____ 648794

4. Расчет температуры укладки рельсов:

Минимальная температура укладки, град _____ 12,0
 Максимальная температура укладки, град _____ 20,5

Изменение минимальной температуры укладки от ширины плеча балластной призмы

Плечо, см	25	30	35	40	45	50	55
t _{укл.min} , град	4,0	- 4,7	-	-	-	-	-

Рис. 3. Образец распечатки для прямого участка пути

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 Δt станет положительной при $h = 35$ см, а условие (2) выполняется при $h = 55$ см.

Диапазон температур укладки Δt 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