

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.033:625.042.3

О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ  
РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Вопрос о точности определения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей в зависимости от температуры рельсов актуален и имеет практическое значение.

При стендовых испытаниях на устойчивость напряженное состояние рельсовых плетей определяют двумя способами: по температуре рельсов и с помощью тензодатчиков. Оба способа, как показано в работе [2], не обладают достаточной точностью, но в сравнимых условиях более объективную информацию можно получить первым способом, так как он позволяет установить распределение продольных сил по длине плети и определить перемещение ее сечений. Помимо этого, применение рельсовых плетей в различных условиях зависит от наибольшей величины приращения температуры рельсов после укладки плетей в путь.

При проведении опытов необходимо оценить степень равномерности распределения температуры по длине плети и определить, на каком расстоянии друг от друга следует устанавливать жидкостные или электрические термометры.

Изменение температуры по длине рельса зависит от многих факторов, в том числе от способа нагрева рельсов, количества дополнительной теплоты, получаемой рельсами от солнечной радиации, количества теплоты, теряемой в окружающую среду, погодных-климатических условий местности в период проведения испытаний, времени суток и т. д. (закон изменения в общем случае неизвестен). Ряд факторов рассмотрен в работе [3], где показано, что в одинаковых условиях температура рельсов даже по поперечному сечению распределяется неравномерно. Очевидно, нельзя ожидать равномерного распределения температуры рельсов и по длине плети, что должно сказаться на точности определения температурной сжимающей силы.

В качестве критерия равномерности распределения температуры используем основные статистические характеристики массива температур для рельсовой плети.

Для примера рассмотрим данные измерений температуры по длине рельсовой плети, приведенные в работе [4], и вычислим статистические характеристики (табл. 1) [1].

Изменчивость температуры рельсов по длине плети наиболее объективно характеризуют значения  $v$  и  $p$ , так как они являются относительными величинами. Первая из них оценивает погрешность среднего арифметического значения, вторая — среднего квадратичного. При заданном числе наблюдений  $n$  (замеров температуры) эти величины связаны зависимостью

$$p = \frac{v}{\sqrt{n}}.$$

Таблица 1

Номер опыта	Значение температур, °С, для координат сечений, см					Статистические характеристики				
	800	1 600	2 400	3 200	4 000	$M, ^\circ\text{C}$	$m, ^\circ\text{C}$	$\sigma_t, ^\circ\text{C}$	$v, \%$	$\rho, \%$
4	36	23	20	28	23	26,0	2,81	6,28	24,17	10,81
5	28	30	29	24	25	27,2	1,16	2,59	9,52	4,25
8	43	40	39	42	41	41,0	0,71	1,58	3,86	1,72
10	28,5	33	33	30	32	31,3	0,89	1,99	6,35	2,84
12	39	35	38	37	37	37,2	0,66	1,48	3,99	1,78
14	38	38	38	38	39	38,2	0,20	0,45	1,17	0,52
16	53	53	50	49,5	50,5	51,2	0,75	1,68	3,28	1,47
18	44	46	48	48	46	48,4	0,75	1,67	3,61	1,61
19	41	41	41	44	42	41,8	0,58	1,30	3,12	1,39
20	31	36	34	35	39	35,0	1,30	2,92	8,33	3,72

Примечание.  $M$  — средняя арифметическая температура плети;  $m$  — средняя ошибка среднего арифметического;  $\sigma_t$  — среднее квадратичное отклонение;  $v$  — коэффициент вариации;  $\rho$  — показатель точности.

Для оценки степени равномерности распределения температуры по длине плети достаточно задать нормативное значение  $v$ . Если анализировать данные, приведенные в табл. 1, то можно установить наличие корреляционной зависимости между  $v$  и размахом изменения температуры  $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$ . Значения  $\Delta t$ ,  $v$  и  $\Delta \tau = \frac{\Delta t}{M} \cdot 100 \%$  приведены в табл. 2. С их помощью найдены коэффициенты корреляции  $r$  и их ошибки  $m_r$ .

Таблица 2

Номер опыта	$M, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$v, \%$	$\Delta \tau, \%$	$v_{\rho \Delta t}, \%$	$v_{\rho \Delta \tau}, \%$	$\Delta t_{\rho}, ^\circ\text{C}$	$\Delta \tau_{\rho}, \%$	$\Delta \rho, \%$
4	26,0	16	24,17	61,54	23,83	23,19	16,09	61,38	10,84
5	27,2	6	9,52	22,06	8,15	8,48	7,10	23,79	4,33
8	41,0	4	3,86	9,76	5,02	3,89	3,63	9,27	1,52
10	31,3	4,5	6,35	14,38	5,80	5,62	5,16	15,56	2,16
12	37,2	4	3,99	10,37	5,02	4,26	3,71	9,60	0,97
14	38,2	1	1,17	2,62	0,31	1,23	1,98	2,37	0,65
16	51,2	3,5	3,28	6,84	4,23	2,55	3,28	7,78	1,70
18	48,4	4	3,61	8,62	5,02	3,21	3,47	8,62	1,39
19	41,8	3	3,12	7,18	3,44	2,93	3,17	7,37	1,10
20	35,0	8	8,33	22,86	11,29	8,78	6,37	20,74	5,54
Среднее	—	5,4	6,47	16,659	7,21	6,41	5,39	16,648	—

Они имеют следующие значения:

для зависимости между  $\Delta t$  и  $v$ :  $r = 0,981$ ,  $m_r = 0,012$ ;

для зависимости между  $\Delta \tau$  и  $v$ :  $r = 0,978$ ,  $m_r = 0,014$ .

Так как оба коэффициента корреляции близки к единице и их ошибки малы, то можно предположить, что эти величины связаны линейными зависимостями. Уравнения этих зависимостей, найденные по формуле:

$$y = M_y + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - M_x),$$

где  $M_x$ ,  $M_y$  — средние арифметические значения рассматриваемых величин (табл. 2);

$\sigma_x, \sigma_y$  — их средние квадратичные отклонения, имеют вид:

$$v_{p\Delta t} = -1,2566 + 1,5684\Delta t;$$

$$v_{p\Delta \tau} = 0,2610 + 0,3727\Delta \tau;$$

$$\Delta t_p = 1,2647 + 0,6135v;$$

$$\Delta \tau_p = -0,6325 + 2,5655v.$$

Вычисленные по этим уравнениям значения расчетных величин приведены в табл. 2. Они имеют сравнительно небольшое расхождение с полученными ранее характеристиками, что подтверждает применимость линейных уравнений связи. Более тесную связь имеют зависимости между  $v$  и  $\Delta \tau$ , что позволяет рекомендовать их для дальнейшего анализа.

Применяя корреляционные уравнения, рассмотрим теперь вопрос об оценке равномерности распределения температуры по длине плети. Для этого зададим несколько значений относительной величины  $\Delta \tau$  и вычислим соответствующие им значения  $v$  и  $\Delta t$  (табл. 3).

Таблица 3

Показатель	Значение показателей при $\Delta \tau, \%$					
	5	6	7	8	9	10
$v, \%$	2,12	2,50	2,87	3,24	3,62	3,99
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	2,56	2,80	3,02	3,25	3,48	3,71

Данные табл. 3 показывают, что при 5 %-м относительном размахе температур их абсолютная разность составляет 2,56  $^\circ\text{C}$ , при 10 %-м — 3,71  $^\circ\text{C}$ .

Размах температур не очень велик. Поскольку нельзя требовать жесткого условия равномерного нагрева плети по ее длине, можно ограничиться 5- или 10 %-м относительным размахом, а учитывая множество факторов, влияющих на температуру рельсов, приемлемым с практической точки зрения следует считать 10 %-й размах. Ему соответствует значение  $v$ , равное 4 %, которое в дальнейшем и надо считать нормативным.

Оценивая по этому показателю результаты, приведенные в табл. 1, можно сделать вывод, что в опытах № 8, 12, 14, 16, 18, 19 распределение температуры рельсов по длине плети равномерное, в остальных опытах — неравномерное.

Конечно, такой критерий оценки равномерности в известной степени условен и может быть в дальнейшем уточнен, но он имеет математическое обоснование.

В последней графе табл. 2 дана относительная погрешность продольных сил для рассматриваемых опытов (%)

$$\Delta p = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \cdot 100,$$

вычисленных по методике, приведенной в работе [2]. Для тех опытов, в которых распределение температуры принято равномерным, погрешность не превышает 2 %, что можно считать допустимым.

Степень равномерности или неравномерности распределения температуры по длине плети объективно не зависит от числа термометров, установленных по ее длине, но это число определяет степень достоверности информации о распределении температуры.

При постоянной температуре во всех сечениях плети, очевидно, достаточно было бы ограничиться измерением только в одной точке. Но так как реальные условия отличаются от идеальных, то число точек измерения должно быть больше единицы.

Минимальной следует считать установку трех термометров: двух по концам плети и одного в середине, но и в этом случае закон изменения температуры по длине плети остается неизвестным, так как в отдельных сечениях возможны местные отклонения в температуре рельсов.

Очевидно, что измерить температуру всех сечений рельсовой плети невозможно и ненужно. Число измерений должно быть таким, чтобы оно позволило вполне достоверно описать закон изменения температуры по длине рельса.

Для более или менее точного решения задачи надо учитывать напряженно-деформированное состояние рельсовой плети и использовать уравнения теплопроводности. Однако в первом приближении достаточно учитывать только степень равномерности распределения температуры по длине плети.

В качестве критерия здесь можно взять относительное приращение температуры  $\Delta\tau$ . За ее нормированное значение было принято  $\Delta\tau = 10\%$ . Это позволяет определить допустимую разность показаний двух соседних термометров в зависимости от средней температуры рельсов по длине плети (табл. 4).

Таблица 4

Средняя температура рельса, °С	25	30	35	40	45	50	55	60
Разность показаний термометров, °С	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Если судить по критерию  $\Delta\tau = 10\%$ , то в опытах № 4, 5, 10, 12, 20 (табл. 1) частота установки термометров по всей длине плети (опыт № 4) или на части длины была недостаточной, а в опыте № 14 — избыточной.

Однако применение одного этого критерия также недостаточно. При большом расстоянии между термометрами, даже если разность их показаний не превышает допустимых значений, в промежутке между ними температура рельсов может резко различаться. Следовательно, расстояние между термометрами должно быть таким, чтобы исключить такую возможность.

Вследствие того, что закон распределения температуры по длине плети неизвестен, нельзя получить не только точное, но и приближенное аналитическое решение задачи о частоте установки термометров по длине плети. В каждом конкретном случае следует решать ее практически, на основании ориентировочных данных о характере распределения температуры, которые могут быть получены из предварительных опытов. Только после этого можно ответить на вопрос, сколько надо установить термометров и на каком расстоянии друг от друга.

В наших опытах термометры устанавливали через 8 м. В большинстве случаев для принятого способа нагрева рельсов с помощью трубчатых нагревателей это оказалось достаточным.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.— М.: Лесн, пром-сть, 1966.— 250 с. [2]. Морозов С. И. Напряженно-деформированное состояние рельсов железнодорожного пути на стезде // Лесн, журн.— 1987.— № 3.— С. 37—44.—

(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Першин С. П. Температурные воздействия на рельсовый путь и их влияние на его устройство и эксплуатацию // Вопросы бесстыкового пути: Сб. тр. / Моск. ин-т ж.-д. тр.-та. — М.: Транспорт, 1969. — Вып. 318. — С. 3—135. [4]. Попов М. В. Влияние начальных несовершенств на устойчивость рельсошпальной решетки // Лесн. журн. — 1977. — № 4. — С. 83—88. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10 марта 1987 г.

УДК 630\*323

## ВЛИЯНИЕ ВЫЛЕТА МАНИПУЛЯТОРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВПМ ПРИ РУБКАХ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В. Н. МЕНЬШИКОВ, С. Н. СОТОНИН

Ленинградская лесотехническая академия

В данной статье рассмотрено влияние рабочего вылета манипулятора (ширины разрабатываемой ленты) на производительность машины при проведении начального приема рубки. Часовую производительность ВПМ при разработке лесосеки по схеме без холостых переездов по лентам определяют по формуле

$$\Pi_{\text{ч}} = Q/T, \quad (1)$$

где  $Q$  — объем леса, намеченный к рубке в начальный прием, м<sup>3</sup>;  
 $T$  — время, затрачиваемое машиной на выполнение операций при освоении всей лесосеки, ч;

$$Q = (Sq d_{\text{в}} + (2\xi R - d_{\text{в}}) S \mu_q q) / 2\xi R, \quad (2)$$

$S$  — площадь лесосеки, га;  
 $q$  — средний запас леса на 1 га в период рубки, м<sup>3</sup>;  
 $d_{\text{в}}$  — ширина технологического коридора, м;  
 $R$  — максимальный вылет манипулятора, м;  
 $\xi$  — коэффициент, учитывающий использование максимального вылета манипулятора во время работы;  
 $\mu_q$  — интенсивность рубки по запасу;

$$T = T_{\text{п}} + T_{\text{х}} + T_{\text{ц}} + T_{\text{ус}} + T_{\text{р. п}}, \quad (3)$$

$T_{\text{п}}$  — затраты времени на движение машины при выполнении технологической работы, ч;  
 $T_{\text{х}}$  — затраты времени на холостые переезды с ленты на ленту (зависящие от принятой схемы разработки лесосеки), ч;  
 $T_{\text{ц}}$  — затраты времени на обработку деревьев, ч;  
 $T_{\text{ус}}$  — затраты времени на установку машины на технологических стоянках, ч;  
 $T_{\text{р. п}}$  — затраты времени на разгрузку пачек деревьев, ч;

$$T_{\text{п}} = SK_0 / 2\xi R v_{\text{т. п}}, \quad (4)$$

$K_0$  — коэффициент, учитывающий увеличение (уменьшение) пройденного трактором пути за счет непрямолинейности волоков;  
 $v_{\text{т. п}}$  — средняя скорость движения машины при выполнении технологической работы, м/ч;

$$T_{\text{х}} = (SK_0 K_1 / (2\xi R) + AK_1) / v_{\text{х. х}}, \quad (5)$$