

$$v_{\text{ср. т}} = p v_{\text{ср. т}}^{\text{н}}, \quad (12)$$

где  $p$  — поправочный коэффициент

$$p = \frac{1}{1 + 1,39 \cdot 10^{-4} v_{\text{ср. т}}^{\text{н}} \sum_{i=0}^n T^R}; \quad (13)$$

$v_{\text{ср. т}}^{\text{н}}$  — нормативная средняя техническая скорость движения [3];

$\sum_{i=0}^n T^R$  — суммарные потери времени лесовозного автопоезда при поворотах, приведенных на 1 км пути.

Зависимости средней технической скорости движения и времени хода от потерь времени при движении лесовозного автопоезда на поворотах представлены на рис. 4. Из графика видно, что при малых суммарных потерях времени на поворотах, составляющих 1—3 с на 1 км пути, изменение средней технической скорости и времени хода не превышает 5 % нормированных значений и при практических расчетах может не учитываться. При суммарных потерях времени более 3 с на 1 км пути необходимо пересчитывать нормированные средние технические скорости движения с учетом поправочного коэффициента и времени хода автопоезда по формуле (2).

Таким образом, на основании полученных зависимостей можно производить уточненный расчет средних технических скоростей движения и времени хода лесовозных автопоездов с учетом потерь времени при прохождении криволинейных траекторий поворотов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А., Корунов М. М., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.—М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 575 с. [2]. Леонovich И. И. Автомобильные лесовозные дороги.— Минск: Высш. школа, 1965.— 393 с. [3]. ОНТП 02—80. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. Ч. 1. Нормы.—Л.: Минлесбумпром СССР, 1982.

Поступила 1 марта 1985 г.

УДК 625.31.001.24

### ВЛИЯНИЕ МЕСТНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ БАЛЛАСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОГО ПУТИ УЖД

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Перемещению рельсошпальной решетки поперек пути противодействует сопротивление балласта сдвигу шпал. Обычно считают, что для всех шпал это сопротивление одинаково. Такое предположение не соответствует реальным условиям. По данным Е. М. Бромберга [1, с. 54—61], из-за неоднородности балласта и степени его уплотнения среднее квадратичное отклонение силы сопротивления сдвигу одиночной шпалы в балласте составляет 20—25 % от ее среднего арифметического. На практике возможны также случаи, когда вследствие уменьшения плотности балласта или размеров балластной призмы сопротивление сдвигу отдельных шпал (или их группы) может составить 50 % и менее от значения его в нормальных условиях. Для шпал с оголенными торцами оно уменьшается на 35—40 %, при засыпке шпальных ящиков на 2/3 их высоты (а не до верхней постели шпал) — на 30—35 %, при переходе от плотного к рыхлому балласту — примерно в 2 раза [2, с. 91—92].

Изменение сопротивления сдвигу под воздействием отмеченных факторов может повлиять на устойчивость температурно-напряженной рельсошпальной решетки.

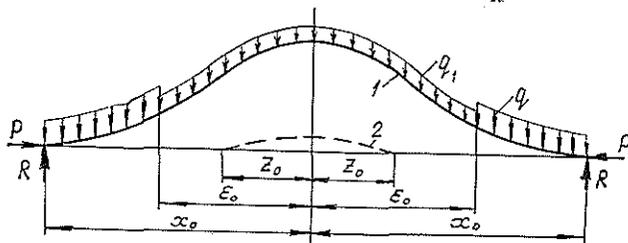


Рис. 1. Расчетная схема.

1 — искривленная ось пути; 2 — начальная неровность.

Влияние местного ослабления балласта на устойчивость пути было рассмотрено нами ранее [3]. Расчетная схема представлена на рис. 1. Искривленный участок пути длиной  $2x_0$  расположен в зоне начальной неровности длиной  $2z_0$  и стрелой прогиба  $f_0$ . В его средней части (наиболее неблагоприятный случай) протяженностью  $2\epsilon_0$  интенсивность сил сопротивления  $q_1$  меньше, чем интенсивность  $q$  по краям участка ( $q_1 < q$ ).

Для определения расчетной (минимальной) температурной критической сжимающей силы, по достижении которой возможен выброс пути, в работе [3] получено выражение:

$$P_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{[\pi - (1 - n)(k\epsilon_0 + \sin k\epsilon_0)] qEI}{\mu f_0}}, \quad (1)$$

где  $k = \sqrt{P_{\text{кр}}/EI}$ ;  $\mu = 0,86$ ;

$q$  — погонное сопротивление неослабленного пути;

$n$  — степень ослабления:  $n = q_1/q$ ;

$EI$  — жесткость решетки в горизонтальной плоскости.

При отсутствии ослабления ( $q_1 = q$ ;  $\epsilon_0 = 0$ ) расчетная сила

$$P_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\pi qEI}{\mu f_0}}. \quad (2)$$

Обозначим  $P_{\text{кр}}/P_{\text{кр}} = \alpha$ . Это — безразмерная величина, которая характеризует степень уменьшения устойчивости пути. Используя уравнения (1) и (2), получим:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\pi - (1 - n)(k\epsilon_0 + \sin k\epsilon_0)}{\pi}}. \quad (3)$$

Величина  $\alpha$  зависит только от  $n$  и  $\epsilon_0$ , поэтому более удобна для анализа, чем формула (1). Значения  $\alpha$  при различной длине участка ослабления  $\epsilon_0$  и степени ослабления  $n$  приведены на рис. 2.

Графики на рис. 2 показывают, что устойчивость пути уменьшается при возрастании  $\epsilon_0$  и уменьшении  $n$ . Наименьшее значение  $\alpha$  имеет в случае, когда балласт ослаблен на всей длине изогнутого участка ( $\epsilon_0 = x_0$ ), особенно при малых значениях  $n$ . Если  $n = 0$  и  $\epsilon_0 = x_0$ , то путь обладает нулевой устойчивостью. Как следует из формулы (1), такой вывод справедлив для любого значения стрелы прогиба начальной неровности, в том числе и при  $f_0 = 0$ , т. е. когда участок пути геометрически прямолинеен.

Этот вывод может показаться неверным, так как он противоречит обычным представлениям об устойчивости стержня конечной длины, для которого при  $q = 0$  существует критическая сила, обусловленная жесткостью стержня и определяемая по формуле Эйлера  $P_{кр} = \gamma EI/l^2$ . Однако в данном случае рассматривается устойчивость участка стержня бесконечно большой длины, поэтому при  $P_{кр} = 0$  из условия  $kx_0 = \pi$  имеем  $x_0 = \frac{l}{2} = \infty$ , что соответствует реальным условиям задачи.

На практике случай  $n = 0$  невозможен, особенно на участках сварного пути, где верхнее строение должно содержаться в строгом соответствии с техническими условиями. Однако частичное местное ослабление балласта, как следует из опытов Е. М. Бромберга, возможно и в этом случае, что необходимо учитывать при оценке устойчивости температурно-напряженного сварного пути.

В реальных условиях ось рельсошпальной решетки на некотором ее протяжении представляет собой волнистую линию, состоящую из отдельных начальных неровностей, расположенных между точками перегиба этой оси.

Определим устойчивость в зоне отдельных неровностей, полагая, что  $\epsilon_0 = x_0$ , т. е. ослабление сопротивления балласта поперечному сдвигу шпал имеет место на всей длине кривой прогибов.

В качестве примера рассмотрим участок, уложенный рельсами Р24 на деревянных шпалах с костыльными креплениями. Балласт — среднереснистый песок, интенсивность погонного сопротивления которого ( $H \cdot \text{см}$ ) в нормальных условиях выражается экспериментальной зависимостью:

$$q = 2,4 + 15,6f^{0,23}, \quad (4)$$

где  $f$  — поперечное смещение сечения пути.

Значения стрел прогибов  $f_0$  и длин  $l = 2z_0$  отдельных неровностей приведены в таблице.

Длины начальных неровностей сравнительно невелики. В зоне большинства из них располагаются 2—3 шпалы, и только на отдельных неровностях число шпал доходит до 7—8. Так как факторы, влияющие на местное ослабление балласта, имеют не только вероятностную, но и систематическую природу, то возможность уменьшения сопротивления сдвигу нескольких рядом лежащих шпал следует считать реальной. Поэтому предположение, что  $\epsilon_0 = x_0$ , вполне закономерно, так как позволяет учесть наименее благоприятные условия при оценке устойчивости верхнего строения пути.

Значение критической силы в зоне каждой начальной неровности определим по формулам, приведенным в работе [4]:

$$P_{кр} = \sqrt{\frac{\pi q_D EI}{f_0}} \sqrt{\frac{2kz_0}{\pi \lambda \cos kz_0}}; \quad (5)$$

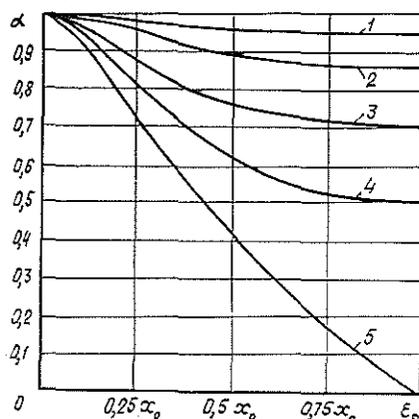


Рис. 2. Зависимость  $\alpha(\epsilon_0)$ .

1 —  $n = 0,9$ ; 2 —  $n = 0,75$ ; 3 —  $n = 0,50$ ; 4 —  $n = 0,25$ ; 5 —  $n = 0$ .

Но- мер неров- ности	Параметры, см		Силы $P_{кр}$ , кН, при $n$				
	$f_0$	$l$	1	0,9	0,75	0,5	0,25
1	0,14	170	861	822	760	638	474
2	0,08	330	1006	952	866	703	502
3	0,01	114	2557	2439	2250	1882	1404
4	0,06	117	1300	1242	1149	968	722
5	0,27	168	680	650	601	506	377
6	0,20	432	3184	3020	2820	2500	1740
7	0,03	91	1803	1724	1596	1345	1005
8	0,15	127	910	870	805	678	507
9	0,14	133	921	880	814	685	511
10	0,02	68	2288	2189	2028	1710	1282
11	0,03	100	1754	1676	1551	1305	974
12	0,05	275	1221	1157	1054	861	620
13	0,04	108	1542	1474	1364	1148	857
14	0,20	133	810	774	717	604	451
15	0,20	105	871	833	772	651	487
16	0,06	78	1470	1407	1304	1100	825

$$f = 6,93 \frac{q_p EI}{P_{кр}^2} - f_0 \lambda \left( \frac{\pi}{kz_0} \sin kz_0 - 1 \right), \quad (6)$$

где  $\lambda = k^2/(\beta^2 - k^2)$ ;  $\beta = \pi/L$ ;  $EI = 32 \cdot 10^8$  Н·см<sup>2</sup>;

$q_p$  — расчетное значение интенсивности погонного сопротивления.

Введение  $q_p$  обусловлено тем, что формулы (5) и (6) получены для  $q = \text{const}$  на всей длине участка. На самом деле, как следует из формулы (4), погонное сопротивление  $q$  зависит от поперечного смещения сечения  $f$ , которое для различных сечений различно. Как отмечено в работе [4], для учета этого обстоятельства при втором слагаемом формулы (4) необходимо ввести поправочный коэффициент 0,5, т. е.

$$q_p = 2,4 + 7,8f^{0,23}. \quad (7)$$

Значения  $P_{кр}$  для заданных параметров неровности  $f_0$  и  $l$  вычисляются следующим образом.

1. Задают  $f \approx f_0$  и находят  $q_p$  по формуле [7].

2. Задают  $P_{кр}$ , например, вычисляя первое приближение по формуле (2). Решая методом итераций уравнение (5), находят второе приближение  $P_{кр}$ .

3. Определяют  $f$  по уравнению (6), для него находят третье приближение  $P_{кр}$ , затем опять  $f$  и т. д.

Расчеты заканчивают в том случае, когда разность между двумя приближениями  $P_{кр}$  не будет меньше заданной точности (например 1 кН). Обычно достаточно выполнить 6—7 циклов итераций.

Значения  $P_{кр}$  в рассматриваемом примере для некоторых значений  $n$  приведены в таблице, данные которой показывают, что при отсутствии местного ослабления балласта ( $n = 1$ ) наименьшей устойчивостью обладает рельсошпальная решетка в зоне неровности № 5. Значение  $P_{кр}$  зависит от величины  $q$  и при ее уменьшении также уменьшается. Таким образом, если  $n = 1$ , устойчивость всего рассматриваемого участка ограничена устойчивостью пути в зоне неровности № 5. При  $n = 1$  критическое значение температурной сжимающей силы равно 680 кН, так как в зоне других неровностей она существенно выше.

На практике случай, когда  $n = 1$  на всем участке, невозможен. Выше отмечено, что только из-за неравномерного уплотнения балласта

и неоднородности его состава среднее квадратичное отклонение сил сопротивления достигает 25 %. Значит, в этих условиях  $n = 0,75$  и допустимая критическая сила может снизиться до 10—13 %, что особенно опасно в зоне неровности № 5, так как приведет к снижению устойчивости всего участка пути. В зоне остальных неровностей значение  $R_{кр}$  также уменьшится, но будет все же выше, чем при  $n = 1$  для неровности № 5. Для обеспечения высокой устойчивости рельсошпальной решетки следует, очевидно, не допустить ослабления балласта прежде всего в зоне неровности № 5.

Вследствие несоблюдения размеров плеча балластной призмы, что наблюдается на лесовозных УЖД, где встречаются шпалы с оголенными торцами, в зоне отдельных неровностей значение  $n$  будет меньше 0,75. Это может существенно повлиять на положение участков выброса. Например, если для неровности № 5  $n = 1$ , а для неровности № 1  $n = 0,5$ , то выброс может произойти в зоне неровности № 1. Опасны также неровности № 14 и 15.

Таким образом, неравномерность интенсивности погонного сопротивления вдоль пути может существенно повлиять на его устойчивость. Поэтому на участках сварного пути (да и на обычных звеньевых участках) необходимо обеспечить содержание балластной призмы в соответствии с техническими условиями.

Отметим в заключение, что при любой степени ослабления балласта (кроме случая  $n = 0$ , который на практике невозможен) критическая сила существенно зависит от стрелы прогиба начальной неровности и при малых  $f_0$  может иметь большое значение (даже с учетом ослабления балласта).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бромберг Е. М. Устойчивость бесстыкового пути.— М.: Транспорт, 1966.— 67 с. [2]. Кувалдин Б. И., Лаптев В. А. Бесстыковой путь железных дорог колес 750 мм.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 141 с. [3]. Морозов С. И. О факторах, способствующих выбросу пути.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 6, с. 44—48. [4]. Морозов С. И. Определение критической силы для температурно-напряженного рельсового пути.— Вестн. ВНИИЖТ, 1979, № 2, с. 46—48.

Поступила 25 октября 1985 г.

УДК 630\*377 : 621.86.063.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА НЕПОЛНОПОВОРОТНОГО РОТАТОРА

В. В. КРЫЛОВ

Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ на основных и вспомогательных лесозаготовительных операциях в последнее время на базе серийно выпускаемых трелевочных тракторов и автомобилей созданы конструкции машин, оборудованных гидравлическими манипуляторами. Последние оснащаются сменными рабочими органами — грейферами и клещевыми захватами. Поворот грейферов и клещевых захватов с лесоматериалами вокруг вертикальной оси осуществляется неполноповоротными ротаторами.

Теоретически установлено, что на разворот грейфера с лесоматериалом существенно влияют перетечки рабочей жидкости из полости нагнетания в полость слива неполноповоротного ротатора [3]. Определение внутренних перетечек рабочей жидкости весьма затруднено, так как неизвестны зазоры в сопрягаемых деталях ротатора.