

О РЕЗЕРВАХ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

У статті пропонується новий підхід до розрахунку безстыкової колії на міцність і стійкість.
В статье предлагается новый подход к расчету бесстыкового пути на прочность и устойчивость.
The new approach to calculation is offered to a track without joints on durability and stability in the article.

По известной методике расчета бесстыкового пути на прочность определяется верхняя граница температурного интервала закрепления плети, а так же давление на шпалу под подкладкой и на балласт под шпалой. По расчетам получается, что кромочные напряжения в рельсе и давление на шпалу под подкладкой или под рельсом (при бесподкладочных типах) от, например, типа рельса Р50 к типу Р65 изменяются незначительно и, по крайней мере, весьма далеки от допускаемых значений. Беспокойство может вызвать повышение давления на балласт под шпалой. В балласте под шпалой напряжения при Р65 на 15 % превышают напряжения при Р50, однако следует иметь в виду, что в зависимости от качества и состояния балласта его несущая способность изменяется в несколько раз.

Наши многолетние измерения зазоров на концах рельсовых плетей показали, что их абсолютные значения никак не совпадают с расчетными значениями, найденными по формулам, рекомендованным Техническими указаниями по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути (ТУ-2000) [1].

Так, при изломе зазор, например для рельсов Р65

$$\lambda = 0,01\Delta t_p^2, \quad (1)$$

а между концом плети и уравнивающим рельсом

$$\lambda = 0,005(\Delta t_p - 7)^2. \quad (2)$$

Фактически, зазоры в разное время года при одних и тех же отступлениях температуры рельсов от температуры их закрепления оказываются любой величины от нуля до максимума.

Из формул (1) и (2) вытекает, что зазор при изломе должен быть в два с лишним раза больше, чем на уравнительном пролете. Фактически при разрыве стыка на конце рельсовой плети зазор значительно больше, чем при поперечном изломе рельса. Ошибочность формул,

приведенных в ТУ-2000, обусловлена тем, что в них не учитываются условия эксплуатации, а именно – воздействие поездов и предполагается, что излом может произойти только при отрицательных температурах, т. е. при смерзшемся балласте. В формуле (2) также не учтено, что до смерзания балласта зазор уже изменится на значительную величину.

В осенний период на концах рельсовых плетей происходит увеличение зазоров при одном и том же отступлении от температуры закрепления. Чем больше интенсивность движения поездов, тем быстрее происходит этот процесс.

На основании наших исследований и наблюдений выведена другая формула для определения величины перемещения λ_k конца рельсовой плети, принципиально отличающаяся от (1) и (2):

$$\lambda_k = \frac{\alpha \sqrt{\pi \cdot \tau} \Delta t_p}{N}, \quad (3)$$

где α – коэффициент температурного удлинения;

τ – время;

$$N = \sqrt{\frac{K}{E\omega}};$$

K – коэффициент вязкости балласта, сдвигаемого шпалой;

E – модуль упругости рельсовой стали;

ω – площадь поперечного сечения рельсов.

Приведенные значения Δt_y в ТУ-2000 также найдены по ошибочной методике. В этой методике не учтено воздействие поездов и допущен вывод, противоречащий любой известной методике расчета бесстыкового пути на устойчивость. В частности значения Δt_y для рельсов Р75 в ТУ-2000 оказались равными, а в некоторых случаях даже большими, чем для рельсов типа Р65.

По известной формуле Мищенко К. Н. для определения необходимого минимального по-

гонного сопротивления пути перемещениям поперек оси пути

$$q = \frac{F_k^2 \sqrt{n}}{7,18 \cdot E \cdot \sqrt{I_n \cdot \omega}},$$

где F_k – критическая продольная сила в рельсах, $F_k = E\alpha\omega\Delta t$;

$$n = 1 + \frac{F_k}{4_p l}, \text{ где } l \text{ – длина кривой выброса,}$$

$$l = 13,19 \sqrt{\frac{E \cdot I_r}{F}};$$

$$q = m \sqrt{\frac{\omega^3}{I_r}} \left(n \sqrt{\frac{\omega^3}{I_r}} + 1 \right)^{\frac{1}{2}},$$

где I_r – момент инерции рельсошпальной решетки в горизонтальной плоскости;

m и n – постоянные.

Можно оценить относительную устойчивость бесстыкового пути в зависимости от типа рельса.

Отсюда следует, что необходимое погонное сопротивление поперечному сдвигу бесстыкового пути зависит от отношения $\frac{\omega^{3/2}}{I^{1/2}}$. С увеличением мощности рельса на 10–15 кг/п.м это отношение увеличивается в горизонтальной плоскостях на 8–10 %, при этом величины q для прямого участка бесстыкового пути увеличиваются на 14–17 %.

Обращает на себя внимание существенный рост потребного погонного сопротивления в горизонтальной плоскости. При радиусе 600 м увеличение мощности рельса на 10–15 кг/п. Для обеспечения устойчивости требует увеличения погонного сопротивления пути в горизонтальной плоскости на 20–25 %.

Таким образом, с точки зрения обеспечения устойчивости для бесстыкового пути желательное увеличение момента инерции рельсошпальной решетки в горизонтальной плоскости, в том числе и за счет изменения формы поперечного сечения рельса.

На основании исследований по методике, разработанной [2], нам представляется целесообразным пользоваться формулой:

$$f = f_0 \exp \frac{F^2 \tau}{4EI_{\alpha} \xi}, \quad (4)$$

где F – продольная сила в рельсах;

f и f_0 – текущая и начальная стрела;

ξ – коэффициент вязкости в котором учтены условия эксплуатации.

Анализируя результаты расчетов на прочность и устойчивость бесстыкового пути с учетом новых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Напряжения в рельсах, шпалах и балласте в зависимости от типа рельса изменяются незначительно и их влияние не столь существенно, как величина зазора, и устойчивость рельсошпальной решетки.

2. Зазор при изломе рельса или разрыве стыка зависит не от Δt_p^2 , а от Δt и τ , он также пропорционален не $E\omega$, а $\sqrt{E\omega}$ и обратно пропорционален не r (погонному сопротивлению), а K .

3. Площадь поперечного сечения, как доминирующий фактор отрицательно влияет на устойчивость бесстыкового пути.

4. Погонный вес рельса отрицательно влияет на рассмотренные факторы, в связи с этим целесообразно рассмотреть возможность в будущем выпустить рельс с меньшим погонным весом, например, Р58.

5. Уравнительные пролеты не могут исключить максимальное раскрытие зазоров в осенне-зимний период времени года, в связи с этим необходимо применять меры по сварке стыков, ликвидируя все уравнительные пролеты, как на вновь укладываемых участках бесстыкового пути, так и на ранее уложенных.

6. Для недопущения потери устойчивости рельсошпальной решетки рельсовые плети целесообразно закреплять при оптимальной температуре рельсов так, чтобы в сжатом состоянии они работали не более 1/10 времени эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути / МПС России. – М.: Транспорт, 2000. – 96 с.

2. Новакович В. И. Бесстыковой путь со сверхдлинными рельсовыми плетями. Учебное пособие с грифом МПС. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2001.