

## О возможности укладки стрелочных переводов, примыкающих к бесстыковому пути, без уравнильных приборов и пролётов

В данной работе приведен анализ работы разных конструкций защиты стрелочных переводов от действия температурных усилий в плетях бесстыкового пути. Найдены границы укладки уравнильных приборов и пролетов.

There is analysis of work by different method of protection switch from action of temperatures forces of long welded rails in the article.

Известно, что бесстыковой путь – основная конструкция верхнего строения пути, а бесстыковой путь с плетями длиной в перегон – перспективная [1]. В связи с интенсивным накоплением остаточных деформаций на «дышащих концах» плетей, железные дороги Украины тратят дополнительные средства на текущее содержание и ремонт пути. Заметим, что средняя длина плетей бесстыкового пути на сегодняшний день намного меньше 800 м [8]. Не удивительно, что стратегия «Укрзалізниці» по увеличению скорости движения предполагает, в том числе, и увеличение длины плетей бесстыкового пути больше перегона.

Естественно, при увеличении скорости движения, будет увеличиваться и динамическая составляющая взаимодействия колеса и рельса. Это, в свою очередь, приводит к увеличению уровня шума и загрязненности окружающей среды [12]. Для уменьшения действия этих негативных факторов необходимо ликвидировать уравнильные пролёты и приборы. Кроме того, стрелочные переводы тоже должны отвечать требованиям скоростного движения: обеспечивать необходимую скорость движения как по прямому, так и по боковому направлениям, быть бесстыковым, иметь «безударный» профиль крестовины. Стрелочные заводы Украины изготавливают целый ряд переводов, которые отвечают требованиям ускоренного движения. В частности Днепропетровский стрелочный завод выпускает следующие переводы марки 1/11 типа Р 65 для скоростного движения: Дн 300, Дн 345, Дн 355, Дн 400. Аналогичные изделия Керченского стрелочного завода: КС 1002, КС 6511-01. И хотя каждый перевод имеет множество конструктивных особенностей, в данной статье не преследуется цель их раскрытия.

Общей же проблемой остаются места примыкания стрелочных переводов к бесстыково-

му пути. Согласно с действующими нормативными документами Украины, оно может осуществляться посредством укладки уравнильных приборов, либо уравнильных пролётов [1]. Исключением являются лишь переводы с непрерывной и безударной поверхностями катания. Для защиты их стрелки и крестовины от подвижек, перед рамными рельсами и за крестовиной стрелочного перевода, укладывают уравнильный прибор (смотри рис.1) [5, 6].

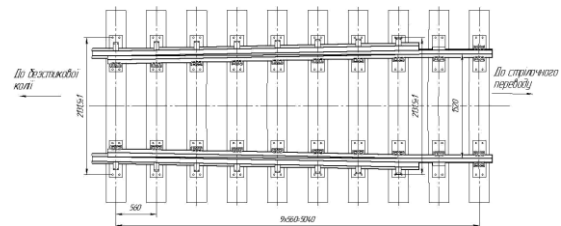


Рис. 1 – Уравнильный прибор

Закономерным является возникновение следующих вопросов, - «Какие же способы защиты существуют за границей? Достаточно ли существующей защиты переводов от передачи температурных продольных усилий бесстыкового пути?». Эти вопросы мы и попытаемся раскрыть в данной статье.

### Историческая справка

Защиту переводов от температурных усилий бесстыкового пути, согласно рекомендаций ОСЖД, нужно осуществлять посредством укладки следующих конструкций верхнего строения пути [4]:

- уравнильные приборы;
- анкерные участки;
- уравнильные пролёты.

Конструкция уравнильных приборов показана выше (рис.1), а принцип действия остается неизменным со времен СССР [11]. Довольно длительный период их эксплуатации позволил выявить как позитивные, так негативные стороны. К негативным сторонам можно

отнести трудность укладки – необходимо вваривать прибор в плеть, большие разовые инвестиции, дополнительные трудности при текущем содержании [11]. Неоспоримым преимуществом является то, что это единственный вид защиты, при котором гарантировано, нивелируются температурные силы плети и не передается подвижек на элементы стрелочного перевода. Неудивительно, что уравнильные приборы начали активно внедрять только в паре с алюмотермитной сваркой стыков. Но их полигон остается очень небольшим по сравнению с полигоном укладки уравнильных пролетов.

Непопулярность анкерных участков может объясняться тем, что их устройство требует изменения верхнего строения части пути, примыкающей к стрелочному переводу. Анкерные участки должны обеспечивать продольное погонное сопротивление сдвигу шпалы по балласту не менее 100 Н/см и 450 Н/см при сдвиге рельса по подкладкам. Таких значений можно достичь используя скрепления с упругими клеммами, которые прижимают рельсу к подкладке с усилием не менее 24 кН. Элементарным расчетом можно определить необходимую эпюру шпал:

$$E_a = \frac{r_a}{r_{1840}} \cdot E_{1840} \quad (1)$$

где  $E_a$ ,  $E_{1840}$  – количество шпал на километр пути для анкерного участка и эпюры 1840 шт/км соответственно;

$r_a$ ,  $r_{1840}$  – удельное продольное сопротивление сдвигу для анкерного участка и участка с эпюрой шпал 1840 шт/км.

Если принять  $r_{1840}$  равным 70 Н/см, то  $E_a \approx 2629$  шт/км. Это соответствует приблизительно 67 шпалам на участке пути в 25 метров.

На железных дорогах Украины эпюру на анкерных участках не увеличивают. Также следует отметить, что такая защита переводов позиционируется только как дополнительная [1]. Ее используют на «дышащих концах» плети. Таким образом, на сегодняшний день нет опыта работы указанной конструкции в температурно-неподвижной части плети.

Наиболее распространенным методом защиты стрелочных переводов от воздействия температурных усилий, является устройство уравнильных пролетов. Такое положение вещей легко объясняется исторически. Еще в начале 30-х годов прошлого столетия, когда бесстыко-

вой путь только начинали внедрять на железных дорогах СССР, уравнильные пролеты активно использовались для регулирования длины рельсового пути. Скорость увеличения полигона бесстыкового пути температурно-напряженного типа диктовалась недостаточным количеством машин ПРСМ, так как в то время бытовало мнение о недостаточной прочности стыка алюмотермитной сварки. Поэтому использование уравнильных пролетов в то время было оправдано. На сегодняшний день самым слабым местом бесстыкового пути являются именно уравнильные пролеты. На текущее содержание и ремонт «дышащих концов» и уравнильных пролетов приходится около 50 % общих затрат труда и материалов [8, 10].

Таким образом, на железных дорогах Украины защита стрелочных переводов от действия температурных сил плети, практически везде обеспечивается уравнильными рельсами.

#### Анализ методов защиты

Для определения лучшего способа защиты стрелочных переводов, прежде всего, требуется назначить критерии. Главным критерием является безопасность движения поездов. Поскольку действие температурных усилий на крестовину стрелочного перевода с непрерывной поверхностью катания приведет к смещению ее подвижной части, примыкание к ней однозначно должно происходить через уравнильный прибор. Для всех других вариантов необходим предварительный анализ.

Уравнильные приборы, по нашему мнению нужно ставить только в том случае, когда другие методы защиты недостаточны.

Что касается анкерных участков, то они заслуживают внимание только как самостоятельная, а не дополнительная защита от передачи температурных усилий на элементы стрелочного перевода. В таком случае стрелочные переводы необходимо вваривать в температурно-неподвижную часть бесстыковой плети. Необходимо заметить, что в Германии примыкание бесстыковых стрелочных переводов к рельсовым плетям может осуществляться с помощью анкерных участков или уравнильных приборов [5].

При непосредственном сваривании переводов с плетями, температурная сила будет распределяться не равномерно. Эпюра распределения осевых продольных температурных усилий обычного бесстыкового стрелочного перевода марки 1/12, была выявлена экспери-

ментальным путем (смотри рисунок 2) [5].

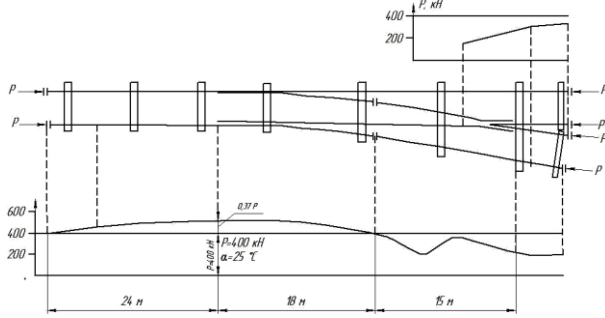


Рис. 2 – Схема действия температурных и эпюра продольных усилий, которые передаются на балласт

Функция распределения температурных усилий не линейная. Она достигает максимума в сечении острия остряка. При этом максимальное значение превышает среднее приблизительно на 40%. Это можно объяснить прикреплением остряка к рамному рельсу через специальный вкладыш (смотри рисунок 3) [9].



Рис. 3 – Корневое крепление гибкого остряка

Поэтому при сваривании перевода с бесстыковой плетью необходимо увеличить сопротивление продольному перемещению именно в зоне острия остряка. Те же меры нужно предпринять и в случае защиты стрелочного перевода анкерными участками.

При вваривании стрелочного перевода в среднюю часть плети бесстыкового пути без использования специальных конструкций верхнего строения пути со стороны рамных рельсов, элементы стрелочного перевода перемещаться не будут. Это объясняется их местоположением в температурно-неподвижной части. Такое положение вещей удовлетворяет требованиям действующих нормативных документов [1, 2, 3]. Кроме того, бесстыковой путь, по сравнению с уравнительными приборами и звеньевым путем более простая конструкция верхнего строения пути, потому и более надежная.

На вопрос «Передаются ли на стрелочные переводы температурные усилия от плетей через уравнительные пролеты», ответил эксперимент, проведенный в 1990 году на перегоне Асеевская — Чадаевка. В зоне примыкания к стрелочным переводам укладывались две пары рельсов, длиной по 12,5 м каждая [7]. Для по-

вышения несущей способности подрельсовой основы, в зоне уравнительных пролетов, эпюра шпал увеличивалась до 2160 шт/км.

Опыт эксплуатации таких плетей показал, что концевые участки берут активное участие в температурной работе, а, значит, передают усилия на элементы стрелочных переводов. Таким образом, эксперимент доказал необходимость пересмотра существующих методов примыкания стрелочных переводов к рельсовым плетям.

Этот же вывод был получен и аналитическим путем. Определялась температурное продольное усилие, что не компенсировалось за счет стыковых зазоров:

$$P_t = \alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t_{\text{зал.}} \quad (2)$$

где  $\alpha$  – температурный коэффициент расширения стали  $\alpha = 0,000118 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;

$E$  – модуль упругости рельсовой стали

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$F$  – площадь поперечного сечения

$$\text{рельса } F = 82,65 \text{ см}^2.$$

Некомпенсированная температура находилась следующим образом:

$$\Delta t_{\text{зал.}} = \Delta t - \frac{r \cdot x}{\alpha \cdot E \cdot F} \quad (3)$$

где  $r$  – продольное сопротивление сдвигу шпал по балласту или рельса по подкладкам.

Длину удлинения рельсового пути находили по такой зависимости:

$$x = \sqrt{\frac{\Delta_n \cdot 2 \cdot E \cdot F}{r}} \quad (4)$$

Удлинение плети  $\Delta_n$  рассчитывалось по методике Альбрехта [11].

Реальная суммарная величина сокращения зазоров определялась следующим образом:

$$\sum \Delta = \Delta_n + \Delta_s \quad (5)$$

Сокращение зазоров за счет сокращения рельсов уравнительных пролетов находили по такой формуле:

$$\Delta_{\text{з.л.}} = \begin{cases} x < \frac{l_3}{2}, \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot F \cdot \Delta t}{2 \cdot r} \\ x \geq \frac{l_3}{2}, \alpha \cdot \sum l_3 \cdot \left( \Delta t - \frac{r \cdot \sum l_3}{\alpha \cdot E \cdot F} \right) \end{cases} \quad (6)$$

где  $l_3$  – длина рельса в уравнительных пролетах.

В летний период сопротивление движению

рельсов по подкладкам превышает сопротивление движению шпал по балласту. Поэтому значение удельного сопротивления принималось равным 7 кН/м. Величина зазора в стыке, во время укладки уравнительных пролетов, принималась равной 10 мм. Полученные результаты, приведены в графической форме на рисунке 4.

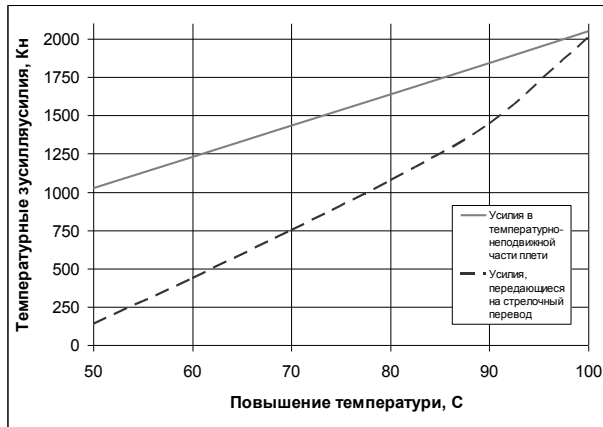


Рис.4 Усилия, передающиеся на стрелочный перевод.

По результатам видно, что при повышении температуры на 50°C на элементы стрелочного перевода будут передаваться температурные усилия со стороны плети. То есть, для всех плетей с нейтральной температурой ниже 12°C.

Следует заметить, что описанная методика не учитывает возможности сгона всех рельсов уравнительных пролетов в одну сторону. В этом случае стыковые болты будут работать на срез, а разрыв стыка станет гораздо опаснее, чем поломка рельса в плети бесстыкового пути. Также не учитывались дополнительные усилия от удара колеса по рельсам стыка. Все описанные предусловия не уменьшают значимости полученных результатов, а лишь раскрывают дальнейшее направление исследований.

В свете вышесказанного, реализация примыкания стрелочных переводов к бесстыковому пути с помощью уравнительных пролетов, нежелательна.

#### Тональные рельсовые цепи

Все стрелочные переводы, которые отвечают требованиям скоростного движения, имеют в середине переводной кривой обычный изолирующий стык. Его конструкция не рассчитана на работу под постоянными температурными напряжениями. Поэтому для надежной работы стрелочного перевода, сваренного с бесстыковыми плетями, обычные изостыки следует заменить на высокопрочные клееболтовые.

Изостыки, как и обычные стыки, создают дополнительное сопротивление движению, увеличивают уровень динамического воздейст-

вия подвижного состава на путь, увеличивают уровень шума, негативно сказываются на комфортабельности езды пассажиров. Кроме того, система автоблокировки, основанная на укладке изостыков, имеет меньшую надежность и требует больше затрат, чем микропроцессорная с тональными рельсовыми цепями [6]. Поэтому на участках ускоренного движения предлагается заменить существующую систему автоблокировки. Для указанной системы даже на стрелочном переводе необходимо устанавливать только одну пару изостыков: при преимущественном движении по прямому направлению, стыки устанавливают на боковой путь и наоборот.

## ВЫВОДЫ

На железных дорогах Украины, защита стрелочных переводов от действия температурных сил плети, практически везде обеспечивается уравнительными рельсами.

Уравнительные приборы, по нашему мнению нужно ставить только в том случае, когда другие методы защиты недостаточны.

Стрелочные переводы можно вваривать в среднюю часть плети бесстыкового пути без использования специальных конструкций верхнего строения пути со стороны рамных рельсов.

Примыкания стрелочных переводов к бесстыковому пути с помощью уравнительных пролетов, не обеспечивает полной защиты их элементов от действия температурных усилий.

Для надежной работы стрелочного перевода, сваренного с бесстыковыми плетями, обычные изостыки следует заменить на высокопрочные клееболтовые.

## БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстыкової колії на залізницях України. ЦП-0266 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 01.02.12. №033-Ц / Мін-во інфраструктури України. К., 2012. - 150 с.
2. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0138 [Текст] / Затв. Наказ Укрзалізниці 22.12.05. № 427-Ц / Мін-во трансп. та зв'язку України. К., 2006. - 314 с.
3. Технічні вказівки із збирання, укладання та утримання зрівнювального пристрою типу Р 65 у складі безстыкової колії і стрілочних переводів. ЦП 0145 [Текст] / Затв. Наказ Укрзалізниці 22.12.05. № 427-Ц / Мін-во трансп. та зв'язку України. К., 2006. - 32 с.
4. Протокол ради експертів з технічних питань по темі 3 колійної тематики: «Розробка матеріалів

- по залізобетонним шпалам, брусам та стрілочним переводам» [Текст]. – Угорщина, 2000.
5. Modern Railway Track [Електрон. ресурс] / editing D. Z. Nieuwenhuizen. – D.: TUDelft, 2001. - 654с. – Режим доступу: <http://www.esveld.com>.
  6. Новакович, В. И. Проблемы и перспективы развития бесстыкового пути [Текст] / В. И. Новакович // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – №8. – С. 14-18.
  7. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. Е. Федоров. – С.: самарская государственная академия путей сообщения, 2004. - 132 с.
  8. Клименко, В. Я. Рельсовые плети длиной до перегона с уравнительными стыками [Текст] / В. Я. Клименко, Л. В. Клименко // Вестн. ВНИИЖТа. – 2004. – №2. – С. 14-18.
  9. Каталог товарів Дніпропетровського стрілочного заводу [Текст]. – Дніпропетровськ 2009
  10. Боченков, М. С. Исследование температурной работы концевых участков рельсовых плетей бесстыкового пути [Текст] / Труды ЦНИИ МПС, вып. 244. / М. С. Боченков. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 176с.
  11. Бесстыковой путь [Текст] / под ред. В. Г. Альбрехта. – М.: Транспорт, 1982 – 206 с.