

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано совещанием экспертов
Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу
4 – 7 мая 2015 г., Чешская Республика, г. Кутна Гора

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
27 - 30 октября 2015 г., Комитет ОСЖД,
г. Варшава, Республика Польша

Дата вступления в силу: 30 октября 2015 г.

P 776

**УСЛОВИЯ УКЛАДКИ
БЕССТЫКОВОГО ПУТИ НА БОЛЬШИХ МОСТАХ
БЕЗ УРАВНИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Укладка бесстыкового пути на больших мостах без уравнильного прибора представляет собой важный показатель технического прогресса и является одним из важных подходов при организации движения поездов с повышенными скоростями и при высокоскоростном движении. Цель представления данной информации сводится к следующему:

- рекомендации по укладке бесстыкового пути без уравнильного прибора на мостах при температурных пролётах свыше 120 м;
- максимально повысить ровность пути и комфортабельность езды;
- снизить стоимость содержания пути при обеспечении безопасности движения поездов.

Данная информация разработана на основе обобщения технологии укладки бесстыкового пути на китайских железных дорогах. Она соответствует следующим условиям: нагрузка на ось подвижного состава 25 т, наибольшая скорость движения 200 км/ч. Данная информация включает 2 раздела и 1 приложение. Основные разделы включают нормы оборудования бесстыкового пути на мостах без уравнильного прибора, проектирование бесстыкового пути на мостах.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I . Оборудование бесстыкового пути на мостах.....	4
1. Основные требования.....	4
2. Подрельсовые основания пути на мостах.....	4
3. Рельсы.....	5
4. Рельсовые скрепления.....	6
Раздел II . Проектирование бесстыкового пути на мостах без уравнильного прибора.....	7
1. Основные требования.....	7
2. Расположение рельсовых скреплений.....	8
3. Температура закрепления рельсовой плети.....	8
4. Расположение реперов для наблюдения за перемещением рельсовых плетей.....	11
Приложение: Усилия растяжения и сжатия бесстыкового пути, приложенные на типовых мостах и опорах.....	11

Раздел I. Оборудование бесстыкового пути на мостах

1. Основные требования

1.1.1. На больших мостах без уравнильного прибора необходимо укладывать температурно-напряженный бесстыковой путь.

1.1.2. Бесстыковой путь на мостах изготавливается из термоупрочненных рельсов с прочностью не менее 880 Мпа и длиной не менее 25 м.

1.1.3. Перед укладкой бесстыкового пути необходимо устранять неисправности пролетных строений, промежуточных опор и устоев. Промежуточные опоры и устои должны обеспечивать восприятие нагрузок, вызываемых продольными усилиями в плетях.

1.1.4. На мостах по краям пролетного строения можно применять специальные или упругие скрепления. На железобетонных мостах в большинстве случаев применяются упругие скрепления. На мостах со сквозными фермами можно применять упругие или жесткие скрепления.

1.1.5. В случае пути на балласте на железобетонных мостах следует применять предварительно напряженные железобетонные шпалы.

1.1.6. Для конструкций пути на мостовых брусьях, на мостах со сквозными фермами необходимо применять синтетические брусья или брусья из твердых пород деревьев, обработанные антисептиком.

1.1.7. Необходимо установить реперы для наблюдения за перемещениями бесстыкового пути. Положение пути должно быть зафиксировано четкими и долговечными отметками.

2. Подрельсовые основания пути на мостах

2.1. Балластный путь

2.1.1. Необходимо применять высококачественный щебеночный балласт, качество которого должно соответствовать требованиям действующих норм.

2.1.2. Минимальные размеры и характеристики балластной призмы должны соответствовать требованиям, приведенным в Табл. 1 и Табл. 2.

Размеры балластной призмы

Таблица 1

Ширина поверхности, м	Толщина, см	Уклоны откоса	Повышение балластного плеча, см	Поверхность балластной призмы, см
3.4	25	1:1.75	15	ниже подошвы рельса 3 см

Характеристики балластной призмы на мостах

Таблица 2

Продольное сопротивление, кН/шпала	Поперечное сопротивление, кН/шпала	Опорная жесткость, кН/мм	Плотность балластной призмы, г/см ³
12	10	100	1.70

2.1.3. При загрязнении балластной призмы выполняется плановая очистка, с целью сохранения ее свойств и предотвращения выплесков.

2.2. При расположении балластного пути на мостах необходимо применять предварительно напряженные железобетонные шпалы с эпюрой не менее 1667 шпал на километр.

2.3. Для конструкций пути на мостовых брусках, на мостах со сквозными фермами необходимо применять синтетические бруска или бруска из твердых пород деревьев, обработанные антисептиком.

3. Рельсы

3.1. Основные технические требования:

3.1.1. Бесстыковой путь на мостах должен состоять из новых рельсов, соответствующих требованиям действующих норм.

3.1.2. Следует применять термоупрочненные рельсы с прочностью не менее 880 Мпа.

3.2. Сварные стыки.

3.2.1. На рельсосварочном предприятии рельсы следует сваривать электроконтактным способом. На месте строительства рельсы должны быть сварены электроконтактным способом с помощью передвижных рельсосварочных машин.

3.2.2. При строительстве сварной стык не должен располагаться на расстоянии не менее чем 2 м от оси промежуточной опоры стальной фермы, работающей как сжато-растянутая балка, и стены устоя.

3.2.3. Качество сварных стыков рельса должно соответствовать требованиям действующих технических норм. Отклонения от прямолинейности не должны превышать значений, приведенных в табл. 3.

Отклонения сварных стыков от прямолинейности

Таблица 3

Поверхность рельса	Норма ровности, мм	Примечание
Поверхность катания	+0,3 0	“+” обозначает превышение относительно поверхности катания рельса
Внутренняя рабочая грань головки рельса	+0,3 - 0,3	“-” обозначает впадину
Поверхность подошвы рельса	+0,5 0	“+” обозначает выпуклость

4. Рельсовые крепления

4.1. Рельсовые крепления бесстыкового пути на мостах должны соответствовать действующим техническим нормам.

4.2. Рекомендуется использовать упругие рельсовые крепления 2 типов с разными силами прижатия: 4 кН, 9 кН

4.3. Продольное сопротивление пути со специальной системой рельсовых креплений не должно превышать 5 кН/м/рельс.

4.4. На мостах вблизи концов пролетных строений можно применять специальные или упругие крепления с малой силой прижатия. На железобетонных мостах в большинстве случаев применяются упругие крепления. На мостах со сквозными фермами можно применять упругие или жесткие крепления.

Раздел II. Проектирование бесстыкового пути на мостах без уравнильного прибора

1. Основные требования

1.1. Продольные усилия от бесстыкового пути, приложенные к промежуточным опорам, устоям и основаниям мостов включают:

1.1.1. Сжимающее и растягивающее усилие

Пролетное строение сжимается или растягивается от изменения температуры. В результате между пролетным строением и рельсом происходят относительные перемещения. Продольные усилия, происходящимся от взаимовоздействия продольного строения и рельса, называют усилием растяжения-сжатия, которое обозначается T_1 (кН/рельс). Величина силы растяжения-сжатия бесстыкового пути, воспринимаемой промежуточными опорами при определенных пролетных строениях моста, приведено в приложении.

1.1.2. Изгибающее усилие

Пролетное строение изгибается от воздействия нагрузок подвижного состава. При этом пролетное строение и рельс перемещаются относительно друг друга. Возникающие продольные усилия называются изгибающими усилиями и обозначаются T_2 (кН/рельс).

1.1.3. Усилие излома рельса

При низких температурах возможен излом рельса. При этом происходит перемещение рельса относительно пролетного строения. Продольное усилие, вызванное взаимодействием пролетного строения и рельса при изломе, называется усилием излома рельса и обозначается T_3 (кН/рельс).

1.1.4. Усилие торможения и разгона поезда

При торможении или разгоне поезда между рельсом и пролетным строением возникает продольное усилие, которое называется усилием торможения или разгона поезда, и обозначается T_4 (кН/рельс).

2.1. При расчете продольных усилий бесстыкового пути, приложенных к промежуточным опорам и устоям моста необходимо учитывать следующие предпосылки:

2.1.1. При контрольных расчетах главными считаются усилия растяжения-сжатия или изгибающие усилия на каждый рельс моста.

2.1.2. На однопутных мостах при контрольных расчетах усилие торможения учитывается как дополнительное.

2.1.3. На однопутных мостах при контрольных расчетах, если на

один рельс воздействует главное усилие растяжения-сжатия, а на другой рельс – дополнительное усилие, возникающее при изломе этого рельса, то результирующее усилие как сумма главного и дополнительного усилий.

2.1.4. На двухпутных мостах при контрольных расчетах, если на один путь воздействует дополнительное усилие от торможения поезда, а на один рельс другого пути воздействует усилие от излома этого рельса, то результирующее усилие рассчитывается как сумма главного и дополнительного усилий.

2.2. Бесстыковой путь на мостах должен отвечать требованиям расчета на прочность и устойчивость.

2.3. При контрольном расчете на прочность и устойчивость бесстыкового пути на больших мостах без уравнильного прибора необходимо учитывать следующие предпосылки:

2.3.1. Влияние максимального напряжения растяжения-сжатия в сечении рельса у конца пролетного строения.

2.3.2. При низких температурах в случае излома рельса ширину возникшего зазора шва рельса следует сдерживать в допустимом пределе.

2.4. Длина рельсовой плети, изготовленной на рельсосварочном предприятии, должна быть не менее 500 м.

2. Расположение рельсовых креплений

2.1. Рельсовые крепления бесстыкового пути на мостах должны быть одного типа.

2.2. Можно уменьшить продольные усилия взаимодействия пролетного строения и рельса на больших мостах без уравнильного прибора, где укладывается бесстыковой путь. Это обеспечивается путем применения упругих креплений с меньшим прижимающим усилием, или специальных рельсовых креплений в пределах определенной длины моста. Однако, необходимо обеспечить отсутствие угона рельсовых плетей на мостах.

2.3. Необходимо усилить закрепление бесстыкового пути на подходах с обеих сторон моста. Длина закрепленной части на подходах должна быть не менее 200 м.

3. Температура закрепления рельсовой плети

3.1. Температура закрепления бесстыкового пути в пределах моста, а вне его должна быть одинаковой.

3.2. Проектная температура закрепления бесстыкового пути рассчитывается с учетом местных максимальной и минимальной температур рельсовой плети и допустимых температур повышения и понижения этой плети. Температура закрепления бесстыкового пути на мостах должна удовлетворять требованиям контрольного расчета для ширины зазора, возникающего в месте излома рельса.

3.3. Расчет проектной температуры закрепления плети должен соответствовать следующим требованиям:

3.3.1. Проектная температура закрепления бесстыкового пути с балластным основанием определяется по формуле:

$$T_e = \frac{T_{\max} + T_{\min} - [\Delta T_d] + [\Delta T_u]}{2} + T_k$$

где T_e -----Проектная температура закрепления бесстыкового пути, °С

T_{\max} -----Максимальная температура рельса, °С

T_{\min} -----Минимальная температура рельса, °С

$[\Delta T_d]$ -----Допустимое понижение температуры бесстыкового пути, °С

$[\Delta T_u]$ -----Допустимое повышение температуры бесстыкового пути, °С

T_k -----Допустимая величина проектной температуры закрепления рельса, обычно 0~5°С

3.3.2. Проектная температура закрепления бесстыкового пути без балласта определяется по формуле:

$$T_e = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + T_k$$

где T_k -----Допустимая величина проектной температуры закрепления рельса, обычно 0~5°С

3.3.3. Значение проектной температуры закрепления рельса принимается 10°С, а в тяжелых условиях не меньше чем 6°С.

Верхний предел проектной температуры закрепления рельса

$$T_{Tu} \leq t_e(3-5)^\circ\text{C}$$

Нижний предел проектной температуры закрепления рельса

$$T_{Td} \leq t_e(3-5)^\circ\text{C}$$

Верхний и нижний пределы должны удовлетворять следующим условиям: Максимальный допуск на повышение температуры

$$\Delta T_{u \max} \leq T_{\max} - T_d \leq [\Delta T_u]$$

Максимальный допуск на понижение температуры

$$\Delta T_{d \max} \leq T_u - T_{\min} \leq [\Delta T_d]$$

3.3.4. Разница температур закрепления бесстыкового пути между двумя соседними плетями не должна превышать 5°C . На одном и том же перегоне разница между максимальной и минимальной температурами закрепления рельсовых плетей не должна быть выше чем 10°C . Разница температур закрепления между левым и правым рельсом не должна превышать 5°C для железных дорог, где обращаются поезда со скоростью движения до 160 км/ч , а для железных дорог, где скорость движения поездов свыше 160 км/ч , данная величина не должна превышать 3°C .

3.3.5. Ширина зазора, возникающего в месте излома рельса определяется по формуле

$$E \leq A \alpha \Delta T_{d \max} \frac{r}{r} \leq [E]$$

где E ---ширина зазора в месте излома рельса (мм)

A ---площадь сечения рельса (мм^2)

α ---коэффициент линейного расширения рельса $1.18 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$.

$\Delta T_{d \max}$ ---максимально возможное повышение температуры рельса ($^\circ\text{C}$).

r ---продольное сопротивление пути (кН/м/рельс)

$[E]$ ---допустимая ширина зазора в месте излома рельса, для пути с балластом - 80 мм , и без балласта - 100 мм .

4. Расположение реперов для наблюдения за перемещением рельсовых плетей

4.1. Реперы для наблюдения за перемещением бесстыкового пути необходимо предварительно прочно закрепить с двух сторон пути. После закрепления рельсовых плетей производится отметка положения реперов на рельсах.

4.2. При новом строительстве железных дорог репера располагаются либо с одной, либо с двух сторон пути.

4.3. Репера для наблюдения за перемещением бесстыкового пути необходимо располагать на одинаковом расстоянии. Расстояние между двумя реперами не должно превышать 500 м. Пример расположения реперов приведен на рисунке 1.

4.4. На больших мостах необходимо устанавливать дополнительные реперы для наблюдения за перемещением рельсовой плети на концах места.

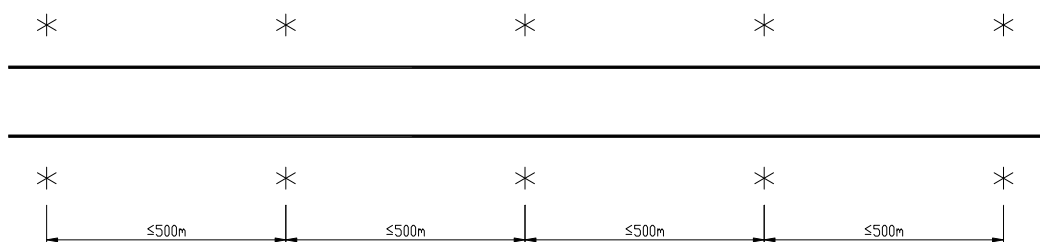


Рис. 1. Эпюра реперов для наблюдения за перемещением
рельсовой плети

Приложение: Усилия растяжения и сжатия бесстыкового пути, приложенные на типовых мостах и опорах

1. В качестве примера усилий растяжения и сжатия бесстыкового пути, приложенных к промежуточным опорам равнопролетного моста с рельсом типа СНН 60 приводятся в табл.0.1. Для рельсов других типов можно рассчитать усилия сжатия-растяжения пропорционально площади сечения этого рельса.

Табл. 1. Усилия растяжения и сжатия бесстыкового пути, приложенные на типовых мостах и опорах Т1(кН/рельс)

Пролет моста	Сопротивление пути		
	7кН/рельс	10кН/рельс	15кН/рельс
16м	20.7	27.3	36.0
24м	32.5	41.8	53.4
32м	43.3	54.3	67.8
45м	57.5	70.2	83.9

2. На рис.2-1 показано распределение усилий сжатия-растяжения бесстыкового пути и перемещение пролета и рельса при условии равнопролетного моста с величиной пролета 32м, $r=7\text{кН/рельс}$ (см.табл.1). Распределение усилий сжатия-растяжения, приложенного к опорам моста Т1, приводится в рис.2-2.

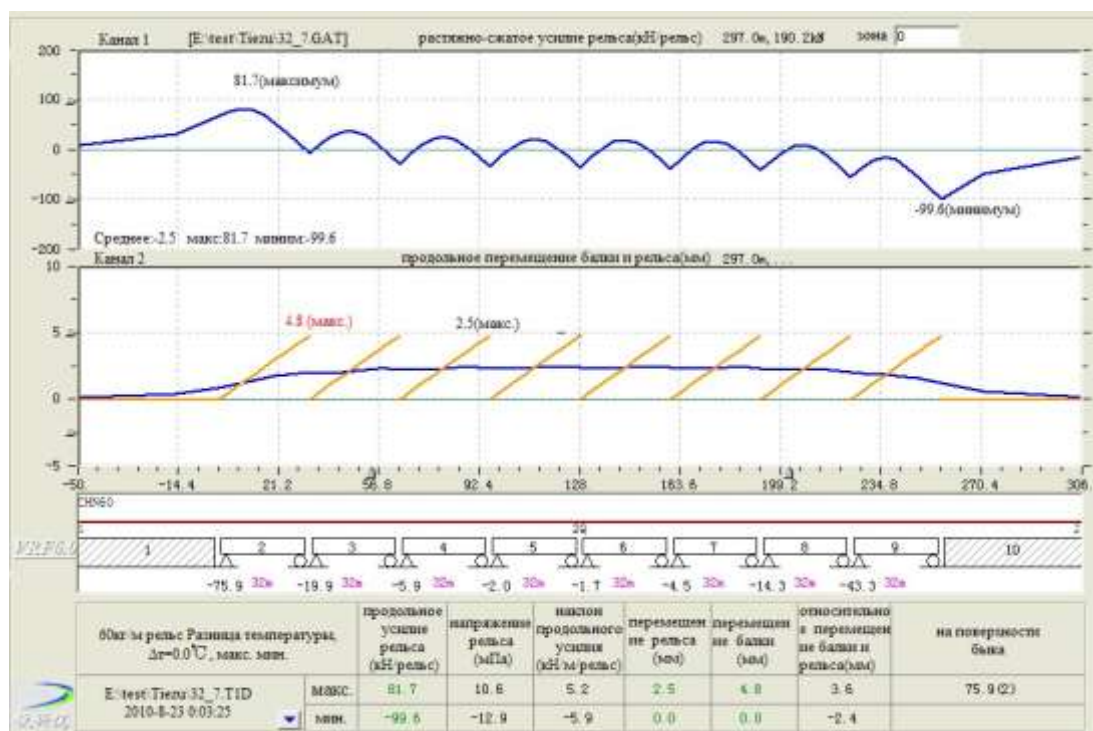


Рис. 2-1. Распределение усилий растяжения-сжатия и перемещения пролетного строения и рельса.



Рис.2-2 Распределение напряжений рельса и усилий растяжения-сжатия T1, приложенных на опорах и устоях.

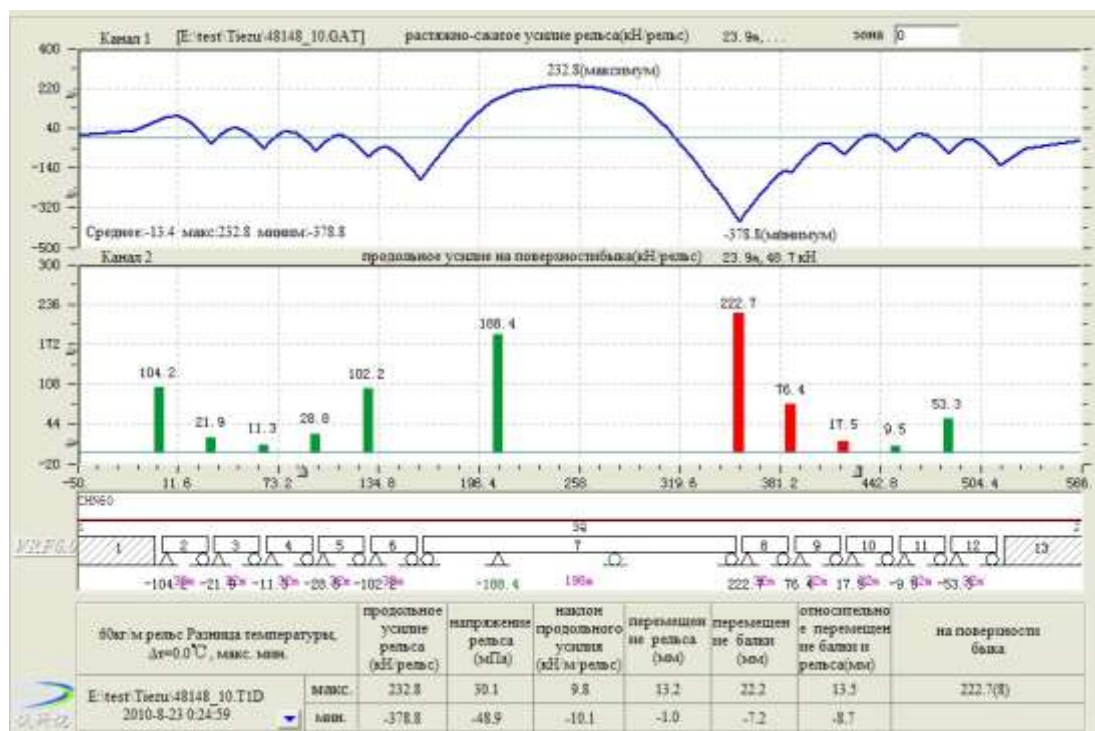


Рис. 3-1. Распределение продольных усилий рельса и усилий растяжения-сжатия T1, приложенных на опорах и устоях при применении рельсовых креплений, у которых сопротивление продольному смещению составляет 10кН/м/рельс.



Рис. 3-2. Распределение продольных усилий рельса и усилий растяжения-сжатия Т1, приложенных на опорах и устоях при применении рельсовых скреплений, у которых сопротивление продольному смещению составляет 7 кН/м/рельс.

3. В качестве примера на рисунках 3-1 и 3-2 показаны результаты сравнительного расчета усилий растяжения-сжатия при условии: тип рельса СНН60, объекты сравнения: 1,5-32м простая балка, +(48+100+48) м железобетонная неразрезная балка, +5-32 простая балка, на которых применяются рельсовые скрепления с сопротивлением продольному перемещению пути 10 кН/м/рельс.

В концах неразрезной балки применяются рельсовые скрепления с сопротивлением продольному перемещению пути 7 кН/м/рельс, на остальных пролетах -10 кН/м/рельс.

По действующим правилам необходимо укладывать уравнительные приборы на концах неразрезной балки (Рис.3-1). Если на концах балки по всей длине применяются рельсовые скрепления с сопротивлением продольному перемещению пути меньшем, чем 7 кН/м/рельс, то максимальное продольное усилие рельса уменьшается на 21 %, а продольное усилие, приложенное к опорам моста, уменьшается на 33 %. В таких случаях можно не укладывать уравнительный прибор.