

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

IV издание

Разработано совещанием экспертов Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
26-28 июня 2018 г., Республика Болгария, г. Бургас

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
23-25 октября 2018 г., Комитет ОСЖД, Республика Польша,
г. Варшава

Дата вступления в силу: 25 октября 2018 г.

Примечание: теряет силу III издание от 22.10.2010 г.

P 708

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УКЛАДКЕ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ
НА МОСТАХ БЕЗ БАЛЛАСТА**

Введение

Целью укладки бесстыкового пути на мостах является уменьшение динамического воздействия поездов на продольные строения и опоры мостов для продления срока службы мостов и пути на них, уменьшения объема работ по их содержанию, улучшение комфортабельности езды пассажиров.

При укладке бесстыкового пути на мостах необходимо учитывать продольные силы от температурного изменения длин и прогиба пролетных строений, от собственного изменения температуры рельсов и воздействие поездных нагрузок. Во избежание возникновения чрезмерных продольных сил, передаваемых на пролетные строения мостов и рельсовые плети, необходимо принимать мероприятия по уменьшению сил продольных сопротивлений рельсовых скреплений, уложенных на мосту. Степень уменьшения их должна быть обеспечена условием, чтобы зазор при разрыве рельсов зимой не превышал допускаемой величины. Поэтому при укладке бесстыкового пути на мосту необходимо иметь специальные указания.

1. Определения

Основные термины представлены в Памятке Р 709-10 «Рекомендации по терминологии «бесстыковой путь» (II издание от 26.10.2007 г.). Кроме этого, используются следующие понятия:

Напряжённое состояние рельса в пути определяется:

- изменением температурного напряжения в продольном и поперечном направлении (сжимающие температурные силы, возникающие в бесстыковом пути при повышении температуры рельсов и силы, возникающие в плетях от перемещений пролетных строений моста);
 - силами трогания и тормозными силами от подвижного состава,
 - вертикальной нагрузкой, давлением от колес подвижного состава,
 - боковыми ударами (поперечная нагрузка от подвижного состава),
 - прогибом, ползучестью, усадкой, поворотом пролетных строений,
 - сопротивляемостью бесстыкового пути сдвигу в поперечном направлении (против выброса);
 - сопротивляемостью бесстыкового пути в продольном направлении против перемещения.

Тип рельсов – Р50, Р65, S49, UIC54, UIC60.

Параметры моста:

- вертикальная жёсткость пролетного строения;
- продольная жёсткость пролетного строения, определяемая продольными и ветровыми связями;
- жёсткость неподвижных опорных частей;
- стабильность нижней части – опор и устоев;

- несущая способность фундаментов опор;
- конструкция мостового полотна на металлических железнодорожных мостах с ездой на деревянных мостовых брусьях и специальных железобетонных брусьях или плитах;
- расстояние от поверхности пролетного строения до нейтральной оси рельса;
- количество и расположение уравнительных стыков;
- схема моста включает в себя статическую систему пролетных строений (простая балка, неразрезная балка), количество пролетных строений и их длина (многопролётная простая балка, неразрезная балка с несколькими пролетами),
- расположение подвижных и неподвижных опорных частей пролетного строения,
- длина температурных пролетов моста L_T .

2. Общие требования

2.1. До укладки бесстыкового пути неисправности опор, пилонов или устоев должны быть устранены.

2.2. Погонный вес рельсов, укладываемых на мостах, не должен быть меньше, чем вес рельсов бесстыкового пути на подходах к мосту.

2.3. Сварка рельсов должна быть произведена электроконтактным способом. Соединительные рельсовые стыки, сварка которых выполняется на местах укладки, могут быть также сварены термитным способом. Соединительные сварные стыки должны, по возможности, устраиваться вне мостов. В случае невозможности этого, они должны быть расположены в местах, где усилие, воспринимаемое рельсовыми плетями, будет наименьшим, при этом соединительные стыки следует размещать не ближе 2 м от шкафных стенок устоев.

2.4. В целях уменьшения механического износа мостовых брусьев и облегчения их замены, между отдельными брусьями и рельсовыми подкладками должны быть установлены резиновые, деревянные или пластмассовые прокладки (толщиной до 10 мм).

2.5. На мостах не должны устанавливаться противоугоны, за исключением случаев, оговоренных особыми указаниями.

2.6. Сумма напряжений в рельсах от изменения температуры, изгиба под поездными нагрузками, удлинения (укорочения) и прогиба пролетных строений и т.д., на мостах не должна превышать допустимого значения напряжений $[\sigma]$ в рельсах и сварных стыках

$$\sigma_t + \sigma_{пс} + \sigma_{\Delta пс} + \sigma_{fпс} \leq [\sigma] \quad (2.1)$$

где σ_t - температурные напряжения, $\sigma_t = \alpha E \Delta t$, МПа,

$\sigma_{пс}$ - изгибные напряжения от подвижного состава, МПа,

$\sigma_{\Delta пс}$ - напряжения от изменения длины пролетного строения, МПа,

$\sigma_{fпс}$ - напряжения, вызванные прогибом пролетного строения, МПа.

Суммарные напряжения определяются для максимальных и минимальных температур рельсов. Изгибные напряжения зависят конструкции пути, используемого подвижного состава и установленных скоростей движения поездов. Напряжения от изменения длины пролетного строения зависят от погонного сопротивления продольному перемещению рельсов. Напряжения, вызванные прогибом пролетного строения, зависят от положения мостового полотна относительно нейтральной оси пролетного строения и характеристик пролетного строения.

2.7. При проверочном расчете пути на мостах на устойчивость необходимо учитывать силы, появляющиеся в плетях у устоев, имеющих подвижные опоры, вследствие температурного удлинения пролетного строения.

$$\sum P_i \leq [P] \quad (2.2)$$

Суммарные продольные силы зависят от максимальной температуры рельсов и от погонного сопротивления продольному перемещению рельсов относительно пролетного строения при изменении его длины.

2.8. В случае излома рельсов при минимальной расчетной температуре расчетный зазор не должен превышать допустимую величину $[\lambda]$, равную 50 мм, однако отдельные страны-участницы ОСЖД могут устанавливать и другие величины $[\lambda]$. При этом величина расчетного зазора зависит от схемы расположения опорных частей и длины пролетных строений, типа рельса, погонного сопротивления продольному перемещению рельсов относительно пролетного строения и в общем виде может быть определена по формуле:

$$\lambda = \frac{FE\alpha^2\Delta t^2}{r} + \alpha L_t\Delta t + \frac{rL'_2L''_2}{EF} \quad (2.3)$$

- где F - площадь поперечного сечения рельса;
 E - модуль упругости рельсовой стали;
 α - коэффициент температурного расширения рельсовой стали;
 Δt - максимальное понижение температуры рельса;
 r - погонное сопротивление продольному перемещению рельсов;
 L_t - температурный пролет.
 L'_2 - длина закрепленной части плети на соседнем пролете;
 L''_2 - длина незакрепленной части плети на соседнем пролете.

2.9. При укладке вместо уравнильных приборов уравнильных рельсов необходимо обеспечить недопущение работы стыковых болтов на срез.

$$\sum \Delta l = \sum \Delta \delta \quad (2.4)$$

- где $\sum \Delta l$ - суммарное укорочение прилегающих плетей с учетом стыкового сопротивления, $\sum \Delta l = \frac{FE\alpha^2(\Delta t - t_{ст})^2}{r}$, $t_{ст}$ - максимальная температура, при которой начинаются продольные перемещения рельсов в затянутом стыке;
 $\sum \Delta \delta$ - суммарное конструктивное увеличение всех зазоров уравнильных рельсов относительно зазоров закрепления;

2.10. При проверочном расчете бесстыкового пути на мостах необходимо выполнить проверку на не превышение продольными силами, передаваемыми на неподвижные опоры, допускаемых значений:

$$\sum R \leq [R] \quad (2.5)$$

При укладке бесстыкового пути с полным или частичным закреплением пути на пролетном строении, кроме сил тяги и торможения, появляются дополнительные продольные силы, которые зависят от погонного сопротивления продольному перемещению рельсов относительно пролетного строения и длины закрепления плети на пролетном строении ($L_{закр}$):

$$R_r = r L_{закр} \quad (2.6)$$

2.11. При проектировании бесстыкового пути на мостах необходимо провести предварительные расчеты на прочность пилонов и устоев, а также на надежность болтов прикрепления неподвижных опорных частей пролетных строений, при эксцентричном приложении усилий расчет ведется для трех положений:

а) силы торможения поезда суммируются с силой удлинения (укорочены) и силой от прогиба, действующими на один пролет моста;

б) силы излома одной рельсовой плети суммируются с силой от удлинения (укорочения) и прогиба другой рельсовой плети, действующих на один пролет моста. Для двухпутных мостов учитывается только сила излома одной рельсовой нити;

в) учитывается только сила удлинения (укорочения) и сила от прогиба, действующие на одно пролетное строение моста.

В двух первых положениях допустимая величина эксцентриситета пилонов и устоев сравнительно больше. При последнем положении упомянутая величина несколько меньше. Допустимые величины эксцентриситета следует определять дорогам-участницам по своим техническим инструкциям.

Продольные силы, воспринимаемые пролетными строениями и рельсовыми плетями

2.12. Продольные силы, воспринимаемые пролетными строениями и рельсовыми плетями, возникают от их удлинения (укорочения), прогиба, излома рельсов, изменения температур, торможения и т.п.

2.13. На свободно опертом балочном мосту с ездой поверху силы от удлинения (укорочения) и сила от прогиба рельсовых плетей определяются решением следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum J_j = 0 & (1) \\ \sum J_{ki} = \Delta_{ki} 0 & (2) \end{cases}$$

Уравнение (1) представляет собой условие баланса по деформации, обозначающее то, что алгебраическая сумма деформаций растяжения и сжатия от действия сил, проявляющихся при удлинении и укорочении или прогибе, равны нулю.

Уравнение (2) представляет собой условие согласования, т.е. величины перемещений балки и рельсов в k -том сечении i -того пролета. При расчете сил от удлинения и укорочения для многопролетных мостов максимумы имеются при $i = 1, 2, \dots, n$ сечениях, где перемещения балок и рельсов равны. При расчете сил прогиба принято расположение поездной нагрузки на одном пролете балки, т.е. $i = 1$.

Здесь Δ_{ki} обозначена величина продольных перемещений балок. При расчете величины продольного перемещения балок от изменения температур необходимо применять разность температур балок. При расчете величины продольного перемещения от прогиба балок под поездными нагрузками в качестве поездных нагрузок необходимо применять стандартные схемы нагрузок по проектированию пролетного строения.

При расчете сил от удлинения (укорочения) необходимо учитывать продольные сопротивления рельсовых креплений в статическом режиме. При расчете сил от прогиба необходимо учитывать продольное сопротивление рельсовых креплений под воздействием нагрузок от подвижного состава.

Поскольку бесстыковой путь сопротивляется свободному перемещению пролетного строения, возникают продольные силы в бесстыковом пути, передающиеся на опоры.

Примеры распределения продольных напряжений в рельсовых плетях показан на рисунках 1, 2 (при сплошном закреплении) и на рисунке 3 (при частичном закреплении). При частичном закреплении сравнительно меньше температурные силы и продольные силы, передающиеся на неподвижные опоры.

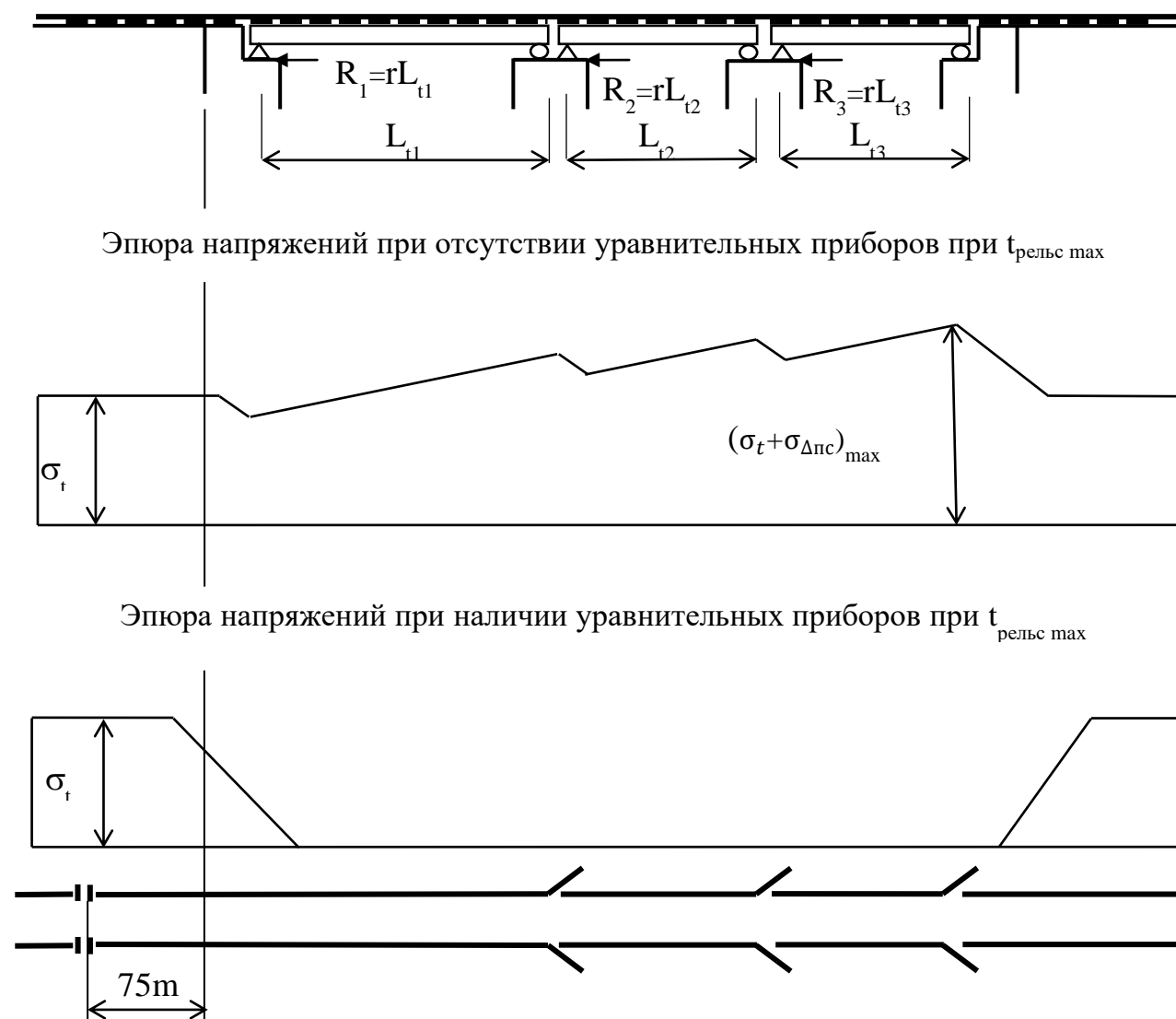


Рисунок 1. Распределение продольных напряжений в рельсовых плетях при последовательном расположении неподвижных и подвижных опорных частей (при сплошном закреплении рельсов на пролетном строении).

Примечание: σ_t - температурные напряжения; $t_{\text{рельс max}}$ - максимальная температура рельсов; $L_{T,1,2}$ - длина температурных пролетов; 75 м - подвижной конец бесстыковой плети;

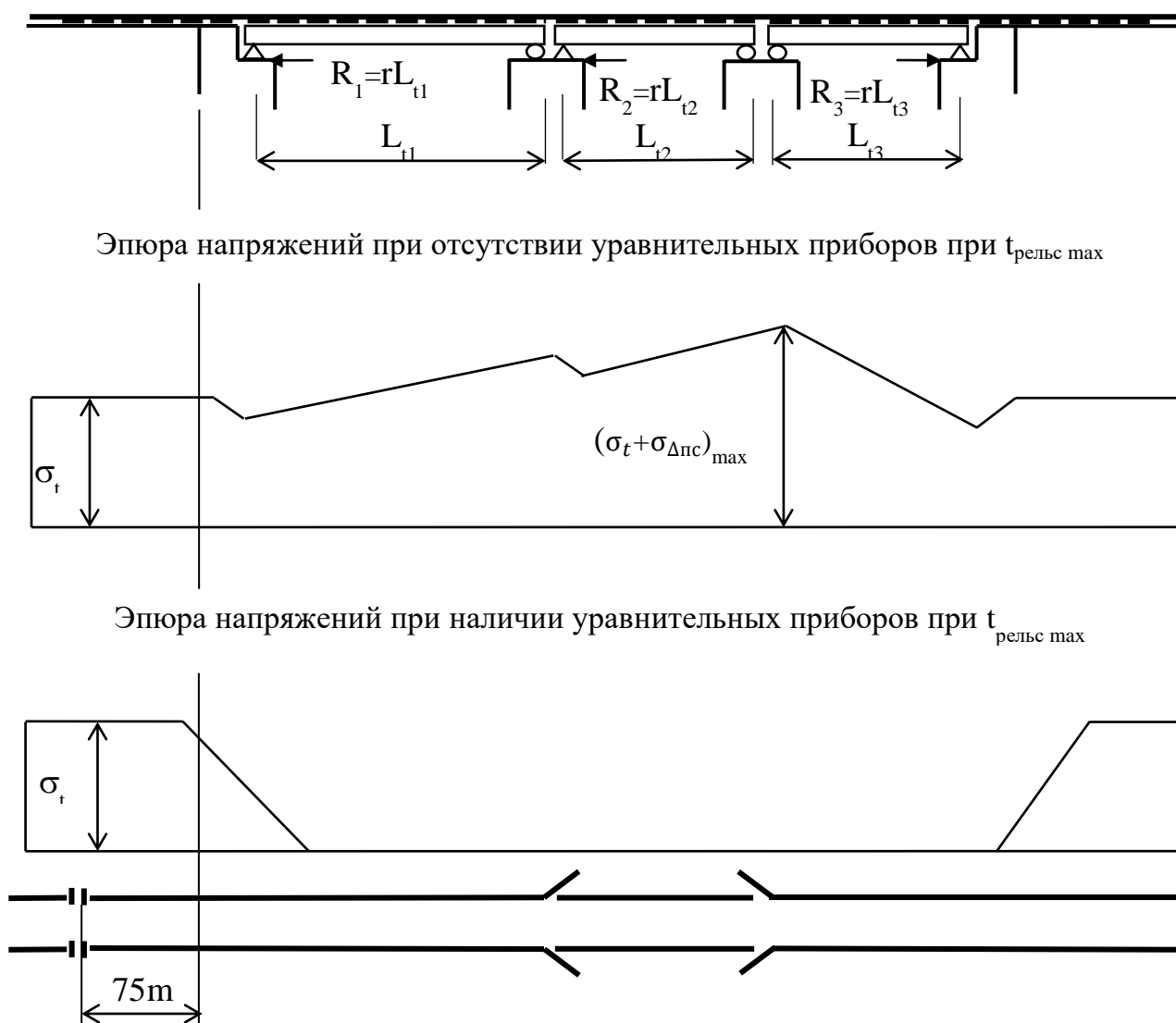


Рисунок 2. Распределение продольных напряжений в рельсовых плетях при непоследовательном расположении неподвижных и подвижных опорных частей (при сплошном закреплении рельсов на пролетном строении).

Примечание: σ_t - температурные напряжения; $t_{\text{рельс max}}$ - максимальная температура рельсов; $L_{T,1,2}$ - длина температурных пролетов; 75 м - подвижной конец бесстыковой плети;

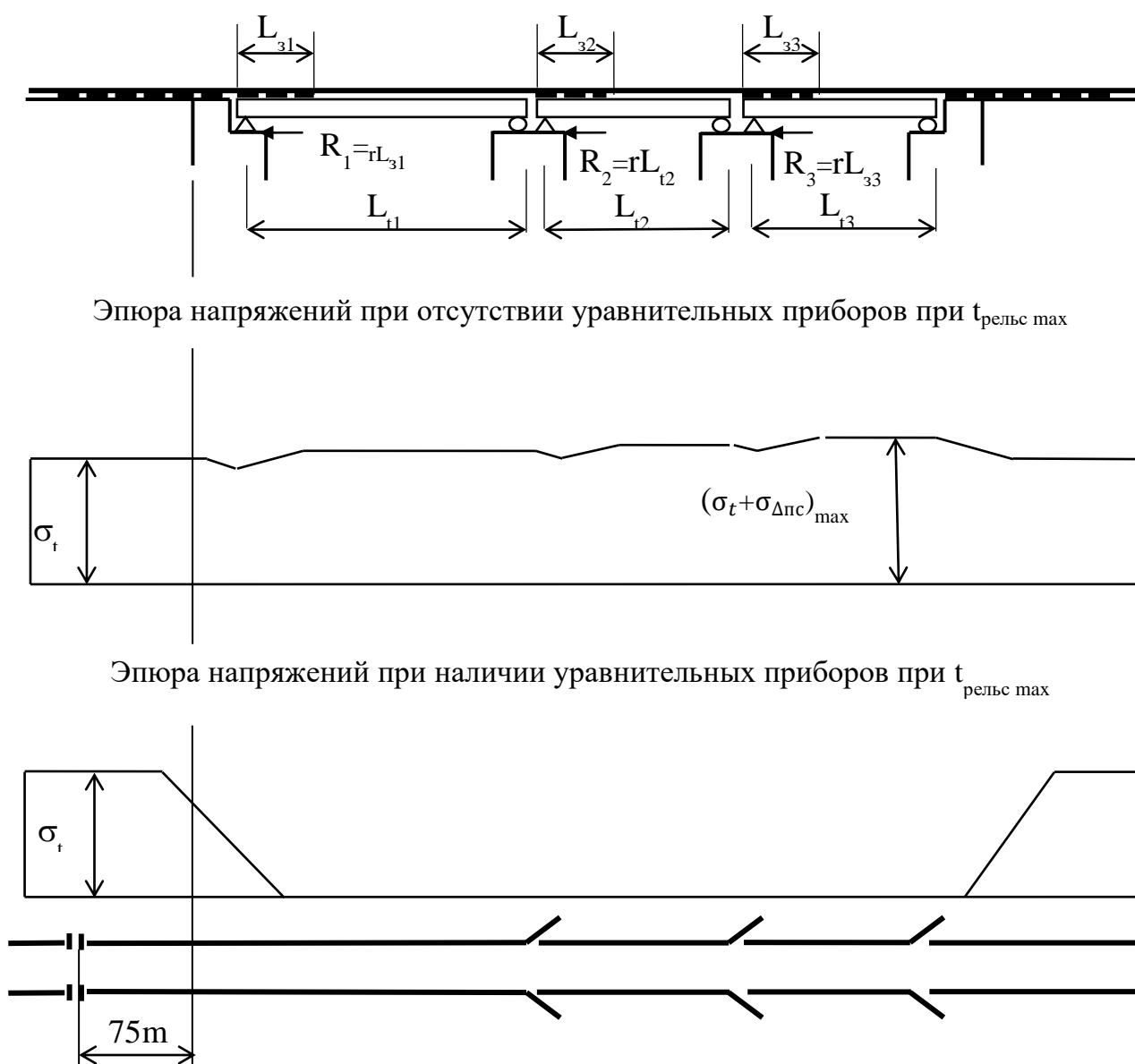


Рисунок 3. Распределение продольных напряжений в рельсовых плетях при последовательном расположении неподвижных и подвижных опорных частей (при частичном закреплении рельсов на пролетном строении).

Примечание: σ_t - температурные напряжения; $t_{\text{рельс max}}$ - максимальная температура рельсов; $L_{T,1,2}$ - длина температурных пролетов; 75 м - подвижной конец бесстыковой плети;

2.14. Сила от излома рельса.

Действующая на балку одного пролета (или на одну неразрезную балку) сила от излома рельса должна быть рассчитана по сумме продольного сопротивления рельсовых скреплений в статическом режиме.

2.15. Температурная сила.

Для мостового строения большого пролета, не имеющего совмещенной езды, необходимо рассчитывать температурную силу от разности температур в балке и рельсовой плети. Для мостового строения, находящегося в кривых участках пути, следует дополнительно рассчитывать горизонтальную составляющую силу от температурной силы.

2.16. Тормозная сила.

Тормозную силу, действующую на пролетное строение моста, следует определять Дорогам-участницам по своим техническим инструкциям.

3. Общие положения по проектированию бесстыкового пути, укладываемого на мостах с различными длинами пролетных строений

3.1. Мосты пролетами длиной до 66 м.

3.1.1. Длина мостов, где может укладываться бесстыковой путь, устанавливаются дорогами-участницами по следующим условиям: по годовой амплитуде температур рельсов, по весу рельсов и т.д. Рельсовые крепления, применяемые на этих мостах, должны обеспечивать относительное перемещение мостов и рельсовой плети. На мостах длиной до 25-30 м свободное продольное перемещение осуществляется на всей длине моста. При большей длине – закрепление осуществляется над неподвижными опорами как правило на длине $\frac{1}{4}$ пролета, а на остальной части пролетного строения ($\frac{3}{4}$ длины пролета) обеспечивается свободное продольное перемещение пролетного строения относительно рельсовой плети. Соединительные стыки рельсовых плетей не должны находиться на мостах. Расстояние от шкафной стенки устоя и концами рельсовой плети должно быть не менее 100 – 150 м. На этом участке осуществляется усиленное закрепление пути.

3.1.2. Расположение рельсовых плетей.

На мостах должна располагаться неподвижная часть бесстыкового пути. В случаях, когда пилоны и устои моста не имеют возможность воспринимать большие продольные силы, мост находится вблизи от стрелочного перевода и сигнала, можно располагать на мосту участок для удлинения и укорочения бесстыкового пути. При этом, если величины удлинения и сокращения рельсовых плетей оказываются сравнительно большими, необходимо применять уравнильный прибор. Уравнильный прибор можно располагать на середине пролетного строения или на земляном полотне на расстоянии не менее 2 м от шкафных стен устоев.

3.1.3. Закрепление рельсовых плетей в пределах продольного строения и на подходах.

Для снижения сил продольных сопротивлений пути на мостах, рекомендуется применение рельсовых креплений раздельного типа, например, КБ с подрезанными клеммами.

Во избежание угона рельсовых плетей общая длина неподвижного участка пути должна быть не меньше 200–300 м. Величина сил продольных сопротивлений закрепленного на подходах к мосту участка должна быть не ниже силы сопротивлений на участке удлинения (укорочения) бесстыкового пути, уложенного вне моста.

3.2. Мосты с пролетами длиной, равной и больше 66 м.

3.2.1. При укладке бесстыкового пути на мосту с неразрезными балками пролетом свыше 66 м рекомендовано применять уравнивательный прибор.

3.2.2. На участках, где относительное перемещение пролетного строения и рельса оказывается сравнительно большими, рельсовые плети закрепляются без закрепления подошвы рельса. На участке, где относительное перемещение балки и рельса оказывается сравнительно меньшим, рельсовая плеть закрепляется с заземлением подошвы рельса, причем силы продольных сопротивлений рельсовых скреплений в закрепленном участке должны быть достаточно большими.

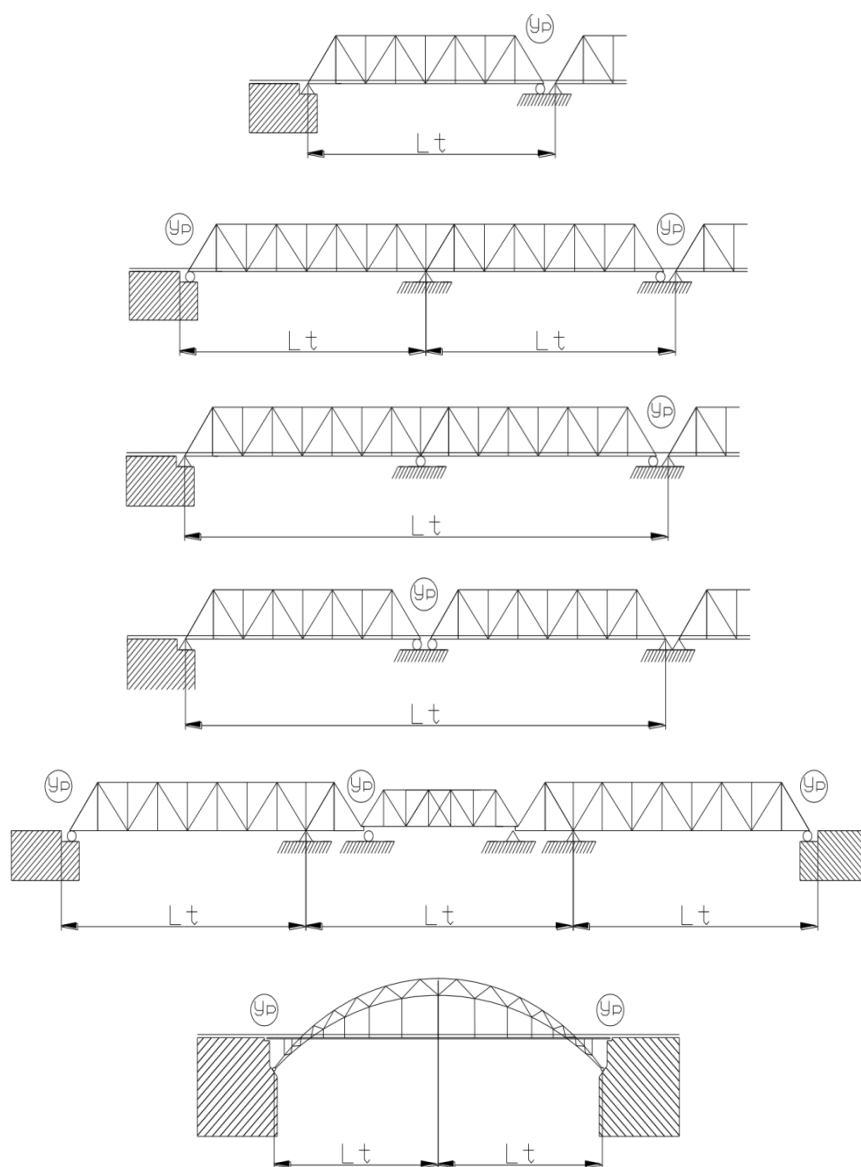
3.2.3. Для уменьшения продольных сил, которые передаются на опоры, может использоваться методика укладки бесстыкового пути с использованием промежуточных скреплений с меньшим погонным сопротивлением, как указано в Памятке Р 776 «Условия укладки бесстыкового пути на больших мостах без уравнивательного прибора» (издание от 3.10.2015 г.)

4. Укладка и содержание

4.1. Укладка, содержание бесстыкового пути на мостах и восстановление плетей после излома, на мостах производятся в таком же порядке, как и на земляном полотне: Памятка Р 700 «Рекомендации по укладке и содержанию бесстыкового пути» (III издание от 16.11.2001 г.); Памятка Р 701 «Методы восстановления рельсовых плетей бесстыкового пути в случае изломов рельса» (III издание от 08.10.1999 г.); Памятка Р-704/2 «Рекомендации по технологии восстановления изломов рельсов в бесстыковом пути с применением рельсосварочных машин типа ПРСМ».

4.2. Температурные пролеты рельсовых плетей на мосту следует назначать в соответствии со схемой, показанной на рисунке 4, учитывая:

- статическую систему пролетного строения (простая или неразрезная),
- количество пролетных строений и их длину,
- расположения подвижных и неподвижных опорных частей пролетного строения.



 Подвижные опорные части
  Неподвижные опорные части
 - Уравнительный прибор
 Lt - Температурный пролет

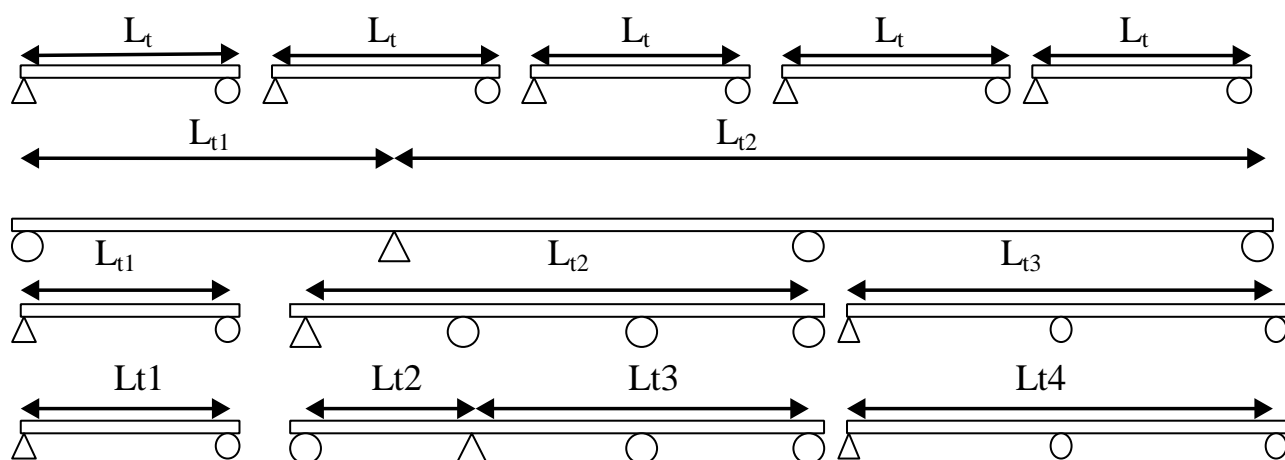


Рисунок 4. Схема назначения температурных пролетов

4.3. Можно производить укладку бесстыкового пути на мостах, если длина температурных пролетных строений L_t меньше или равна допускаемым линейным размерам L_t , которые указаны в таблице 4.

4.4. Каждая железная дорога в зависимости от типов рельса, расположения и закрепления пути, температурных перепадов, и т.д. может размеры длины L_t в таблице 1 дополнить и изменить.

4.5. Бесстыковой путь, уложенный на мосту, должен закончиться вне моста, причем его концы должны быть отдалены от устоев моста не менее чем на 75 м. На этих участках надо обеспечить достаточную силу сопротивления скреплений и уплотнить балласт плеча балластной призмы и между шпалами.

4.6. Если невозможно перекрыть бесстыковой плетью мост, длина рельсовых плетей ограничивается длиной пролетного строения, и плети на мосту должны быть разделены на соответствующее количество бесстыковых участков с уравнительными стыками.

4.7. Уравнительные стыки располагаются в зоне подвижных опорных частей, монтируются на соседнем пролете над неподвижной опорной частью пролетного строения вблизи разрезной части пролетного строения. При укладке уравнительных стыков на мостах желательно располагать подвижные части уравнительного стыка (остряки, рамный рельс) со стороны подвижного конца пролетного строения, независимо от направления движения поездов. Общие рекомендации по укладке уравнительных стыков представлены в таблице 2 и в Памятке Р 708/1 «Рекомендации по конструкции и техническим условиям уравнительных приборов, применяемых в бесстыковом пути на мостах» (издание II от 23.10.2009 г.)

4.8. Если на мостах укладываются только бесстыковые участки с уравнительными стыками, следует с обеих сторон моста отделить бесстыковой путь на подходе (на земляном полотне) от бесстыкового участка на мостах уравнительными приборами или рельсовыми стыками. Подвижные части уравнительного прибора (остряки, рамный рельс) укладываются со стороны подхода между уравнительными стыками бесстыкового участка на мостах и уравнительными стыками бесстыкового пути на подходе укладываются рельсовые звенья длиной 12,5 или 25 м, как показано на рисунке 5.

Таблица 1

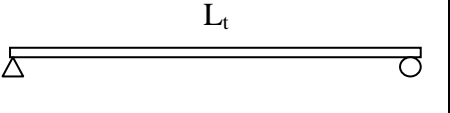
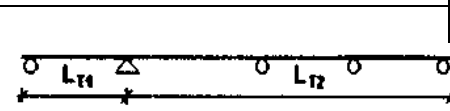
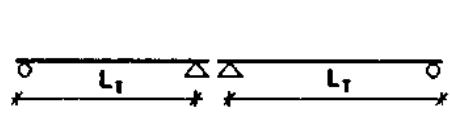
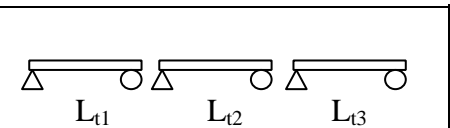
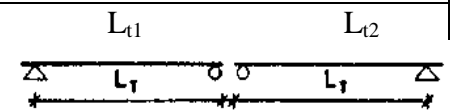
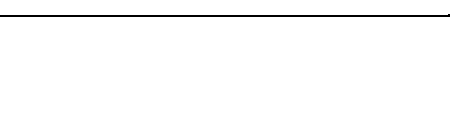

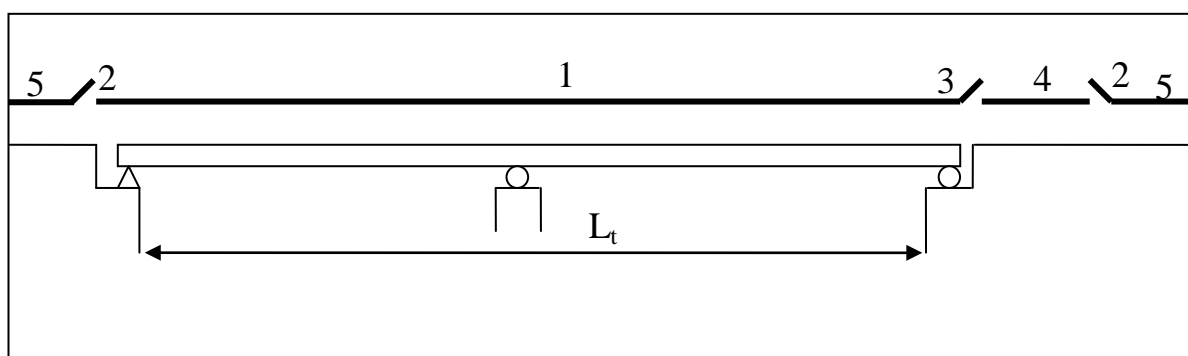
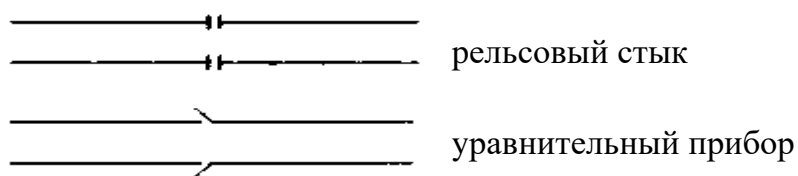
№ п/п	Расположение подвижных и неподвижных опорных частей пролетного строения, температурная длина пролетных строений L_t	Тип рельса	Железнодорожные мосты										
			металлические							железобетонные		бетонные с балластным корытом	
			с балластным корытом		крепление мостовых брусьев		непосредственное прикреплени е рельсов к пролетному строению	с балластным корытом		бетонные с балластным корытом			
			шпалы		центри- рованное	по плоскости листа верхнего пояса		шпалы		шпалы			
			деревян- ные	железо- бетонные			дерев- янные	железо- бетонные	дерев- янные	железо- бетонные			
L, м													
1		P65	125	90	70	22	20	160	120	182	130		
2		UIC60	110	80	66	23	20	140	103	164	113		
		S49	85	80	80	23	20	160	70	110	80		
3		P65	125	86	70	26	23	100	113	180	125		
		UIC60	106	74	63	25	23	136	93	163	100		
		S49	75	51	60	25	23	90	80	100	70		
4		P65	65	45	35	19	17	100	70	110	80		
		UIC60	61	44	35	19	17	66	61	98	70		
		S49	55	40	35	19	17	57	45	70	60		

Таблица 2

№ п/п	Длина температурных пролетных строений L_T	Расположение уравнильных стыков на концах пролетного строения	
		при неподвижной опорной части 	при подвижной опорной части 
1	2	3	4
1	$L_T \leq 30$ м		
2	$30 < L_T \leq 80$ м		
3	$80 < L_T \leq 400$ м		



1 - бесстыковая плеть на мосту; 2 - уравнильный прибор на перемещения до 100 мм; 3 - уравнильный прибор на перемещения до 320 и более мм; 4 - рельсовая плеть; 5 - бесстыковой путь на земляном полотне; L_t – температурный пролет

Рисунок 5. Схема укладки уравнильных приборов для отделения бесстыкового пути на подходе (земляном полотне) от бесстыкового пути на мостах