



Николаенко Анатолий Арсентьевич — кандидат технических наук, доцент СГУПС, заслуженный работник транспорта РФ, почетный железнодорожник. Окончил НИИЖТ в 1957 г. Работал бригадиром пути Называевской дистанции Омской железной дороги и заместителем начальника Новосибирской дистанции пути Томской железной дороги, начальником Новосибирской дистанции пути Западно-Сибирской железной дороги, заместителем начальника Новосибирского отделения дороги по пути и строительству, главным инженером — первым заместителем начальника Новосибирского отделения дороги.

С 1987 г. работает в СГУПСе. В течение 11 лет был деканом факультета повышения квалификации, директором Института информационных технологий и переподготовки кадров, затем профессором кафедры «Путь и путевое хозяйство».

УДК 625.172:625.143.482

А.А. НИКОЛАЕНКО, А.Р. ГЕРБЕР

СОДЕРЖАНИЕ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Подробно рассмотрены особенности содержания бесстыкового пути в условиях Сибири. Приведены наиболее рациональные структуры управления дистанции пути.

Бесстыковой путь в мировой практике железных дорог стал наиболее прогрессивной конструкцией железнодорожного пути. При хорошо отшлифованной поверхности головки рельса и отличном содержании пути практически отсутствуют какие-либо дополнительные воздействия на пассажиров, уменьшается сопротивление движению поезда на 8–12 %, сокращаются на 9–10 % расходы на ремонт подвижного состава и пути.

Неотложной задачей ближайших лет является увеличение фактических длин сварных непрерывных плетей до блок-участков и перегонов, замена уравнильных пролетов у светофоров на прямое соединение плетей высокопрочными изолирующими накладками, обеспечение непрерывной рельсовой нити от станции до станции с использованием тональной блокировки.

Помимо напряжений от действия колес подвижного состава на сварные плети оказывают влияние температурные силы, достигающие в средней части плети 10530–11030 КН. При повышении температуры здесь возникают продольные силы сжатия N_t , которые при достижении своих критических значений N_k могут инициировать «выброс» пути.

Температуру рельсов бесстыкового пути работникам путевого хозяйства необходимо знать на всех этапах формирования сварных плетей, их укладки в путь, ремонтах и при проведении работ по текущему содержанию. Наблюдениями и экспериментами доказано, что за счет интенсивной солнечной радиации температура рельса t_p в летние жаркие дни бывает на величину Δt выше температуры воздуха t_v . Средняя величина Δt равна 23–24 °С для дорог в холодных и очень холодных климатических зонах. Минимум температуры рельса в зимний период обычно совпадает с температурой воздуха, поэтому расчетные минимальные температуры рельсов принимают равными температурам воздуха: $\min t_p \approx \min t_v$.

Снижение температуры приводит к понижению пластичности и вязкости рельсовой стали. При этом при наличии различных дефектов, концентраторов напряжений, хрупкое разрушение рельсов происходит практически без преодоления сопротивления, обусловленного пластичностью и вязкостью стали. Внутренние продольные трещины, составляющие 6–8 % от площади головки, обнаруживаются ультразвуковыми дефектоскопами. При достижении величины площади внутренней трещины до 25 % от всей площади головки они обнаруживаются всеми имеющимися типовыми дефектоскопными средствами.

Наблюдения показывают, что изломы рельсов при положительных температурах фиксировались при достижении величины площади внутренней трещины до 30 % от площади головки. Однако в суровых климатических условиях за счет снижения трещиностойкости рельсовой стали были зафиксированы случаи излома рельса по дефекту 21 при $S_{кр} = 10...20$ % от площади головки.

Анализ работы рельсов в пути за последние 5 лет показал, что при одинаковых эксплуатационных условиях интенсивность одиночного изъятия рельсов типа Р65 в условиях Сибири в 1,5–1,6 раза больше, чем в районах с умеренным климатом. Поэтому на участках дорог, где температура длительное время удерживается ниже -40 °С, должны укладываться рельсовые плети низкотемпературной надежности из электростали НЭ.

В зимнее время, особенно в холодной и очень холодной зонах, за счет снижения упругих характеристик различных прокладок — амортизаторов, замерзания загрязненного балласта, а также грунтов, прилегающих к зоне основной площадки земляного полотна, происходит повышение жесткости пути, т.е. повышение модуля упругости подрельсового основания U_p .

Как показали исследования, проведенные специалистами СГУПС под руководством Н.И. Карпущенко, в зимнее время модуль упругости при понижении температуры до -30 °С возрастает на железобетонных шпалах в 1,68–1,70 раза, на деревянных — в 1,63–1,73 раза (табл. 1). Этим объясняется интенсивность выхода рельсов типа Р65 при низких температурах.

Таблица 1

Значение модуля упругости

Тип шпал	Эпора шпал, шп./км	Значение модуля упругости U_p , Па	
		Летом	Зимой
Железобетонные	1840	100000	170000
	2000	110000	185000
Деревянные	1840	26000	45500
	2000	30000	49000

Для обеспечения прочности и устойчивости бесстыкового пути все вновь укладываемые плети должны закрепляться при оптимальной температуре. Очень важно правильно закрепить плети в расчетном интервале температур. Следует это делать при температуре, близкой к верхней половине расчетного интервала закрепления. В этом случае создаются условия эффективной работы бесстыковых плетей при высоких температурах рельсов, обеспечивается безопасность движения, с точки зрения устойчивости пути, при выполнении работ по его содержанию.

Особенность бесстыкового пути заключается в действии в рельсовых плетях значительных продольных сил, зависящих от изменения температуры. При ее повышении по сравнению с температурой закрепления плети возникают продоль-

ные силы сжатия, создающие опасность выброса пути. При понижении температуры появляются растягивающие усилия, которые могут вызвать излом рельса. Поэтому при выправке бесстыкового пути в плане, продольном профиле и по уровню для обеспечения его устойчивости необходимо соблюдать требование о непревышении допускаемой разности температур рельсов во время работ и при предыдущем закреплении плетей (табл. 2).

Таблица 2

**Допускаемые изменения температуры рельсовых плетей
при текущем содержании бесстыкового пути**

Путевые работы	Предельная высота подъемки или размер сдвижки при рихтовке, см	Допускаемое превышение температуры плетей, °С, относительно температуры их закрепления в пути с раздельным скреплением			
		В прямом участке	В кривой радиусом, м		
			800 и более	600–799	350–599
Исправление просядок, толчков и перекосов с вывеской путевой решетки домкратами	2	20	15	10	5
Вывеска решетки домкратами	6	15	10	5	5
Рихтовка гидравлическими приборами	1	15	15	10	5
	6	15	10	5	5

Пренебрежение этими требованиями или необдуманные действия путейцев могут привести к последствиям, опасным для движения поездов и для работающих на пути. Выполнение выправочных работ в летний период следует планировать в ранние утренние часы, для чего необходимо смещать рабочий день, например, с 5 ч до 14 ч местного времени. В исключительных случаях, если требуется выполнить неотложные работы, связанные с безопасностью движения поездов, при температуре рельсовых плетей, превышающей значения, приведенные в табл. 2, то до их начала необходимо снять температурные напряжения.

Толчки, перекосы, просядки на бесстыковом пути устраняют тремя способами: укладкой, снятием или заменой регулировочных прокладок под подошвой рельса, подбивкой выправочно-подбивочно-рихтовочными машинами и подбивкой шпал электрошпалоподбоек. Общая толщина уложенных регулировочных прокладок не должна превышать 14 мм, а их количество не должно быть более двух. В связи с этим следует рассмотреть возможность увеличения высоты реборды подкладки до 20 мм, поскольку величина пучин даже на хорошем земляном полотне достигает 20 мм и более.

Если бесстыковой путь выправляется с помощью машинных комплексов, то исправление коротких просядок, перекосов, отклонений по уровню следует производить также с помощью регулировочных прокладок, так как выправочные машинные комплексы не рекомендуется применять при локальной выправке на коротких участках менее 200 м.

Применение электрошпалоподбоек при исправлении незначительных отступлений в профиле и по уровню также нежелательно, поскольку при этом возникают локальные искажения продольного профиля в виде бугров. При сильно уплотненном щебеночном балласте неэффективно применять выправочно-подбивочно-рихтовочные машины на выправке коротких просядок, перекосов, отклонений по уровню, поскольку при подбивке шпал машиной и подъеме их на высоту до 30 мм отводы необходимо делать вручную. Поэтому во избежание излишних затрат ручного труда по устройству отводов выправлять путь

машинами ВПР, «Дуоматик» при уплотненном балласте необходимо сплошь либо участками не короче 200 м с подъемкой решетки до 30 мм.

Отступления по уровню до 20 мм устраняются и методом подсыпки балласта под шпалу. Преимущества этого способа в том, что не нарушается площадка балластной призмы под шпалой и достигается точность выправки в пределах 2 мм. Для выправки методом подсыпки необходимо иметь на каждом километре чистый промытый щебень мелких фракций 5–20 мм и соответствующий инструмент.

Бесстыковой путь в пределах уравнительных рельсов и концевых участков рельсовых плетей подвергается более частым расстройкам, чем на остальном его протяжении. Поэтому выправку пути в этих местах производят в первую очередь. Загрязненный балласт в стыковых и предстыковых шпальных ящиках очищают от засорителей или заменяют. Наибольшее внимание уделяется на этих участках также содержанию пути в плане. Опыт показывает, что если бесстыковой путь уложен или отремонтирован без отклонений в плане, то в процессе эксплуатации в течение длительного времени не возникает необходимости в его рихтовке.

Рихтовка бесстыкового пути имеет существенные особенности. При значительных сдвигах путевой решетки и больших перепадах температур иногда возникают трудности в выполнении этой работы. Известно, что для боковой сдвижки рельсовых нитей требуется изменить их длину. В бесстыковом пути изменение длины плетей происходит за счет их растяжения или сжатия. Этому препятствуют продольные температурные силы в них. При больших повышениях температуры рельсов по сравнению с температурой их закрепления возникает опасность потери устойчивости бесстыкового пути во время его рихтовки. Поэтому рихтовку лучше всего выполнять при температуре рельсовых плетей, равной температуре их закрепления или близкой к ней. Если необходимо отрихтовать путь при температуре рельсовых плетей, значительно превышающей температуру их закрепления, то в этом случае производят специальную разрядку напряжений.

В бесстыковом пути по указанным выше причинам удобно рихтовать одни участки кривой при температуре рельсовых плетей ниже температуры их закрепления, а другие — при температуре, равной температуре закрепления или несколько превышающей ее, но не более, чем допускается нормами. Выправку бесстыкового пути в плане в основном выполняют машинами Р-2000, ЭЛБ-1, ЭЛБ-3, а также в комплексе с выправкой пути в продольном профиле и по уровню машинами ВПР, «Дуоматик».

В жаркие летние дни требуется особенно тщательно следить за положением пути в плане. Заметное отклонение пути в плане от правильного положения на длине 8–15 м может служить признаком начала его выброса. При обнаружении при жаркой погоде резких углов в плане, при отклонении пути в плане по обеим рельсовым плетям 10 мм и более на длине до 10 м необходимо срочно оградить место неисправности сигналами остановки, выдать предупреждение об ограничении скорости движения поездов для производства работ до 15 км/ч.

При отклонении пути в плане по обеим рельсовым нитям 10 мм и превышении температуры рельсовой плети более чем на 15 °С относительно температуры закрепления угол в плане разрешается устранять рихтовкой только после разрядки температурных напряжений по обеим рельсовым нитям от места

неисправности до ближайшего уравнительного пролета с последующим восстановлением температурного режима работы плети при оптимальной температуре.

Если превышение температуры рельса над температурой закрепления меньше $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, то выполняется местная разрядка температурных напряжений на протяжении 120–150 м (по 60–75 м в ту и другую сторону от места неисправности), а затем разрешается ликвидировать угол рихтовкой.

Особой заботой работников дистанции пути должно быть предотвращение угона плетей бесстыкового пути. Угон легко можно обнаружить по изменению зазоров в стыках уравнительных рельсов, а также по смещению контрольных рисок, нанесенных на наружной стороне шейки рельса, относительно поперечных створов, разбитых через 100 м («маячные шпалы»).

При обнаружении на «маячных шпалах» смещений контрольных сечений рельсов до 5 мм необходимо заменить дефектные элементы креплений, смазать резьбу и подтянуть гайки клеммных и закладных болтов. При смещении более 5 мм следует определить изменения расстояний между смежными контрольными сечениями. Если удлинение или укорочение 100-метрового участка между «маячными шпалами» не превышает 10 мм, то также можно ограничиться подтягиванием гаек клеммных и закладных болтов. Но при этом необходимо внести изменения температуры закрепления плети на угнанном участке.

Изменение температуры закрепления плети:

$$\Delta t_3 = + \Delta l / 0,0000118l = + 85 \Delta l / l,$$

где Δl — расстояние между маячными шпалами, м; l — длина плети, м.

Если $(t_3 - \Delta t_3) \geq \min t_3$, то участок можно эксплуатировать в летний период; если $(t_3 - \Delta t_3) < \min t_3$, то с наступлением положительных температур необходимо произвести разрядку части плети, которая была подвержена уgonу.

Если летом на уравнительных пролетах обнаружены слитые зазоры и по створам наблюдается угон плети, то в этом случае подбирается температура, соответствующая температуре закрепления плетей. Для этого на участке плети, подверженном уgonу, ослабляются гайки клеммных болтов и при помощи ударных приборов участок плети приводится в первоначальное положение. Работы производятся без перерыва движения поездов с выдачей предупреждения об ограничении скорости до 25 км/ч с остановкой у красного сигнала. После этого производится сплошное закрепление клеммных и закладных болтов с проверкой крутящего момента динамометрическим ключом.

Следует обратить внимание на то, что в «обратных» (смежных) кривых направление угона несколько иное (рис. 1).

По наружной рельсовой нити угон пути направлен в обратную сторону движения поезда, по внутренней — по направлению движения. Поэтому все работы по текущему содержанию бесстыкового пути в летнее время желательно выполнять при температуре рельсов, равной температуре закрепления или близкой к ней.

Основными причинами уширения колеи на железобетонных шпалах на прямых участках являются отбой рельсовой нити в местах плохого качества сварки рельсовых плетей, в кривых — плохое закрепление закладных болтов, боковой износ рельсов и износ внутренних граней реборд подкладок.

На железобетонных шпалах с отдельными креплениями КБ отступления в ширине колеи устраняют регулировкой, суть которой в том, что рельсовые

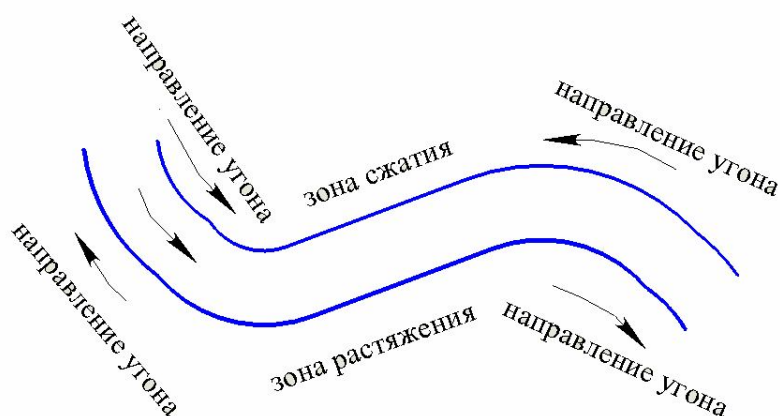


Рис. 1. Направление угона плетей в «обратных» кривых

плети, правую и левую, смещают по подкладкам вправо или влево в пределах внутренних граней реборд, а также смещением подкладок вдоль шпал с предварительным ослаблением закладных болтов. Регулировка ширины колеи возможна на величину 12–14 мм с использованием конструктивных зазоров между кромками подошвы рельсов и внутренними гранями реборд этих подкладок и некоторого перемещения подкладок в пазухе железобетонных шпал.

Регулировку ширины колеи при скреплениях ЖБ и ЖБР выполняют заменой двухслойных пружинных клемм стандартной длины на такие же клеммы, имеющие необходимое укорочение или удлинение нижних листов, которые вплотную соприкасаются с кромками подошвы рельсов.

В кривых при наличии бокового износа рельсовых плетей на железобетонных шпалах свыше допускаемых норм уширение рельсовой колеи ликвидируют сменой плетей или части плети новыми или старогодными, не имеющими бокового износа.

В процессе эксплуатации пути внутренние грани реборд подкладок изнашиваются, особенно в кривых, и интервал для регулировки ширины колеи увеличивается. Однако если внутренние грани реборд подкладок в кривых сильно изношены, то такие подкладки заменяют новыми или старогодными с минимальным износом. Запрещается закладка металлических полосок в образовавшиеся зазоры между внутренними гранями реборд износившихся подкладок и кромками подошвы рельсов.

Два раза в год весной и осенью в плановом порядке сплошь смазывают резьбы болтов с отвинчиванием их гаек на 5–6 оборотов одновременно подряд не более чем на восьми концах шпал и после смазки закручивают гайки с должным усилием.

Выполняют эту работу при температуре рельсов, отклоняющейся от температуры закрепления в сторону повышения не более чем на 15 °С. Наиболее эффективно производят эту работу гайковертами.

Одновременно со сплошной смазкой резьбы и закреплением болтов заменяют негодные пружинные шайбы, изолирующие втулки, прокладки и болты, поправляют сдвинувшиеся под подошвой рельса прокладки или заменяют негодные новыми.

Если температура рельса выше температуры закрепления плетей более чем на 15 °С, то одновременно замену деталей подрельсовых креплений выполняют

поочередно только на одном конце через каждые 10 шпал. Надежность закрепления гаек клеммных и закладных болтов выборочно проверяют динамометрическим ключом в процессе выполнения работы.

Опыт показывает, что если сплошная смазка резьбы и закрепление гаек клеммных и закладных болтов выполнены доброкачественно, то не требуется их довинчивания до следующей смазки и рельсовые плети постоянно находятся в надежно закрепленном состоянии.

Сплошную смазку резьбы закладных болтов и довинчивание их гаек при нераздельных скреплениях ЖБИ и ЖБР, как правило, выполняют машинами-гайковертами. Если же выполняют эту работу электрогаечными ключами, то одновременно допускается отвинчивание гаек не более чем на трех концах шпал подряд.

Разрядка напряжений выполняется в случаях:

а) при перезакреплении плетей на постоянный режим эксплуатации после их закрепления во время укладки при температуре, отличающейся от оптимальной;
б) при неотложной необходимости ремонтных работ на пути при температуре выше допускаемой, в том числе при исправлении образовавшегося в пути резкого угла в плане;

в) после окончательного восстановления целостности рельсовой плети, если ее сваривали за пределами температурного интервала.

Для полного снятия напряжений плети после освобождения от закрепления должны быть поставлены на подвесные ролики или на скользящие опоры пластин из нержавеющей стали, фторопласта, нафтлена, полиамида и других материалов с малым коэффициентом трения (не более 0,1), а при отсутствии их — на прокладки из полиэтилена, помещаемые поверх подрельсовых прокладок на каждой 15-й шпале. Подвесные ролики устанавливают также не реже чем через 15 шпал.

При установке плетей на скользящие пары или подвесные ролики работы по разрядке температурных напряжений выполняются без закрытия перегона для движения поездов, выдается предупреждение об остановке у красного сигнала, а при его отсутствии следовать по месту работ со скоростью 25 км/ч.

Величину изменения длины полуплетей Δl определяют по формуле

$$\Delta l_{(в м)} = 0,0000118L / 2(t_3 - t_p),$$

где $L/2$ — длина полуплети, м; t_3 — температура предыдущего закрепления плетей, °С; t_p — планируемая температура закрепления рельсовых плетей при разрядке, °С.

Выполняют разрядку напряжений и закрепление плетей одновременно по правой и левой рельсовым плетям, чтобы в них действовали одинаковой величины температурные продольные силы. В противном случае могут создаваться условия, снижающие устойчивость бесстыкового пути.

Возможны два варианта выполнения работ по вводу плетей в расчетный интервал температур:

— раскрепление плети, начиная с одного конца, сопровождаемое сменой уравнильных рельсов с этого же конца;

— одновременное раскрепление плети с двух сторон, начиная с концов, сопровождаемое сменой уравнильных рельсов с обоих концов.

Работы по разрядке температурных напряжений в рельсовых плетях делятся на подготовительные, основные и заключительные.

В подготовительный период выполняют: очистку креплений от грязи, разметку каждой 15-й шпалы, вырезку балласта из-под подошвы рельса в зоне установки подвесных роликов, раскладку уравнильных рельсов по местам смены, установку устройств с подвесными роликами.

В основной период выполняют: смену рельсов в уравнильных пролетах с установкой рельсовых вкладышей, установку обводных перемычек, замену вкладышей в процессе разрядки рельсовых плетей, закрепление гаек клеммных болтов на каждой 3-й шпале.

В заключительный период — закрепляют гайки клеммных болтов на всех остальных шпалах, приваривают рельсовые соединители, снимают устройства с роликами, окончательно подтягивают гайки клеммных болтов, убирают рельсы и ролики.

Графики выполнения работ по разрядке температурных напряжений представлены на рис. 2 и 3.

Если в уравнильном пролете нет стыковых зазоров, зажатый уравнильный рельс следует удалять после вырезки автогеном куска рельса.

После окончания разрядки инвентарные накладки заменяют на типовые, снимают обводные перемычки и закрепляют гайки клеммных болтов (от середины плетей к их концам) на каждой 3-й шпале. В этом случае допускается пропуск поездов по месту работ со скоростью 40 км/ч.

На заключительном этапе снимают подвесные ролики, закрепляют гайки всех клеммных болтов и пропускают поезда со скоростью 60 км/ч, а в конце дня — отменяется ограничение скорости. Работы по разрядке температурных напряжений ограждаются сигналами остановки с выдачей предупреждения о снижении скорости движения поездов до 25 км/ч.

На длинных плетях возможна лишь регулировка напряжений. В исключительных случаях, при необходимости выполнения работы, требующей полного снятия напряжений, длинные плети следует разрезать на короткие и разрядить их. После проведения необходимой работы надо восстановить оптимальную температуру закрепления плетей и сварить их в длинные плети.

В случае необходимости укладки рельсовых плетей при температуре рельсов ниже оптимальной работы по введению плетей в расчетный интервал выполняются с использованием гидравлического натяжного устройства (ГНУ).

Перед началом работ должны быть определены изменения длины плети ΔL и прилагаемого растягивающего усилия N , необходимого для удлинения плети.

Удлинение плети, мм, определяется по формуле

$$\Delta L = \alpha L \Delta t,$$

где α — коэффициент температурного расширения рельсовой стали, равный 0,0000118; L — длина плети; Δt — перепад между температурой первоначального закрепления и планируемой температурой закрепления.

При длине плетей до 1250 м производится растяжение сразу всей плети. При больших длинах плетей или при наличии в пределах участка кривых, тем более S-образных, принудительный ввод их в оптимальную температуру производится полуплетями.

Растягивающее усилие N_t определяется по формуле

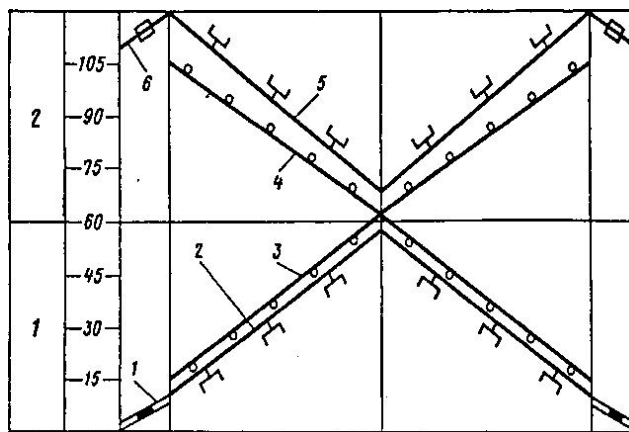


Рис. 2. График основных работ по разрядке температурных напряжений в рельсовой плети длиной 800 м с постановкой ее на ролики (работы выполняют две бригады по 14 монтеров пути — каждая на своей половине плети):

- 1 — замена уравнильных рельсов на укороченные, установка обводных перемычек (14 м. п. № 1–14); 2 — снятие клеммных болтов (10 м. п. № 5–14); 3 — установка роликов на каждой 15-й шпале (4 м. п. № 1–4); 4 — снятие роликов (4 м. п. № 1–4); 5 — затяжка гаек клеммных болтов на каждой шестой шпале (10 м. п. № 5–14); 6 — установка накладок и сболчивание стыков, снятие обводных перемычек (4 м. п. № 1–4)

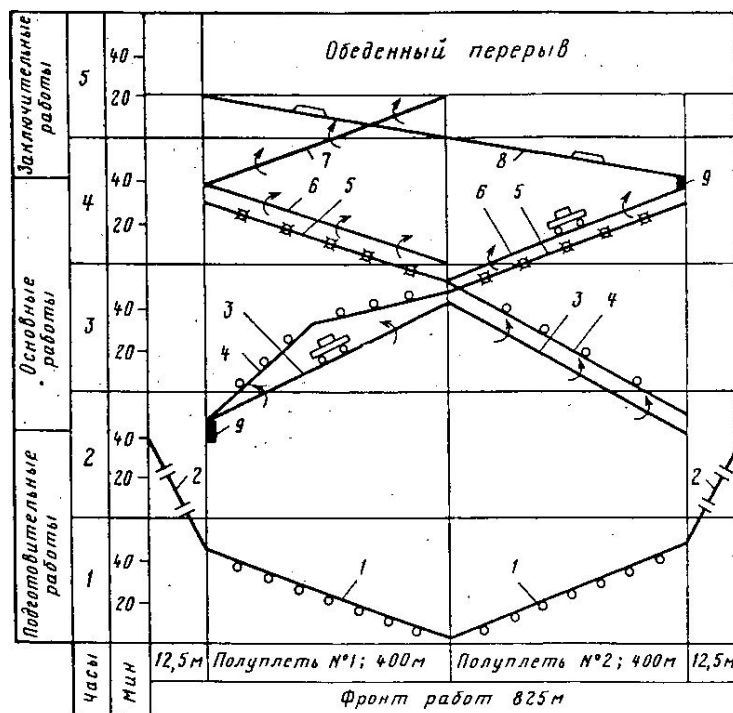


Рис. 3. График работ по разрядке температурных напряжений и закреплению рельсовых плетей с применением моторного гайковерта:

- 1 — раскладка роликов на середине каждой 15-й шпалы; 2 — подготовка и смена уравнильных рельсов; 3 — отвинчивание гаек клеммных болтов на шесть-семь оборотов на полуплети № 1 гайковертом и на полуплети № 2 электроключами ПГК; 4 — снятие монтажных прокладок и укладка роликов на подкладки на каждой 15-й шпале; 5 — снятие роликов с подкладок и укладка монтажных прокладок на каждой 15-й шпале; 6 — завинчивание гаек клеммных болтов на полуплети № 2 гайковертами и на полуплети № 1 электроключами ПГК; 7 — завинчивание гаек клеммных болтов на пропущенных шпалах полуплети № 1; 8 — уборка снятых роликов, инструмента, механизмов и электростанций, отделка балластной призмы по фронту работ; 9 — приведение гайковерта в рабочее и транспортное положение

$$N_t = \alpha E F \Delta t,$$

где E — модуль упругости рельсовой стали ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа); F — площадь поперечного сечения рельсов, см².

Для обеспечения неподвижности уравнильных рельсов с обеих сторон от удлиняемой плети должны находиться анкерные участки. Рельсовые стыки, расположенные в пределах анкерных участков и прилегающие к ним, должны обеспечивать нормативное стыковое сопротивление продольному перемещению рельсов $R_n = 400$ Кн (для рельсов Р65), что достигается затяжкой гаек стыковых болтов крутящим моментом, равным 600 Н·м, а гайки клеммных болтов — 150–200 Н·м.

Длина анкерного участка со стороны подвижного конца плети, м, определяется по формуле

$$L_{ан} \geq N_t / r,$$

где r — погонное сопротивление рельсов (при замерзшем балласте $r = 25$ кН/м).

Для обеспечения значения $r = 25$ кН/м необходимо, чтобы гайки клеммных и закладных болтов на уравнильных рельсах со стороны подвижного конца рельсовой плети (в месте установки ГНУ) на длине анкерного участка имели усиленную затяжку ($M = 220 \dots 240$ Н·м).

Длина и место расположения анкерного участка со стороны неподвижного участка рельсовой плети определяются исходя из следующих условий:

- если $N_t < R_n = 400$ кН, то гайки клеммных и закладных болтов подтягивают на уравнильных рельсах со стороны неподвижного конца плети до значения $M = 220$ Н·м на длине, м, $l_1 = N_t / r$;
- если $N_t \geq R_n = 400$ кН/м, то закрепляются неподвижный конец самой рельсовой плети ($M = 220$ Н·м) на длине $l_2 = (N_t - R_n) / r$ и прилегающие к нему уравнильные рельсы на длине $l_3 = N_t / r - l_2$.

Для контроля равномерности удлинения плети на подошву рельса в створе с краем подкладки через каждые 50 м наносят риски, расчетное перемещение которых

$$\Delta a_i = \alpha a_i \Delta t,$$

где a_i — расстояние от неподвижного конца плети до первой риски (50, 100, 150 м и т.д.).

Закрепление плетей производится после полного их удлинения, совпадения всех промежуточных расчетных рисков с контрольными и снятия на каждой 15-й шпале роликов или пластин. Плеть закрепляют от ее неподвижного конца к подвижному.

В подготовительный период выполняют следующие работы:

- а) определяют расчетное удлинение плети ΔL и в соответствии с ним заготавливают укороченный уравнильный рельс (рельсы);
- б) завозят уравнильный рельс на место работ;
- в) производят регулировку зазоров соответственно температуре рельсов;
- г) исходя из ожидаемой температуры рельсов на день «окна» вычисляют по формулам остальные необходимые параметры (длины анкерных участков).

В день производства работ до «окна» — закрепляют анкерный участок со стороны неподвижного конца плети; наносят риски через 50 м; после ограничения скорости до 25 км/ч на каждой 15-й шпале устанавливают подвесные ролики.

В «окно» заменяют уравнительный рельс со стороны удлиняемого конца плети на укороченный, закрепляют анкерный участок; ослабляют гайки клеммных болтов, вывешивают плеть и встряхивают ее ударным прибором.

Полноту разрядки оценивают по общему удлинению плети:

$$\Delta L = \alpha L(t_y - t_p),$$

где t_p — температура рельса в данный момент.

Равномерность разрядки оценивают по смещению рисков, которое определяется по формуле

$$\Delta l = \alpha a_i(t_y - t_p),$$

где a_i — расстояние от неподвижного конца плети до 1-й риски (50, 100, 150 м).

После монтажа ГНУ наносят новые риски на подошве рельса в створе с краем подкладки через каждые 50 м, расчетное перемещение которых $\Delta a_i = \alpha a_i \Delta t$, и производят растяжение плети.

Когда зазор между плетью и укороченным рельсом сократится до необходимого значения, растяжение прекращают.

Правильность выполнения работ контролируется по трем критериям: полному расчетному удлинению плети; соответствию расчетного усилия N_t приложенному (по отсчету на приборе); расчетному смещению каждой из рисков (риски должны совпадать с краями подкладок).

Перед демонтажом ГНУ закрепляют на шпалах «подвижной» конец плети ($M = 220 \text{ Н}\cdot\text{м}$) на длине $l = N_t/r$; ставят накладки и сболчивают стык между плетью и укороченным рельсом; закрепляют плеть на каждой 6-й шпале и открывают движение поездов со скоростью 25 км/ч; после окончательного закрепления плети на всех шпалах отменяют предупреждение об уменьшении скорости движения.

Для подготовки пути к зиме выправляют путь, осматривают и проверяют дефектоскопными средствами рельсовые плети и уравнительные рельсы, заменяют дефектные рельсы в уравнительных пролетах, заканчивают восстановление целостности рельсовых плетей сваркой, осматривают промежуточные скрепления, очищают их от засорителей и заменяют дефектные детали (подкладки, прокладки, клеммы, шайбы, болты), сплошь смазывают и закрепляют клеммные и закладные болты, проверяют и пополняют запас рельсов с укладкой их на стеллажи.

Особенно тщательно подготавливают к зиме уравнительные пролеты, подбивают стыковые и предстыковые шпалы, при необходимости с прогрохоткой щебня.

Если летом при ремонтных работах рельсовые плети были закреплены при температуре, превышающей верхнюю границу расчетного интервала, то производят разрядку температурных напряжений и закрепляют эти плети в границах установленного температурного интервала.

Во время подготовки пути к зиме снимают все регулировочные прокладки с подкладок раздельного скрепления, чтобы зимой была возможность выправлять путь на пучинные карточки. До наступления осенних дождей выполняют очистку водоотводных устройств, ремонт и укрепление откосов и конусов у мостов и путепроводов.

Работы по текущему содержанию бесстыкового пути в зимних условиях в основном ограничиваются выправкой пути в профиле регулировочными прокладками толщиной до 10 мм.

С наступлением низких температур в рельсовых плетях возникают продольные растягивающие температурные силы. При значительном понижении температуры они могут достигнуть предельной допустимой величины. Так, при понижении температуры пары рельсовых плетей типа Р65 до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при температуре их закрепления $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ эти силы достигают величины:

$2N_t = 2 \cdot 2,5 \Delta t F = 2 \cdot 2,5 \cdot 75 \cdot 82,6 \cdot 10^{-4} = 30702,42 \cdot 10^{-4} = 3070,24\text{ кПа}$,
где $F = 82,6 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2$ — площадь поперечного сечения рельса Р65.

Температурные напряжения растяжения в этом случае $\sigma_t = 2,5 \cdot 75 = 187,5\text{ МПа}$. Поэтому зимой необходим усиленный технический надзор за состоянием рельсовых плетей и уравнительными пролетами. Для замера величины температурных растягивающих сил у дорожного мастера должен быть специальный прибор.

С наступлением температуры $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже обеспечивают дополнительные обходы пути опытными монтерами. Кроме того, ежедневно путь осматривается на всем протяжении рабочего отделения бригадиром пути, а дорожный мастер осматривает неблагополучные участки.

Зимой вероятны случаи изломов рельсовых плетей, поэтому может потребоваться временное восстановление их целостности. Величина зазора, образовавшегося при изломе плети, определяется по формуле

$$\Delta_{65} = 0,24 \Delta t_p^2 / r = 0,010 \Delta t_p^2,$$

где r — погонное сопротивление, $\text{кН}/\text{см}^2$, продольному перемещению рельсовых плетей (зимой r можно принимать $25\text{ Н}/\text{мм}$); Δt_p — фактическое понижение температуры рельсов по сравнению с температурой закрепления рельсовых плетей.

В целях обеспечения безопасности движения поездов, для предупреждения изгиба и разрыва стыковых болтов и образования зазоров в рельсовой плети (более 25 мм) в случае ее излома все стыковые, клеммные и закладные болты необходимо содержать завинченными с установленным усилием. Причем, в первую очередь, должны быть закручены закладные болты. Невыполнение этой важной профилактической работы приводит в процессе эксплуатации к срезу закладных болтов и расстройству бесстыкового пути.

Чтобы исключить разрывы стыков, необходимо наладить выпуск высокопрочных болтов, которыми следует заменить обычные на всем протяжении бесстыкового пути в Сибири и на Дальнем Востоке.

Зимой необходимо также проводить обучение кадровых рабочих, руководителей участков, дистанций по вопросам особенностей конструкции, содержания и ремонта бесстыкового пути.

Конструкция бесстыкового пути на скоростных участках и его работа имеет свои особенности. Первое требование — это полное отсутствие стыковых соединений как на границах блок-участков, так и в зоне стрелочных переводов. До введения тональной блокировки сварные плети могут быть соединены изолирующими накладками специальной конструкции, выдерживающими на растяжение продольные силы не менее 800 кН.

При движении поездов с высокими скоростями возникают более сложные, чем при обычных скоростях, процессы взаимодействия пути и подвижного

состава. Так, в зоне контакта колеса и рельса при его волнообразном износе образуются высокочастотные колебания, до 5000 Гц, которые передаются подрельсовому основанию и вызывают его расстройки. Наличие длинных неровностей (20–50 м и более) возбуждает низкочастотные, примерно 1 Гц, резонансные явления в подвижном составе, что также интенсивно ухудшает процессы взаимодействия его с путем. Все это предъявляет более высокие требования к содержанию пути на линиях со скоростным движением. Поверхность катания головки рельсовых плетей должна иметь высокую прямолинейность, что достигается систематической профильной шлифовкой сварных плетей. Вертикальная волнообразная неровность по длине головки не должна превышать 0,2–0,4 мм.

Подшпальное основание также отличается от обычного типового: под железобетонными шпалами находится слой нового или очищенного щебня толщиной 40 см, между этим слоем и расположенным ниже хорошо уплотненным старогодным щебнем укладывается прослойка из полимерных материалов. Ее назначение — не допускать проникновения нижележащих загрязнителей в очищенный щебень, а зимой служить надежным теплоизолирующим материалом. Полимерные слои в зависимости от климатических и других местных условий могут быть различной толщины и конструкции.

Вопрос комфортабельности езды решается правильным подбором возвышения наружного рельса в зависимости от скоростей движения поездов. Оно определяется по формуле

$$H = 12,5Kv_{\text{cp}}/R,$$

где v_{cp} — средневзвешенная скорость поездопотока в кривой, км/ч; K — коэффициент увеличения возвышения, учитывающий смещение центра тяжести экипажа в наружную сторону ($K = 1,1 \dots 1,2$); R — радиус кривой, м.

Повышены требования на скоростных участках к содержанию ширины колеи, рельсовых нитей по уровню и направлению в плане. Нормы и допуски по содержанию ширины колеи те же, что и на обычных участках. Отклонение рельсовых нитей по уровню в разные стороны более 6 мм на расстоянии менее 20 м не допускается.

Особое внимание обращается на плавность отвода отступлений в плане, ибо от этого зависит угол θ набегания колеса на рельс, от которого, в свою очередь, зависит величина боковой силы F :

$$F = v\theta\sqrt{\beta(m_1 + m_2)},$$

где v — скорость движения поезда; θ — угол набегания колеса на рельс; β — боковая жесткость пути; m_1 — масса тележки; m_2 — приведенная масса пути (масса верхнего строения пути и земляного полотна).

Основной фактор, определяющий устойчивость пути, — это действие температурных сил. Потеря устойчивости рельсошпальной решетки, конечная стадия которой — выброс, в значительной степени зависит от конструкции пути. Поэтому увеличение мощности рельсов (замена рельсов типа Р65 на Р75) приводит к повышению устойчивости бесстыкового пути.

Повысить устойчивость пути можно также увеличением эпюры железобетонных шпал до 2000 шт./км на прямых участках и до 2200–2400 шт./км в кривых, а также использованием железобетонных шпал с поперечными зубьями по подошве и с «ушами» по типу австрийских (рис. 4). Сгущение эпюры шпал до

2200 шт./км широко используется за рубежом, и реализация этого мероприятия на наших дорогах вполне возможна. Применение железобетонных шпал с развитым поперечным сечением по типу австрийских повышает $[\Delta t_y]$ не менее чем на 6–7 °С.

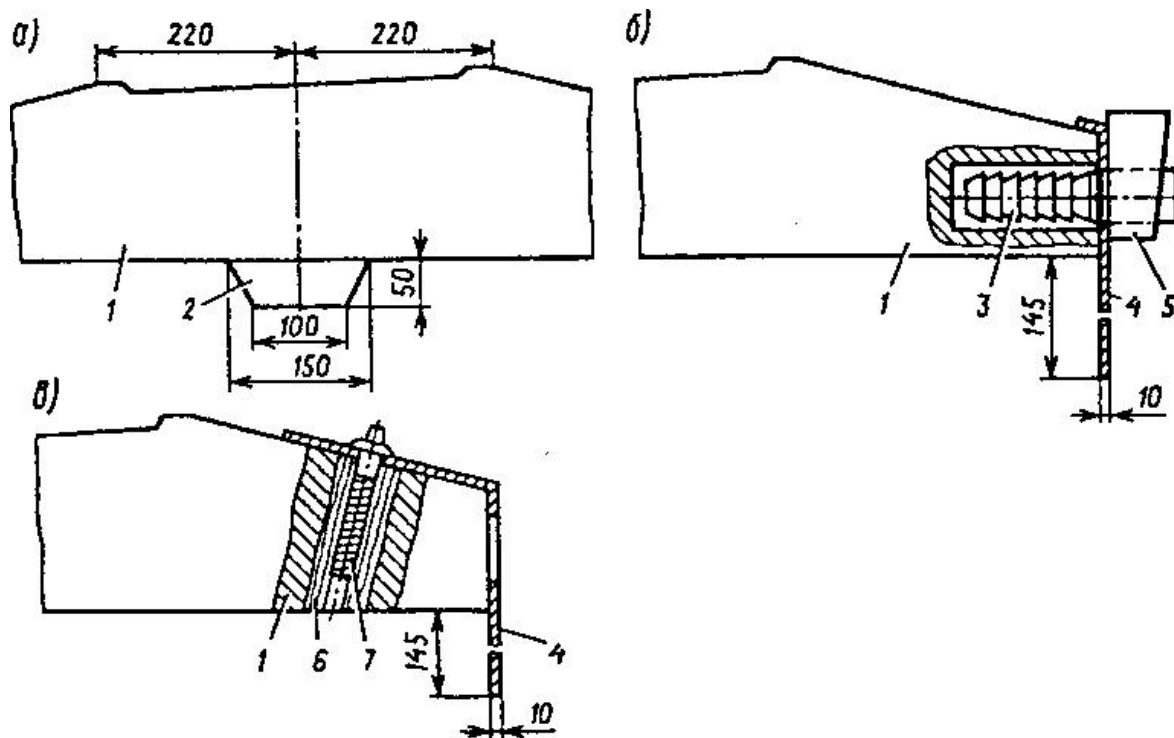


Рис. 4. Варианты усиления железобетонных шпал для повышения сопротивления сдвигу в балласте:

а — бетонный зуб на нижней постели шпалы; б и в — стальные фартуки, укрепленные соответственно сверху и с торца шпалы;

1 — шпала; 2 — бетонный зуб; 3 — анкер; 4 — фартук; 5 — клин; 6 — деревянная втулка; 7 — шуруп

Повышению сопротивлений сдвигу шпал в щебеночном балласте способствует устройство валиков щебня на концах шпал и плечах призмы, уплотнение балласта вибрацией с помощью динамических стабилизаторов ДСП.

При использовании путевых машин на бесстыковом пути главная особенность выполнения работ, связанная с поднятием, поперечным и продольным сдвигом и другими воздействиями на всю рельсошпальную решетку и балластную призму, заключается в существенном ослаблении сопротивления ее перемещениям и дополнительных механических воздействиях на ослабленный путь. Поэтому все работы, связанные с применением выправочно-подбивочно-рихтовочных машин, должны производиться при нормированных отклонениях температуры рельсовых плетей от температуры их закрепления [3].

Резкие суточные перепады температур, более высокие летние температуры, более частая их повторяемость в районах Сибири и Дальнего востока требуют принятия дополнительных мер по повышению устойчивости бесстыкового пути и даже ограничений по его укладке. Повышены требования к конструкции и содержанию пути в зимних условиях. В частности, выросли требования не только

к обычным, но и к сварным стыкам. На период действия низких температур (ниже -30°C) вводится дополнительный дефектоскопный контроль рельсовых плетей.

На участках с глубиной смятия в зоне сварного стыка до 2 мм скорость движения пассажирских поездов с наступлением наиболее низких температур (ниже -30°C) ограничивается до 100 км/ч.

С целью повышения устойчивости бесстыкового пути, особенно в периоды резких колебаний или длительного воздействия высоких температур, в Сибирском регионе ширина плеча балластной призмы должна быть не менее 45 см. Эта норма распространяется как на прямые, так и на кривые участки пути. Особое внимание при этом должно уделяться заполнению щебнем шпальных ящиков, а в некоторых случаях и присыпке валиком щебня на концах шпал, так как эта мера позволяет повысить сопротивление шпал сдвигу поперек пути до 15–20 %.

Еще больший эффект по повышению сопротивления поперечному сдвигу рельсошпальной решетки можно получить, применяя уплотнители откосов. Они уплотняют не только откосы, но и плечо балластной призмы. Уплотнители откосов смонтированы на машинах ВПР-3000, ВПР-3-3000, ВПР-1200, ВПР-02.

В целях повышения уровня текущего содержания пути, оптимизации эксплуатационных расходов следует постепенно, по мере увеличения протяженности бесстыкового пути, переходить на участковую систему управления. Основным структурным подразделением дистанции пути должен быть укрупненный участок без деления на линейные отделения и околотки под руководством начальника участка (ПЧУ). При наличии крупных станций могут быть сохранены линейные отделения или созданы специализированные бригады. Укрупненные бригады в составе до 20 чел. выполняют комплекс планово-предупредительных работ с применением машин, а малые бригады в составе 6–8 чел. занимаются выполнением неотложных работ.

Реорганизация управления путевым комплексом предусматривает увеличение эксплуатационной длины дистанций пути и участков, что позволит сократить численность работников среднего звена, качественно улучшить профессиональную подготовку специалистов, повысить уровень безопасности движения поездов.

В связи с усилением конструкции пути, изменением характеристик и видов работ на текущем содержании возникла необходимость в пересмотре нормативов численности работников, установленных приказом 8/Ц от 13 апреля 1997 г. Планирование работ по текущему содержанию следует производить по расчетному контингенту монтеров пути.

Литература

1. *Бесстыковой путь* / В.Г. Альбрехт, Н.П. Виногоров, Н.Б. Зверев и др.; Под ред. В.Г. Альбрехта, А.Я. Когана. М.: Транспорт, 2000. 408 с.
2. *Лебедев В.Г., Славиковский Н.А.* Укладка и эксплуатация бесстыкового пути. М.: Транспорт, 1987. 206 с.
3. *Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути* / МПС России. М.: Транспорт, 2000. 96 с.