

625.143.482

М 337

✓

СССР — МПС

НОВОСИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аспирант В. И. МАТВЕЦОВ

На правах рукописи

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ДЛИННЫХ РЕЛЬСОВ И БЕССТЫКОВОГО ПУТИ
НА СТАНЦИЯХ В УСЛОВИЯХ УРАЛА И СИБИРИ**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

432 — Железнодорожный путь

Научный руководитель
доктор технических наук профессор
АЛЬБРЕХТ В. Г.

Новосибирск · 1967

Бел ии жт

Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации на тему «Исследование работы длинных рельсов и бесстыкового пути на станциях в условиях Урала и Сибири» Матвеева В. И., представленный в совет НИИЖТа на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Защита диссертации состоится „ 23 “ II 1968 г.

Просим Вас и заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в обсуждении автореферата и прислать свои отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, по адресу: г. Новосибирск, 23, улица им. Дуси Ковальчук, 191, Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта.

Ученый секретарь совета НИИЖТа кандидат технических наук
доцент (Ф. Палкин).

„ II “ декабрь 1967 г.

625.143.482

М 33

ВВЕДЕНИЕ

Развитие народного хозяйства нашей страны вызывает постоянный рост железнодорожного транспорта. В пятилетнем плане развития народного хозяйства на 1966—1970 гг. поставлены задачи дальнейшего повышения грузооборота, пропускной и провозной способности железных дорог, скоростей движения поездов и производительности труда.

В текущем пятилетии предполагается увеличение грузооборота на 23%. Для решения этих задач намечено проведение большого комплекса мер по усилению верхнего строения пути, от прочности и надежности которого во многом зависит внедрение новых видов тяги и перевозочная работа стальных магистралей. Одной из первоочередных задач в области усиления пути и улучшения его состояния является внедрение длиномерных рельсов и бесстыкового пути. Сокращение числа стыков благоприятно отражается не только на текущем содержании пути, но и на самом подвижном составе. В настоящее время признано, что срок службы подвижного состава, в значительной мере, зависит от числа пересеченных стыков.

За прошедшее семилетие в плети бесстыкового пути и длиномерные рельсы было сварено около 72 000 км, а в текущем пятилетии ежегодно будет свариваться по 15 000 км пути.

Большие объемы работ по сварке рельсов проводятся на станционных путях, протяженность которых составляет 43% от развернутой длины главных путей и, в настоящее время, превышает 70 000 км.

Ликвидация стыков на станциях, в первую очередь, необходима в подгорочных парках, где наличие растянутых зазоров создает возможность заклинивания башмаков и угрозу безопасности движения поездов.

Распоряжением ЦП МПС от 13 мая 1961 г. за № ЦПТ-74 разрешается в подгорочных парках сваривать рельсы дли-

1975

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БИИЖТ а

1998

ною от 25 до 100 м. При этом длина сварных рельсов и схема их закрепления определяется исходя из местных условий и эксплуатационного опыта так, чтобы при минимальной температуре была исключена работа стыковых болтов на срез. Однако до настоящего времени на станционных путях укладываются рельсы самой различной длины, иногда некратные 12,5 м.

Отсутствие технически обоснованных рекомендаций по рациональной длине сварных рельсов на станционных путях, по закреплению их от угона и температурных деформаций при возрастающем с каждым годом объеме работ по сварке рельсов привело к тому, что повсеместно в путь укладываются рельсы самой различной длины, вызывая при этом значительные осложнения в процессе их текущего содержания. Целью данной работы являлось изучение возможности укладки бесстыкового пути с костыльным скреплением в подгорочных парках сортировочных станций, его работоспособности и технико-экономической эффективности, с установлением рациональной длины укладываемых в путь длиннономерных рельсов. Конкретным содержанием исследования было комплексное изучение работы сварных рельсовых плетей различной длины на опытных участках железных дорог Урала и Сибири, где годовая амплитуда колебания температуры рельсов достигает 105—110° С. Решение поставленных задач осуществлялось путем:

изучения опыта эксплуатации длиннономерных рельсов и опыта текущего содержания пути с длинными рельсами;

проведения широкого производственного эксперимента по укладке бесстыкового пути с костыльным скреплением на сортировочных станциях Свердловской, Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской ж. д.;

обработки экспериментальных данных методами математической статистики;

проведения некоторых специальных теоретических исследований.

Определение расчетных параметров, обуславливающих возможность укладки бесстыкового пути на станциях

В литературе отсутствуют данные о таких расчетных параметрах длиннономерных рельсов и бесстыкового пути температурно-напряженного типа с костыльным скреплением,

работающих в специфических условиях станционных путей, как погонное сопротивление перемещению вверх, вдоль и поперек пути, а также годовая расчетная амплитуда колебания температуры рельсов. Погонное сопротивление перемещению рельсовых плетей является важной характеристикой и играет решающую роль в температурной работе бесстыкового пути. Как показали наблюдения, для условий станционных путей погонное сопротивление перемещению вверх и вдоль пути может быть принято на основании данных многочисленных исследований, проведенных на отечественных и зарубежных железных дорогах.

Летнее погонное сопротивление продольным перемещениям рельсовых плетей, закрепленных противоугонами от действия температурных сил и угона, принято равным 6 кг/см по одной рельсовой нитке. Остальные параметры были определены автором экспериментально. Зимнее погонное сопротивление перемещению рельсовых нитей оценивалось по сопротивлениям сдвигу по подошве рельсов пружинных противоугонов, изготовленных заводом и на поточных линиях механических мастерских Западно-Сибирской ж. д. Испытанию было подвергнуто более 300 противоугонов. В расчетах зимнее погонное сопротивление принято равным 14 кг/см по одной рельсовой нити. Погонное сопротивление поперечному смещению рельсошпальной решетки определялось экспериментально в подгорочном парке станции Новосибирск-главный. Сдвиг шпал осуществлялся специально приспособленным для исследований гидравлическим разгонным прибором РН-02. Перемещения шпал замерялись индикатором часового типа с точностью $0,01 \text{ мм}$. Всего было сдвинуто 102 шпалы.

Кроме того, при исследовании фиксировалось состояние балластного слоя (гранулометрический состав, плотность и влажность балласта), степень заполнения балластом шпальных ящиков и площади торцов шпал, сопротивлявшихся сдвигу. Ниже приведены данные о гранулометрическом составе балласта.

Размеры частиц, мм	менее*	0,1-0,25	0,25-1,0	1-3	3-10	10-20	20-25
% содержания	0,1	2,2	5,5	22,6	30,0	9,7	15

Пористость балласта составила $37,5\%$, плотность — $1,58 \text{ кг/см}^3$, а средняя влажность — $4,2\%$. Для 30% сдвигающихся в эксперименте шпал балласт со стороны междупутья

находился на уровне их верхней постели. Шпальные ящики и междупутье у остальных сдвигаемых шпал были заполнены балластом на 1—7,5 см ниже верхней постели шпал. В процессе эксперимента отмечено, что сопротивление балласта поперечному сдвигу шпал находится в прямой зависимости от площади поперечного сечения шпалы, сопротивляющегося смещению ее в балласте. При сдвиге шпал перемещение их фиксировалось по мере увеличения нагрузки.

По экспериментальным данным строились графики, характеризующие зависимость перемещений шпал от нагрузки, причем постепенное увеличение сопротивления балласта смещению шпал характерно и при смещении их более 8 мм. При перемещении до 4 мм сопротивление балласта поперечному сдвигу шпал на стационарных путях в 1,5 раза больше, чем на главных.

Кривая зависимости средних экспериментальных значений сопротивления балласта поперечному сдвигу шпал может быть аппроксимирована параболой, ось симметрии которой параллельна оси абсцисс, а начало смещено вверх по оси ординат. Уравнение параболы с раствором 4,1 выражается зависимостью: $(y - 0,8)^2 = 4,1 x$.

Смещение начала параболы вверх по оси ординат свидетельствует о наличии начального сопротивления поперечному сдвигу шпал (в пределах до 160 кг) ввиду большого уплотнения балласта в междупутье на стационарных путях. Сходимость расчетных и экспериментальных данных показана в табл. 1, где в зависимости от приложенной силы приведены абсолютные величины перемещения шпал, полученные экспериментально и определенные по формуле. Указанной зависимостью можно пользоваться при перемещении шпалы до 5,5 мм при этом, как видно из таблицы, ошибка не будет превышать 3,7%.

Известны попытки разработать теорию расчета температурных перемещений концов рельсовой плети с учетом изменения погонного сопротивления в зависимости от величины смещения. Так, например, К. Миклоши, Э. Немежди, Л. Сакмауэр, Ф. Бирманн, Ф. Рааб, С. П. Першин, А. Я. Коган, М. Г. Андриевский и др., на основании экспериментальных данных вывели расчетные формулы для определения величины температурных перемещений конца рельсовой плети, позволяющие вести расчеты только для незамерзшего балласта при прямом ходе изменения температуры с учетом

А. Экспериментальные данные о сопротивлении балласта поперечному смещению шпал (средние значения), кг							
300	400	600	700	900	1000	1100	1200
Б. Экспериментальные данные о перемещениях шпал (средние значения), мм							
0,12	0,356	1,18	1,73	3,20	4,33	5,60	7,10
В. Расчетные перемещения (определенные по формуле), мм							
0,119	0,352	1,18	1,78	3,28	4,29	5,40	6,62
Г. Ошибки, %							
0,8	1,0	0	2,8	2,5	1,0	3,7	7,0

переменного погонного сопротивления. Однако в настоящее время нет единого мнения о том, до какой величины смещения рельсовой плети можно пользоваться указанными зависимостями.

Л. Сакмауэр считает такую зависимость справедливой при перемещении плети на 2 мм, Э. Немежди — до 5 мм и М. Г. Андриевский — до 1,5 мм. После смещения рельсовой плети на большую величину, по данным этих авторов, сопротивление достигает максимума и остается практически постоянным. Сопоставление расчетных перемещений, соответствующих максимальному постоянному и переменному сопротивлениям, дает незначительную разницу в годовых колебаниях длины плети, определяемых различными способами.

Годовые перемещения концов рельсовых плетей в условиях Урала и Сибири, где годовая амплитуда колебаний температуры рельсов достигает 105—110°С даже с отдельным скреплением марки «К» составляют 20—25 мм, а при укладке бесстыкового пути с костыльным скреплением достигают 30—35 мм. Поэтому, в результате проведенных автором экспериментов, при анализе температурной работы рельсовых плетей и при определении критической силы оказалось возможным погонное сопротивление принять величиной постоянной.

Учитывая состояние шпального хозяйства на станционных путях, для проверки возможности выброса вверх рельсовой нити с выдернутыми из шпал костылями, был проведен эксперимент по определению усилия, необходимого для выдергивания костылей. Сопротивление костыля выдергиванию определялось двухтонным динамометром растяжения с точностью до 10 кг при помощи специально изготовленной рамы, гидравлического домкрата и захвата в виде щипцов.

Определение сопротивления шпалы выдергиванию костылей на станционных путях производилось подряд на протяжении двух пикетов, при этом около 5% от общего числа шпал укладывались в последние 2—3 года, а остальные шпалы были уложены 10 лет назад и более.

Проведенными экспериментами установлено, что среднее усилие выдергиванию костылей из шпалы равно 775 кг, а среднее квадратическое отклонение при этом составляет ± 330 кг. Расчетное усилие выдергиванию костылей для трех шпал подряд, даже с вероятностью 97,7% и с учетом коэффициента неодновременности принимаемого 0,6, составляет 177 кг. Это намного превышает потребное сопротивление выдергиванию костылей, которое для предотвращения выброса одной рельсовой нитки должно быть не менее 60—80 кг для каждого костыля (сопротивление балласта выдергиванию шпал, как правило, не превышает 300—350 кг). Следовательно, при укладке рельсовых плетей с костыльным скреплением ограничивающим условием является устойчивость рельсо-шпальной решетки по условию выброса вверх, а не выброс рельсовой нитки с отрывом ее от шпал.

Большое значение при укладке температурно-напряженного бесстыкового пути с костыльным скреплением имеет точное знание экстремальных температур рельса для данного района. Некоторые исследователи указывают на завышенность годовых амплитуд колебания температуры рельса, установленных «Техническими условиями на укладку и содержание бесстыкового пути» и рекомендуют повсеместно уменьшать годовую расчетную температурную амплитуду на 8—12° С. При этом для определения максимальной температуры рельсов рекомендовалось к максимальной температуре воздуха прибавлять не более 16—17° С. Зимой предполагалось, что минимальная температура рельсов выше минимальной температуры воздуха на 6—8° С. В процессе проведенного автором эксперимента было организовано наблю-

дение за изменением температуры воздуха и рельсов, ориентированных в меридиональном и широтном направлениях. Рельсы укладывались на полушпалах, а шпальные ящики заполнялись балластом до установленных размеров. Температура рельсов замерялась как с помощью термометров, вставленных в отрезок рельса, так и с помощью самописцев, фиксирующих в масштабе 10:1 перемещения рельса длиной 8475 мм, имеющего с одной стороны жесткий упор. Кроме этого, проведено исследование температуры по всему поперечному сечению рельса при помощи прибора М-54 м, позволяющего одновременно производить замеры в 10 точках. Летом 1965/66 г. на Калачинской и Огурцовской метеостанциях зафиксированы температуры рельса 55—57° С, при этом разница температур рельса и воздуха составляла 20—23° С.

Зимой, когда морозы достигали —45° С, при отсутствии тумана, температура рельсов соответствовала температуре окружающего воздуха, а в отдельных случаях была ниже на 1—2° С. При тумане, уменьшающем от 15 до 80% интенсивность радиационного излучения рельсов, температура рельса оказывается несколько выше температуры воздуха. Английскими исследователями отмечается, что, ввиду уменьшения теплообмена, в выемке летом температура рельсов может быть выше, а зимой ниже температуры рельсов, лежащих на открытых местах. Это положение применимо для подгорочных парков, где стоящие на соседних путях вагоны уменьшают теплообмен воздуха, кроме того, ряд сортировочных станций расположен в выемках (Свердловск-сортировочный, Московка и др.).

Поэтому уменьшать экстремальные расчетные значения температуры рельсов в условиях Урала и Сибири нецелесообразно. Следовательно, на основании экспериментальных данных, полученных автором, максимальную расчетную температуру рельсов рекомендуется принимать выше максимальной температуры воздуха на 20° С, а минимальная температура рельсов принимается равной температуре воздуха.

Исследование работы длинномерных рельсов.

Обследование путей многих станций на Западно-Сибирской, Свердловской, Южно-Уральской и других железных дорог, где уложены длинномерные рельсы с костыльным скреплением, показало, что даже на одном и том же пути

рядом со сварными рельсами длиной до 100 м, для компенсации их температурных перемещений, уложено 1—2 рельса длиной 12,5 м и менее. Причем длина сварных рельсов не всегда кратна 12,5 м, а стыки зачастую устанавливаются не по наугольнику. При существующей системе укладки сварных рельсов до 100 м, средняя длина их на станционном пути, при оставлении того же количества стыков, не превышает, в основном, 30—36 м.

Эксплуатация на станционных путях сварных рельсов длиной более 25 м связано со значительными трудностями, особенно в условиях сурового климата Урала и Сибири. Зимой, уже при температуре — 20° С, величина зазоров, как правило, превышала конструктивную. Дальнейшее понижение температуры приводило к срезу болтов и разрыву стыков.

Летом же, задолго до наступления максимальной температуры, стыковые зазоры становились слитыми, что вызвало появление значительных продольных сил торцевого давления. Дальнейшее повышение температуры приводило к быстрому возрастанию продольных сил и уже при температуре рельса 45—50° С повсеместно отмечалось недопустимое нажатие рельсов на стрелочные переводы. Неудовлетворительное состояние стыковых зазоров требовало проведения теоретического исследования возможности нормальной работы сварных рельсов длиной до 100 м в условиях Урала и Сибири, которое и было выполнено автором (при нормальной работе сварных рельсов исключается работа болтов на срез и торцевое давление в момент проявления экстремальных температур рельса).

В процессе исследования анализ температурной работы сварных рельсов проведен графическим способом. Результаты расчета потребной величины стыкового и погонного сопротивлений при сварных рельсах типа Р-43 и Р-50 для условий Урала и Сибири приведены в табл. 2.

Как видно из таблицы, по первому варианту погонное сопротивление принято нулевым, что имеет место на станционных путях с изношенным костыльным скреплением. По второму варианту отсутствует стыковое сопротивление, а по третьему — определена необходимая величина стыкового сопротивления при реально возможном максимальном погонном сопротивлении продольному перемещению плети для станционных путей, где около 90% шпал включено в проти-

Таблица 2

Тип рельсов	Длина сварных рельсов, м	Потребное погонное и стыковое сопротивления, обеспечивающие раскрытие стыковых зазоров в пределах их конструктивной величины и позволяющие избежать торцевого давления (по одной рельсовой нитке)					
		I вариант		II вариант		III вариант	
		пог., кг/см	стыков, кг	пог., кг/см	стыков, кг	пог., кг/см	стыков, кг
Р-43	50	0	45 000	72	0	20	35 500
	75	0	50 000	69	0	20	43 000
	100	0	56 500	45	0	20	38 000
Р-50	50	0	52 000	83	0	20	42 000
	75	0	58 000	62,5	0	20	46 500
	100	0	65 000	52	0	20	43 000

воугонную систему. Как видно из табл. 2, при рельсах длиной 50 м, не говоря уже о рельсах большей длины, по первому варианту необходимо обеспечить стыковое сопротивление порядка 52 т, а по второму варианту погонное сопротивление должно быть 83 кг/см по одной рельсовой нитке. Однако достичь таких значений погонного и стыкового сопротивлений в практике повседневной эксплуатации, при болтах из обычной стали, не только на станционных путях с изношенным костыльным скреплением, но даже и в главных путях со скреплением марки «К», оказывается невозможным.

Даже при максимальном суммарном погонном сопротивлении продольным перемещениям в 20 кг/см мы не можем обеспечить стыковое сопротивление порядка 42 т. Следовательно, при существующей величине конструктивного зазора, нельзя обеспечить нормальную работу сварных рельсов даже 50-метровой длины. Была также проверена возможность обеспечения нормальной работы сварных рельсов за счет увеличения конструктивного стыкового зазора. Потребные величины стыкового зазора в зависимости от длины и типа рельсов, для максимально возможного погонного и стыкового сопротивления, приведены в табл. 3.

Из таблицы видно, что при укладке сварных рельсов конструктивный зазор необходимо увеличить в 2—3 раза, причем, для сварных рельсов разной длины требуется свой стыковой зазор.

Увеличивать конструктивный зазор нецелесообразно, так как с увеличением зазора резко возрастает динамическое

Таблица 3

Тип рельсов	Длина сварных рельсов, м	Максимально возможные сопротивления			Потребная величина стыкового зазора, мм
		погонное, кг/см		стыковое, кг	
		зимнее	летнее		
Р-43	50	14	6	10 000	41
	75	14	6	10 000	54
	100	14	6	10 000	61
Р-50	50	14	6	10 000	52
	75	14	6	10 000	59
	100	14	6	10 000	70

воздействие колес подвижного состава и усиливается расстройство стыка.

Результаты расчета наибольшей длины рельсов разных типов, обеспечивающей нормальную работу их при годовой температурной амплитуде 105°C и конструктивной величине зазора 21 мм, приведены в табл. 4. Для расчетов принято, что величина стыкового сопротивления равна 10 т, летнее погонное сопротивление для костыльного скрепления принимается равным 3, для костыльного скрепления с учетом поставленных противоугонов — 6, для отдельного скрепления типа марки «К» — 6, а зимнее погонное сопротивление соответственно — 3,14 и 25 кг/см по одной рельсовой нитке.

На эпюрах имеются также средняя «неподвижная» часть и концевые участки, которые подвергаются температурным деформациям, а температурные напряжения в длиномерных рельсах и в плетях бесстыкового пути одинаковы, т. е. рельсы длиной более 50 м практически представляют собой бесстыковую плеть. Поэтому для обеспечения нормальной температурной работы сварных рельсов между ними необходимо укладывать уравнивательные рельсы, так как согласно действующим требованиям рельсовые плети запрещается стыковать друг с другом.

Таким образом, исследованиями установлено, что сварной рельс длиной более 50 м в своей средней части работает как температурно-напряженный бесстыковый путь и ему присущи все недостатки и преимущества бесстыкового пути. Следовательно, нецелесообразно ограничивать длину укладываемых на станциях сварных рельсов 100 м, а наоборот, необходимо установить возможно большую длину сварных плетей бесстыкового пути для станционных путей.

Теоретическое исследование возможности укладки бесстыкового пути с костыльным скреплением на станциях проведено по основным расчетным характеристикам, определенным экспериментально по приведенным выше методикам.

Анализ, проведенный автором, показал полную возможность укладки на станционных путях, где не обращаются организованные поезда, сварных рельсовых плетей длиной 250 и более м. Длина концевых «дышащих» участков у этих плетей практически оказывается такой же, как у рельсов длиной 100 м. Для компенсации температурных перемещений необходимо укладывать 2—3 уравнильных рельса. Такое решение для рельсов длиной до 100 м явно нецелесообразно, но оказывается рациональным при сварке рельсов на всем протяжении станционного пути от одной закрестовинной кривой до другой.

Исследование работы бесстыкового пути на станциях

Работа длинных сварных рельсовых плетей на станционных путях по сравнению с бесстыковым путем на перегоне имеет следующие особенности:

при движении подвижного состава по станции с малыми скоростями в рельсах возникают меньшие динамические напряжения;

балласт, находящийся на уровне верхней постели шпал, уплотнен сильнее и на 30—35% увеличивает сопротивление поперечному сдвигу шпал.

Это позволяет допускать в рельсовых плетях станционных путей несколько повышенные температурные напряжения. Кроме того, сосредоточение стыков в горловинах парков облегчает их осмотр и надлежащий уход за натяжением стыковых болтов.

Рекомендации о возможности и целесообразности укладки бесстыкового пути с костыльным скреплением, начиная с 1963 г. проверялись в широком производственном эксперименте на ряде станций Западно-Сибирской, Восточно-Сибирской и Свердловской железных дорог.

Укладка бесстыкового пути с костыльным скреплением на подгорочных путях осуществлялась по трем вариантам (рис. 1).

Первый вариант применялся на станционных путях подгорочных парков, где отсутствовали башмакосбрасыватели.

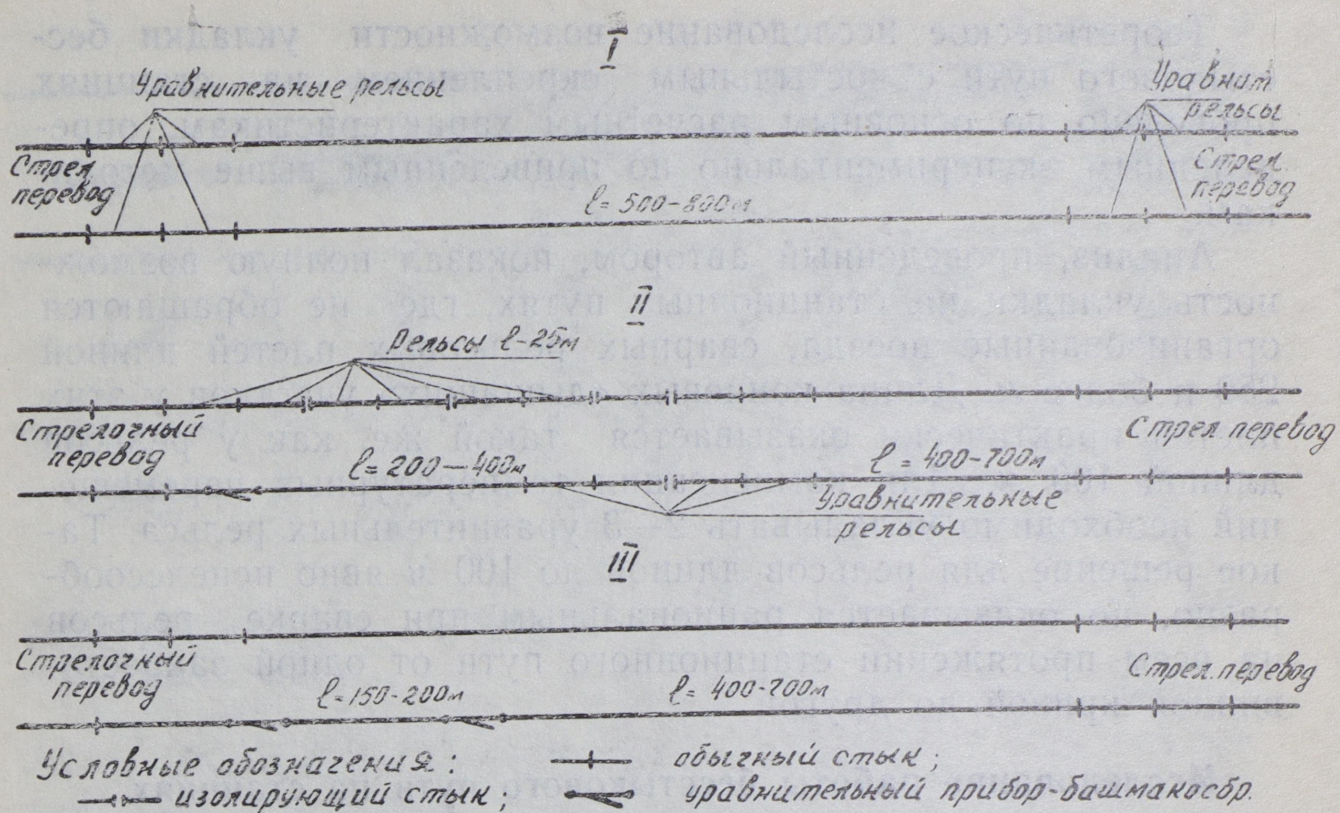


Рис. 1. Варианты укладки бесстыкового пути на станциях

Для компенсации температурных перемещений рельсовых плетей и для их примыкания к стрелочным переводам и изолирующим стыкам применяются 2—3 уравнительных рельса.

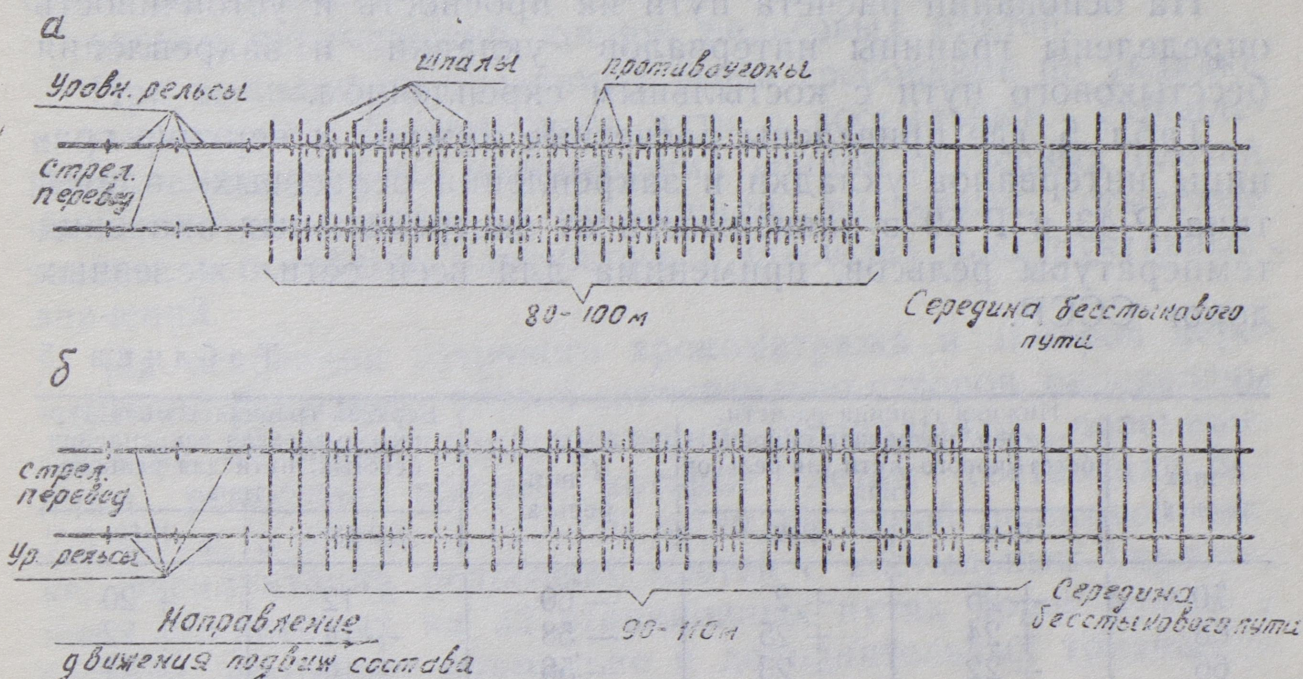
Второй вариант применялся в подгорочных парках сортировочных станций, где введена полная автоматизация роспуска поездов. В этом случае по одной рельсовой нитке в верхней части подгорочного парка через 25—50 м устанавливаются изолирующие стыки для контроля заполнения парка вагонами. Примыкание сварных рельсовых плетей к изолирующему стыку и компенсация их температурных перемещений осуществлялась с помощью уравнительных рельсов или уравнительных приборов-башмакосбрасывателей, если они требовались по условиям станционной работы.

Третий вариант применялся в подгорочных парках сортировочных станций, где сварные рельсовые плети укладывались в комплексе с уравнительными приборами-башмако-

* Проектно-конструкторское бюро ЦП МПС в 1960 г. разработало проект уравнительного прибора-башмакосбрасывателя, который может компенсировать температурные перемещения рельсовых плетей, примыкающих к остряку до 150 мм, а к усовику до 70 мм. Опытная партия уравнительных приборов-башмакосбрасывателей, изготовленная Омским ПРМЗ-13, успешно эксплуатируется с рельсовыми плетями в подгорочных парках ст. Московка и Омск-сортировочный.

сбрасывателями, число и размещение которых определялись технологией работы станции. Как показали исследования, по этому варианту можно укладывать бесстыковый путь и с обычными башмакосбрасывателями, однако при этом примыкание рельсовых плетей производится с помощью уравнивательных приборов. Если приборы устанавливаются по одной нити, то вторую нить можно сваривать на всю длину пути с укладкой по концам уравнивательных рельсов.

Закрепление рельсовых плетей противоугонами и постановка их в нормальный режим работы на опытных участках производилось в строго определенном интервале температур. Закрепление концевых участков плетей, примыкающих с помощью уравнивательных рельсов к стрелочным переводам, типовым башмакосбрасывателям и к изолирующим стыкам, производилось путем установки противоугонов на каждой шпале с обеих сторон на протяжении до 100 м (рис. 2 а).



Р и с. 2. Схемы закрепления противоугонами концевых участков бесстыкового пути с костыльным скреплением

Закрепление концевых участков плетей, компенсация температурных перемещений которых осуществлялась с помощью уравнивательных приборов-башмакосбрасывателей, производилось путем установки противоугонов через шпалу от угона и через шпалу в обратную сторону на протяжении до 110 м. При этом сокращается потребное число противоугонов и каждая шпала препятствует сдвигу рельсовой плети в одну сторону (рис. 2 б).

Середина рельсовых плетей закреплялась только от угона, причем на станционных путях с интенсивной работой противоугоны устанавливались через шпалу, на малодеятельных путях число противоугонов уменьшалось до 7—9 пар на «условное» звено длиной 12,5 м. Аналогичным образом закреплялись и уравнивательные рельсы.

При укладке бесстыкового пути с костыльным скреплением на станциях стыковые зазоры между уравнивательными рельсами и плетью назначались следующим образом:

Фактический перепад t°						
от момента укладки						
до t°_{\max}	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Величина стыкового зазора, мм	0	1	2	4	5	7

Отклонения в установке стыковых зазоров допускались не более ± 1 мм от расчетных.

На основании расчета пути на прочность и устойчивость определены границы интервалов укладки и закрепления бесстыкового пути с костыльным скреплением.

Табл. 5, где приведены расчетные нижние и верхние границы интервалов укладки и закрепления рельсовых плетей типа Р-43 и Р-50 в зависимости от экстремальных значений температуры рельсов, применима для всей сети железных дорог СССР.

Таблица 5

t°_{\max} рельса	Нижняя граница расчетн. темпер. интервала закрепл. бесстыкового пути для рельсов типа		t°_{\min} рельса	Верхняя граница температур- ного интервала закрепления бесстык. пути для рельсов типа	
	Р-43	Р-50		Р-43	Р-50
70	+ 26	+ 2	- 60	+ 12	+ 20
68	+ 24	+ 25	- 58	+ 14	+ 22
66	+ 22	+ 23	- 56	+ 16	+ 24
64	+ 20	+ 21	- 54	+ 18	+ 26
62	+ 18	+ 19	- 52	+ 20	+ 28
60	+ 16	+ 17	- 48	+ 24	+ 32
58	+ 14	+ 15	- 46	+ 26	+ 34
56	+ 12	+ 13	- 42	+ 30	+ 38
54	+ 10	+ 11	- 38	+ 34	+ 42
52	+ 8	+ 9	- 34	+ 38	+ 46
50	+ 6	+ 7	- 30	+ 42	+ 50
48	+ 4	+ 5	- 26	+ 46	+ 54
46	+ 2	+ 3	- 22	+ 50	+ 58
44	0	+ 1	- 18	+ 54	+ 62
42	- 2	- 1	- 14	+ 58	+ 66
40	- 4	- 3	- 10	+ 62	+ 70

На основании расчетов и эксплуатационного опыта установлено, что закрепление рельсовых плетей целесообразно производить в пределах интервала, равного 8—14° С. Если же расчетный интервал закрепления плетей превышает указанную величину, то необходимо интервал закрепления назначить не более 14° С, изменив при этом его расчетные границы.

Изучение температурной работы концов рельсовых плетей бесстыкового пути с костыльным скреплением, сваренного на всю длину станции, с уравнительными рельсами или с уравнительными приборами-башмакосбрасывателями проводилось путем:

измерения перемещений концов рельсовых плетей относительно створов и стыковых зазоров между уравнительными рельсами и плетью;

непрерывного хронометража перемещений концевых участков бесстыкового пути в течение нескольких суток;

записи перемещений концов рельсовых плетей.

При выполнении указанных выше требований по укладке и закреплению бесстыкового пути с костыльным скреплением температурные перемещения концов рельсовых плетей относительно створов не превышали расчетных, стыковые зазоры, в основном, изменялись в пределах конструктивных значений.

На основании суточного хронометража и замеров перемещений рельсовых плетей относительно створов, определены средние погонные сопротивления продольным перемещениям рельсовых плетей, которые летом составляли 5—7,5 кг/см, а зимой — 12—16 кг/см по одной рельсовой нитке. Эксплуатация рельсовых плетей с костыльным скреплением, уложенных на 32 станционных путях дорог Урала и Сибири, протекает нормально и дополнительных трудностей не вызывает.

Результаты работы температурно-напряженного бесстыкового пути были доложены и получили одобрение научно-технического Совета МПС 13 марта 1965 г., по поручению которого разработан НИИЖТом с участием ВЗИИТа проект «Технических условий на укладку и содержание бесстыкового пути в подгорочных парках сортировочных станций».

В реферируемой работе определена технико-экономическая эффективность внедрения бесстыкового пути для малодейственных путей и для путей подгорочных парков, где

рельсовые плети укладываются с уравнительными приборами-башмакосбрасывателями.

При определении срока окупаемости укладки бесстыкового пути с костыльным скреплением учитывалось сокращение расходов на текущее содержание пути, экономия металла на скреплении, уменьшение расходов на устройство и содержание рельсовых цепей, а также уменьшение расходов на ремонт и тягу поездов в связи с ликвидацией стыков.

Проведенные автором расчеты показали, что срок окупаемости бесстыкового пути с костыльным скреплением не превышает двух лет. При укладке рельсовых плетей, снимаемых с перегона при капитальном ремонте пути, срок окупаемости значительно уменьшится.

Исследование продольных сил, возникающих впереди тормозящего поезда

Для решения вопроса о возможности применения бесстыкового пути с костыльным скреплением необходимо знать величину дополнительных продольных сил, возникающих в рельсах впереди тормозящего поезда. Эти силы от тормозящего опытного состава, сформированного из восьмиосных вагонов, определялись автором экспериментально, причем в процессе эксперимента применялось служебное и экстренное торможение. Опыты проводились на бесстыковом пути с костыльным скреплением на станциях и с отдельным скреплением марки «К» на перегоне. Дополнительные силы и продольные перемещения на станциях определялись по одной нитке в 12 сечениях, на перегоне — по обеим ниткам в 14 сечениях. Расстояния между сечениями соответственно были равны 20 и 10 м. На опытных участках для наблюдения за остаточными деформациями угона при интенсивном торможении разбивались створы. Перемещения сечений определялись электропрогибомерами с точностью 0,02 мм, а дополнительные силы от тормозящего поезда замерялись тензодатчиками сопротивлений, наклеенными на шейку рельса по нейтральной оси с точностью до 500 кг. Показания приборов записывались осциллографом на фотобумагу.

Скорости движения состава перед торможением, которое начиналось за 50—200 м до опытного участка на станциях составляли 35—50 км/ч, а на перегоне достигали 70 км/ч.

Экспериментами, проводившимися на станциях как при частично ослабленных противоугонах, так и после полного

их закрепления, значительных дополнительных продольных сил впереди тормозящего поезда не обнаружено.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что средняя величина продольной силы, возникающая в рельсах бесстыкового пути с костыльным скреплением впереди интенсивно тормозящего поезда весом 3230 т равна 1,4 т, а среднеквадратическое отклонение при этом составляет 0,8 т. Принимая вероятность появления сил меньше расчетных 99,4%, получим, что максимально вероятная дополнительная сила, возникающая по одной рельсовой нитке от тормозящего поезда равна 3,4 т. Сжимающие силы в рельсовых плетях от тормозящего состава появляются за 20—100 м до подхода поезда. В момент остановки силы под поездом возрастают, но величина скачка не превышает 0,5 — 1 т.

Большое влияние на величину дополнительных сил оказывает погонное сопротивление. Так, например, при ослабленных противоугонах средняя величина продольной силы по результатам 10 заездов составила 1,9 т, а после закрепления она снизилась до 1,04 т. В рельсовых плетях бесстыкового пути с раздельным скреплением марки «К» величина продольной силы впереди тормозящего состава весом 4560 т не превышает 1 т. Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости учета продольных сил, возникающих впереди тормозящего поезда, при расчетах устойчивости пути с костыльным скреплением. В расчетах бесстыкового пути с раздельным скреплением марки «К» дополнительные продольные силы от тормозящего поезда можно не учитывать.

В проведенном ТашИИТом эксперименте по определению тормозных сил впереди поезда на станционных путях также не обнаружено значительных дополнительных сил от тормозящего поезда.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования работы длинномерных рельсов и бесстыкового пути на станциях в условиях Урала и Сибири дают возможность сделать следующие основные выводы и рекомендации:

1. Сварные рельсы длиной более 50 м, при ограничении температурных перемещений величиной конструктивного зазора, работают аналогично бесстыковому пути. В связи с

этим температурные напряжения в сварных рельсах и в рельсовых плетях бесстыкового пути одинаковы.

2. В климатических зонах Сибири, а также и на всей сети железных дорог СССР, исходя из значения температурных напряжений в сварных рельсах, невозможно обеспечить условия нормальной работы их без укладки уравнивательных рельсов. Поэтому на станционных путях рельсы длиной более 25 м укладывать нецелесообразно.

3. Пятилетний опыт эксплуатации бесстыкового пути температурно-напряженного типа с костыльным скреплением на 32 путях станций: Московка, Комбинатская, Омск-сортировочный Западно-Сибирской железной дороги, Свердловск-сортировочный Свердловской железной дороги и Иркутск-сортировочный Восточно-Сибирской железной дороги подтвердил возможность и целесообразность его внедрения в подгорочных парках сортировочных станций. При этом ликвидация рельсовых зазоров (стыков) исключила случаи заклинивания тормозных башмаков и, связанные с ними сходы вагонов.

4. Окупаемость дополнительных капиталовложений и затрат, обусловленных укладкой бесстыкового пути температурно-напряженного типа с костыльным скреплением, не превышает двух лет.

5. Для укладки в подгорочных парках сортировочных станций рекомендуется следующая конструкция бесстыкового пути с костыльным скреплением: рельсы Р-43 и тяжелее, шпалы деревянные (не менее 1600 шт/км), балласт песчаный, гравийный, асбестовый, ракушечный и щебеночный.

Для компенсации температурных перемещений рельсовых плетей необходимо применять уравнивательные рельсы или уравнивательные приборы-башмакосбрасыватели.

Рельсовые плети должны свариваться электроконтактным или газопрессовым способами.

6. При расчете устойчивости бесстыкового пути с костыльным скреплением следует учитывать дополнительную продольную силу от тормозящего поезда, равную 7 т (по обеим рельсовым нитям).

На основе теоретических исследований и данных эксплуатации опытных участков бесстыкового пути температурно-напряженного типа с костыльным скреплением разработан и представлен в Главное Управление пути МПС проект «Технических условий на укладку и содержание бесстыкового

пути с костыльным скреплением в подгорочных парках сортировочных станций».

* *
* *

Результаты исследований работы температурно-напряженного бесстыкового пути с костыльным скреплением докладывались автором научно-техническому Совету МПС, техническим Советам служб пути железных дорог: Западно-Сибирской и Свердловской, на научно-технических конференциях НИИЖТа и УрЭМИИТа.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Матвеев В. И., Альбрехт В. Г., Боченков М. С. Какой длины сварные рельсовые плети рационально укладывать на станционных путях. «Железнодорожный транспорт», № 2, 1964.

2. Матвеев В. И. Что показали наблюдения за работой длинных рельсов и бесстыкового пути на станциях. Труды НИИЖТа, вып. 40, 1964.

3. Матвеев В. И. К вопросу определения стыкового зазора при укладке бесстыкового пути на станциях. Труды НИИЖТа, вып. 58, 1964.

4. Матвеев В. И., Давыдов В. Г., Савченко В. А., Тюриков А. А. Башмакосбрасыватель как уравнительный прибор. «Путь и путевое хозяйство», № 9, 1966.

5. Матвеев В. И. Длина рельсов в подгорочных парках. «Путь и путевое хозяйство», № 12, 1966.

6. Матвеев В. И. К вопросу устойчивости бесстыкового пути на станциях. Материалы научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Новосибирск, 1967.

7. Матвеев В. И. Работа длиномерных рельсов на станциях. Материалы к XXI научно-технической конференции НИИЖТа. Новосибирск, 1964.

8. Матвеев В. И., Боченков М. С. Работа длиномерных рельсов и бесстыкового пути в условиях Урала и Сибири. «Путь и путевое хозяйство» ЦИНТИ МПС, вып. 25, 1966.

9. Матвеев В. И. О продольных силах, возникающих в элементах пути впереди тормозящего поезда. Материалы научно-технической конференции НИИЖТа. Новосибирск, 1966.

10. Матвеев В. И. Укладка и содержание бесстыкового пути на станциях. Материалы X научно-технической конференции УЭМИИТа и НТО Свердловской ж. д., Свердловск, 1966.

Сдано в набор 28 ноября 1967 г. Подписано к печати 6 декабря 1967 г.
Формат 60×84. 1,25 печ. л., тир. 200. МН04356. Зак. 1760.

Тип. НИИЖТа. Новосибирск, ул. им. Дуси Ковальчук, 191.