

Научная статья
УДК 625.1
doi:10.52170/1815-9265_2026_80_75

Подходы к определению необходимой температуры закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути

Владимир Леонидович Шаповалов¹, Евгений Викторович Мироненко^{2✉},
Елена Владимировна Корниенко³

^{1, 2, 3} Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

¹ cpd@rgups.ru

² zhenia.mironenko@yandex.ru✉

³ pph@rgups.ru

Аннотация. Бесстыковой путь является основной и наиболее прогрессивной конструкцией верхнего строения пути, ежегодно полигон укладки бесстыкового пути увеличивается в связи с его преимуществами перед звеньевым путем: отсутствием ударного воздействия и расстройств пути в стыках, повышением сроков службы элементов верхнего строения пути и подвижного состава, уменьшением шума, снижением сопротивления движению поездов и др. При строгом соблюдении температурного режима работы бесстыковой путь эффективнее, проще в эксплуатации и безопаснее звеньевого. В настоящее время повсеместно применяется температурно-напряженная конструкция бесстыкового пути с закреплением плетей на постоянный режим эксплуатации (без сезонных перезакреплений). В связи с этим всегда был и остается актуальным вопрос: как правильно определить необходимую температуру для закрепления рельсовых плетей? Ведь продольные силы и напряжения, возникающие при изменении температуры рельсов относительно температуры их закрепления, в летнее и зимнее время достигают высоких значений, создающих угрозу потери устойчивости рельсовых плетей или их излома.

Цель работы – анализ существующих на железных дорогах России, а также на железных дорогах мира способов определения оптимального температурного интервала закрепления рельсовых плетей, при котором риски, связанные с воздействиями высоких значений продольных температурных сил, будут минимальными.

Из теории устойчивости и многолетней практики устройства и содержания бесстыкового пути известно, что чем выше температура закрепления рельсовой плети, тем более низкой будет вероятность потери ее устойчивости, и наоборот: более высокой станет вероятность излома плети в зимний период. Ввиду того что потеря устойчивости рельсовой плети является более опасным происшествием, чем ее излом, на железных дорогах России и многих других стран принято закреплять плети при более высоких температурах. Ежегодно проводится работа по повышению качества рельсовой стали, предел прочности которой в настоящее время превысил 800 МПа. Однако, помимо прочности самой плети, необходимо также учитывать прочность болтовых стыковых соединений на примыканиях к стрелочным переводам. Для предотвращения среза стыковых болтов в период воздействия низких температур предлагается сезонное перезакрепление 200-метровых концов длинных и сверхдлинных рельсовых плетей (длиной до блок-участка или до перегона). Более радикальным способом решения вопроса прочности стыковых болтов в зимний период является сварка рельсовых плетей со стрелочными переводами.

Ключевые слова: бесстыковой путь, рельсовые плети, устойчивость, температура закрепления, продольная сила

Для цитирования: Шаповалов В. Л., Мироненко Е. В., Корниенко Е. В. Подходы к определению необходимой температуры закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2026. № 3 (80). С. 75–84. DOI 10.52170/1815-9265_2026_80_75.

Original article

Approaches to determining the required fastening temperature of continuously welded rail (CWR) track

Vladimir L. Shapovalov¹, Evgeny V. Mironenko^{2✉}, Elena V. Kornienko³

^{1, 2, 3} Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

¹ cpd@rgups.ru

² zhenia.mironenko@yandex.ru✉

³ pph@rgups.ru

Abstract. Continuously welded rail (CWR) is the primary and most advanced design for railway superstructure, with its annual installation mileage increasing due to significant advantages over jointed track. These benefits include the elimination of impact loads and track disorders at joints, extended service life for both superstructure components and rolling stock, noise reduction, decreased train running resistance, and others. When strict temperature regimes are observed, CWR proves to be more efficient, easier to maintain, and safer than jointed track. Currently, a temperature-stressed CWR structure is universally employed, where rails are fastened for permanent operation without seasonal re-fastening. Consequently, the question of how to correctly determine the required temperature for anchoring rail strings has always been and remains relevant. Longitudinal forces and stresses arising from temperature fluctuations relative to the rail fastening temperature reach high values in summer and winter, posing a threat of buckling or fracture of the rail strings.

The objective of this work is to analyze methods for determining the optimal temperature range for fastening rail strings currently used on Russian Railways as well as on railways worldwide, aiming to minimize risks associated with high longitudinal thermal forces.

Both stability theory and long-term practice in the construction and maintenance of continuous track indicate that the higher the rail string fastening temperature, the lower the probability of its instability (buckling), and vice versa: the probability of fracture increases during the winter period. Since the loss of stability is considered a more hazardous event than fracture, it is common practice on Russian Railways and in many other countries to fasten rails at higher temperatures. Annual efforts are being made to improve the quality of rail steel, whose tensile strength currently exceeds 800 MPa. However, beyond the strength of the rail itself, the durability of bolted joint connections at turnout approaches must also be taken into account. To prevent shear failure of fishplate bolts during low-temperature exposure, the paper proposes the seasonal re-fastening of 200-meter ends of long and extra-long rail strings (extending up to a signaling block section or an entire line section). A more radical solution to ensure the integrity of joint bolts in winter is the direct welding of rail strings to turnouts.

Keywords: continuously welded track, rail strings, stability, fastening temperature, longitudinal force

For citation: Shapovalov V. L., Mironenko E. V., Kornienko E. V. Approaches to determining the required fastening temperature of continuously welded rail (CWR) track. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2026;(80):75–84. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2026_80_75.

Введение

К вопросу определения оптимального температурного интервала закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути на постоянный режим эксплуатации в разных странах мира реализуются свои подходы. На железных дорогах России температурный режим работы рельсовых плетей бесстыкового пути определяется Инструкцией [1].

Согласно п. 6.2 границы расчетного интервала закрепления, т. е. самую низкую ($\min t_3$) и самую высокую ($\max t_3$) температуры закрепления, определяют по формулам:

$$\min t_3 = t_{\max \max} - [\Delta t_y]; \quad (1)$$

$$\max t_3 = t_{\min \min} + [\Delta t_p], \quad (2)$$

где $t_{\max \max}$ и $t_{\min \min}$ – максимальная и минимальная температура рельса, °C; $[\Delta t_y]$ – повышение температуры рельсовой плети, допускаемое по условию устойчивости пути (определяется по таблице П.6.1 [1]); $[\Delta t_p]$ – допускаемое по условию прочности рельсов понижение температуры.

Значение $[\Delta t_p]$ определяется по таблице П.6.2 [1] или по расчетной формуле

$$[\Delta t_p] = \frac{[\sigma] - k_{II} \sigma_k}{\alpha E} = \frac{[\sigma] - k_{II} \sigma_k}{2,5}. \quad (3)$$

Нетрудно заметить, что верхняя граница расчетного интервала температур ограничена прочностью рельса, а нижняя – допускаемым

понижением температуры по условию устойчивости. Данные условия не имеют смысла, поскольку прочность современных рельсов давно перестала ограничивать верхний интервал закрепления, в то время как устойчивость бесстыкового пути определяется фактическим состоянием верхнего строения пути: усилием прижатия рельсов к шпалам в узлах промежуточных скреплений, степенью уплотнения и заполненностью балластной призмы, погонным сопротивлением шпал в балласте вдоль и поперек оси пути и т. д., которые методика не учитывает [2]. Поэтому закрепление плетей в пределах расчетного интервала по [1] не только не гарантирует надежность их работы, но и создает прямую угрозу безопасности движения поездов. Ввиду получаемых низких значений минимально допустимой температуры закрепления ранее существовала рекомендация [3] проводить закрепление рельсовых плетей при температуре, находящейся в верхней половине расчетного температурного интервала.

Материалы и методы исследования

В современной редакции Инструкции [1], в п. 3.4, указано, что для обеспечения прочности и устойчивости бесстыкового пути, определяемых по методике, приведенной в Приложении 6, все вновь укладываемые плети должны закрепляться при оптимальной температуре (табл. 1) [1].

Таблица 1

**Оптимальные температуры закрепления
плетей в дирекциях инфраструктуры**

Дирекция инфраструктуры	Оптимальная температура закрепления плетей $t_{\text{опт}}$, °C
Октябрьская	30 ± 5
Калининградская	
Московская	
Горьковская	
Северная	
Северо-Кавказская	35 ± 5
Юго-Восточная	
Приволжская	
Куйбышевская	30 ± 5
Свердловская	
Южно-Уральская	
Западно-Сибирская	
Красноярская	
Восточно-Сибирская	
Забайкальская	
Дальневосточная	

Примечание. Распоряжением начальника Управления пути и сооружений разрешается вводить на отдельных участках дорог (регион, ПЧ) значения оптимальной температуры закрепления, отличающиеся от приведенных.

В КНР прочность и устойчивость бесстыкового пути определяется на основании Стандарта железных дорог Китая [4]. Согласно данному стандарту расчету на прочность подвергаются только рельсы, причем для бесстыкового пути допускаются к применению только рельсы с пределом прочности при растяжении не ниже 880 МПа (п. 3.1 [4]). Расчет необходимой температуры закрепления рельсовых плетей производится по следующей формуле:

$$T_e = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + \frac{[T_d] - [T_u]}{2} \pm \Delta T_k, \quad (4)$$

где $T_{\max}$ и $T_{\min}$ – максимальная и минимальная температура рельса, °C; $[T_d]$ – допустимое снижение температуры по условию прочности рельса, °C; $[T_u]$ – допустимое повышение температуры по условию устойчивости рельса, °C; ΔT_k – интервал коррекции температуры закрепления, составляющий 0...5 °C.

Для безбалластного железнодорожного пути температура закрепления рельсовых плетей в КНР определяется по формуле

$$T_e = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \pm \Delta T_k. \quad (5)$$

Получаемая в результате относительно низкая температура закрепления в данном случае оправдывается более высокой жестко-

стью конструкции безбалластного пути, хорошо сопротивляющейся изгибу рельсовых плетей в горизонтальной плоскости, и направлена на предохранение плетей и узлов промежуточных скреплений, жестко закрепленных в бетонных плитах, от высоких значений продольных растягивающих сил.

По аналогичной формуле производится определение необходимой температуры закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути на щебеночном балласте согласно стандарту Международного союза железных дорог (UIC) в странах Западной Европы (Германии, Австрии, Швеции и др.). В Турции, согласно стандарту TCDD, выражение имеет вид [5]:

$$DRT = \left[\frac{T_{\text{rail min}} + T_{\text{rail max}}}{2} + 5 \right] \pm 3, \quad (6)$$

где $T_{\text{rail max}}$ – максимальная температура рельса, °C; $T_{\text{rail min}}$ – минимальная температура рельса, °C.

В США для расчета температурного интервала закрепления плетей применяется североамериканский стандарт AREMA [6] и более новый APTA [7]. Согласно этим стандартам минимальная и максимальная температуры закрепления плетей определяются по формулам:

$$\text{minimum } D.R.T. = \frac{2H_t + L_t}{3} + 10, \quad (7)$$

$$\text{maximum } D.R.T. = \left[\frac{2H_t + L_t}{3} + 25 \right] \pm 5, \quad (8)$$

где H_t – максимальная температура рельса, °F; L_t – минимальная температура рельса, °F.

В расчет по AREMA и APTA температуры должны подставляться только в градусах Фаренгейта. Итоговая, так называемая предпочтительная температура закрепления (PRLT) должна находиться между $DRT_{\min}$ и $DRT_{\max}$, при этом желательно в сторону более высокой температуры [7], поскольку «солнечная деформация рельса может быть гораздо опаснее разрыва рельса» (Appendix B, B3 [7]).

Приведенные методики, применяемые в разных странах, в том числе в России, имеют ряд недостатков. Они либо задают директивные значения без должного научного обоснования, как, например, в Швеции, где необходимая температура закрепления является фактически средним значением самой высокой и самой низкой температуры рельса, либо основаны на статических испытаниях и понятии так называемой критиче-

ской силы, превышение которой ведет к выбросу бесстыкового пути. Этот подход неоднократно был подвержен обоснованной критике, поскольку выброс пути на стенде происходит сразу, одномоментно, при превышении продольной температурной силой сопротивления балласта [8]. Это практически не имеет ничего общего с работой рельсовых плетей в реальных условиях, где при даже относительно малом превышении температуры плети над температурой ее закрепления рост напряженных неровностей в плане происходит при проходе каждого поезда. Ведущим фактором выступает время или число пропущенных осей, а величина продольной температурной силы определяет скорость нарастания стрелы изгиба. Таким образом, в настоящее время еще нет утвержденной методики, в полной мере учитывающей динамическое воздействие подвижного состава и фактор времени. Ближе всех к решению данной задачи подошел проф. В. И. Новакович со своим коллективом в работах [9–11]. На основании расчетов с учетом воздействия поездов, а также опыта эксплуатации бесстыкового пути предложено придерживаться как можно более высокой минимальной температуры закрепления и по возможности ликвидировать все болтовые стыки для обеспечения прочности и сохранения установленного температурного режима.

В настоящее время основой для оценки эффективности существующих нормативов может послужить статистика случаев потери устойчивости рельсовых плетей бесстыкового пути. На железных дорогах России количество происшествий, связанных с потерей устойчивости рельсовых плетей, из года в год находится на примерно одном уровне, составляющем в среднем 9,4 случая в год [12] (рис. 1). Из них в среднем 2,4 случая привели к сходу, против 0,15 случая схода в год при изломе рельсовых плетей в период воздействия низких температур.

В это же время на железных дорогах США ежегодно фиксировалось в среднем 34 случая схода подвижного состава, связанные с выбросом бесстыкового пути под или перед поездом [13].

В странах Европы, где действует расчет по методике Международного союза железных дорог (UIC), количество выбросов в бесстыковом пути, связанных с низкой рекомендуемой температурой закрепления, достаточно велико (рис. 2) [14].

В Великобритании в [15] приведена статистика инцидентов, связанных с критическим изгибом рельсовых плетей под воздействием высоких температур с 2006 по 2013 г. (рис. 3).

Учитывая протяженность сети железных дорог Великобритании (порядка 30 000 км

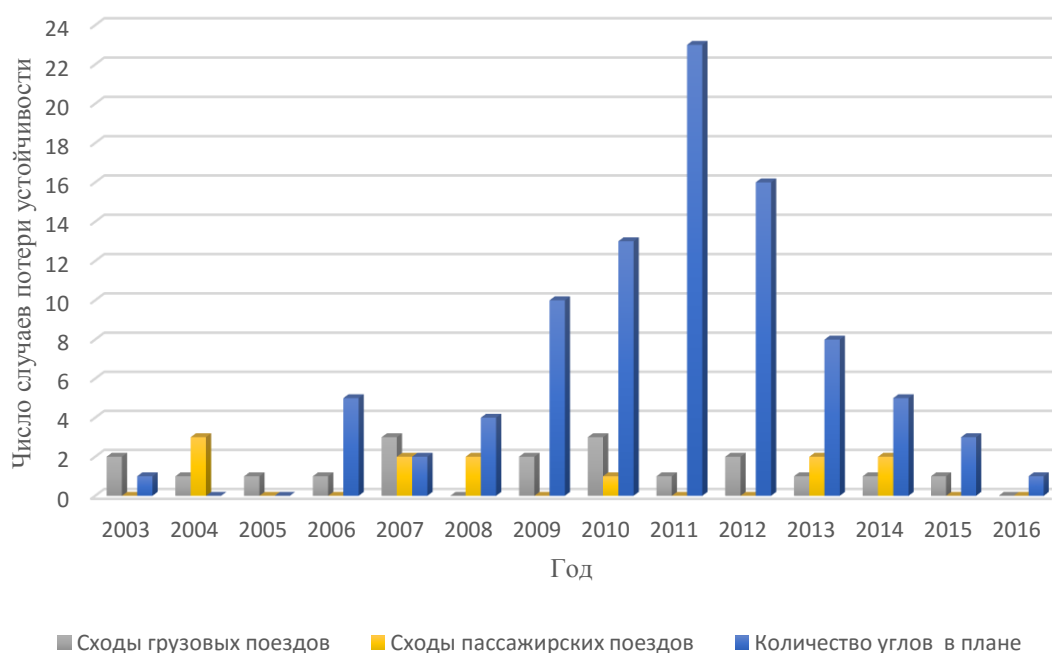


Рис. 1. Распределение числа случаев потери устойчивости бесстыкового пути по годам с учетом типа подвижного состава в России



Рис. 2. График, показывающий связь между случаями выброса, зарегистрированными в странах Европейского союза с 2008 по 2018 г., и глобальным потеплением



Рис. 3. Число происшествий, связанных с температурой рельсовых плетей, в Англии с 2006 по 2013 г.

развернутой длины) и сравнительно мягкий климат, с невысокими максимальными летними температурами, число происшествий с потерей устойчивости рельсовых плетей сопоставимо или выше, чем на железных дорогах России. Максимально допустимая температура закрепления рельсовых плетей на железных дорогах Англии составляет 27 °C [15], она же чаще всего принимается в качестве установленной [16]. При существующем температурном интервале закрепления плетей из-за изменения климата к 2040 г. авторами

[17] прогнозируется увеличение на 40 % ограничений скорости движения поездов.

Причем в современных исследованиях европейских ученых особое внимание уделяется именно вопросам изменения климата и глобального потепления. В Испании был проведен анализ температур воздуха, температур рельсов в разные месяцы и случаев потери устойчивости рельсовых плетей бесстыкового пути, на основе которого выполнено компьютерное моделирование [18]. В результате было получено, что ожидается кратное увеличение

числа случаев температурных изгибов рельсовых плетей. Ежегодное количество деформаций может увеличиться до 20–90 к 2050 г. и до 60–550 к 2075 г. К 2100 г. при существующем росте температур ожидаемое количество выбросов бесстыкового пути может составить более 1 500 (рис. 4) [18].

В связи с этим авторами [18] рекомендуется в качестве простого и эффективного способа повышение температур закрепления рельсовых плетей, а также ограничение скорости движения поездов в период воздействия высоких температур.

Произведем анализ методов определения границ температурного интервала закрепления плетей и расчет с применением приведенных выше формул для четырех железнодорожных станций, расположенных в разных климатических регионах России.

Результаты исследования

Результаты расчетов по разным методикам приведены в табл. 2 и на рис. 5. Проведенный анализ носит информационный характер и ярко иллюстрирует разницу подходов и методик к определению необходимой температуры закрепления, принятых в разных странах. Наибольшими являются температуры закрепления, рассчитанные по методике отраслевого стандарта Китайских железных дорог, по североамериканской методике (AREMA и APTA) и рекомендованные как оптимальные для дорог ОАО «РЖД». Границы температурного интервала, определенные по евростандарту UIC и по методике турецких железных дорог TCDD, существенно ниже, что усугубляет проблему устойчивости рельсовых плетей и существенно повышает количество случаев выброса пути. Авторами [5, 16, 18]

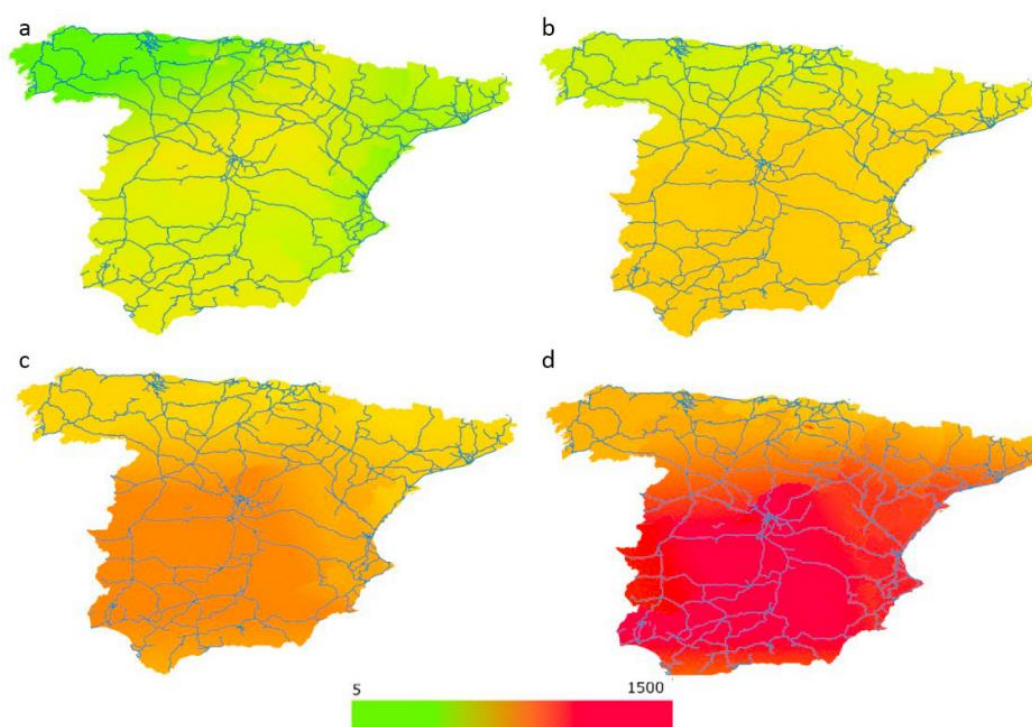


Рис. 4. Прогноз количества случаев потери устойчивости рельсовых плетей на железных дорогах Испании на основе компьютерного моделирования:
a – 2025 г.; b – 2050 г.; c – 2075 г.; d – 2100 г. [18]

Таблица 2

Результаты расчета температурного интервала закрепления плетей, °C

Станции	ОАО «РЖД»			КНР	AREMA и APTA		UIC	TCDD
	min t_3	max t_3	$t_{\text{опт}}$		Minimum D.R.T.	Maximum D.R.T.		
Москва	4	58	30 ± 5	33 ± 5	18	27 ± 15	8 ± 5	13 ± 3
Ростов-на-Дону	6	60	35 ± 5	38 ± 5	23	31 ± 15	14 ± 5	19 ± 3
Челябинск	5	59	30 ± 5	32 ± 5	18	27 ± 15	18 ± 5	13 ± 3
Иркутск	2	53	30 ± 5	28 ± 5	14	23 ± 15	3 ± 5	8 ± 3

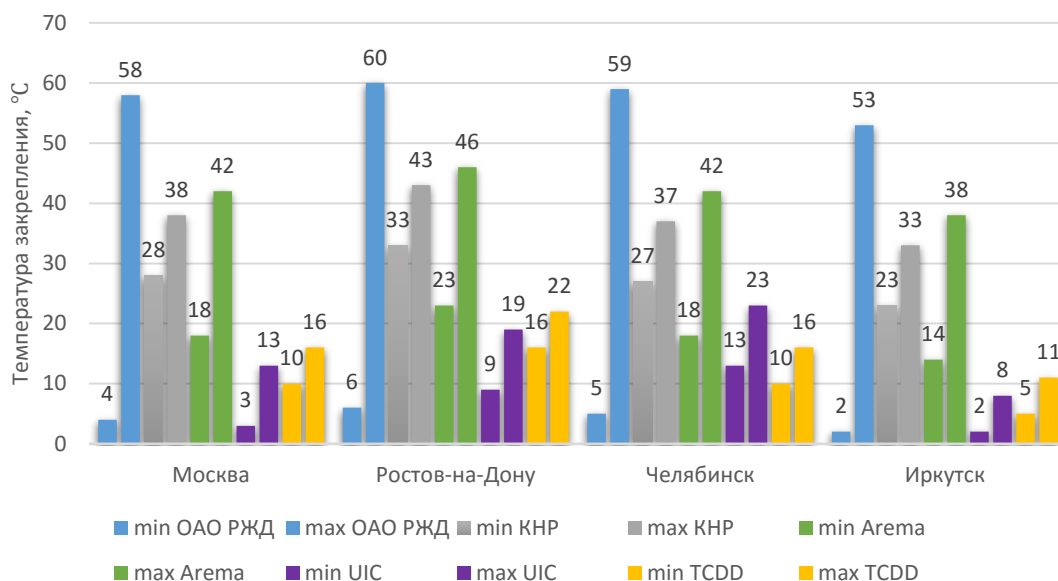


Рис. 5. Интервал температур закрепления рельсовых плетей, определенный по различным методикам для четырех городов России из разных климатических зон

отмечается необходимость повышения в Турции, Англии, Испании и странах Европы в целом минимально допустимой температуры закрепления рельсовых плетей для увеличения их устойчивости в летний период. Анализ границ температурного интервала закрепления плетей в США, определенного по методике AREMA, показывает, что минимально допустимое значение достаточно низкое и также способствует большому числу выбросов бесстыкового пути [13]. Минимальные ($\min t_3$) и максимальные ($\max t_3$) температуры закрепления, рассчитанные по методике ОАО «РЖД», как показывает практика, полностью оторваны от реальности.

Выводы

Основываясь на проведенном анализе, статистике происшествий, а также трудах ведущих ученых мира, предлагаем исключить из приме-

нения расчет температурного интервала закрепления рельсовых плетей по [1], как потерявший научное обоснование и угрожающий безопасности движения поездов, в пользу фиксированных температур закрепления для каждой из дорог в зависимости от климатических условий, с минимальными значениями не ниже 30 °C. Указанное значение минимальной температуры будет обеспечивать устойчивость пути для большинства условий эксплуатации. Также следует отметить, что для уточнения этого порогового значения потребуются обоснование, учитывающее как климатические зоны эксплуатации бесстыкового пути, так и конструкции верхнего строения пути, в том числе и его фактическое состояние. Вместе с усилением контроля, ликвидацией болтовых стыков сваркой это приведет к значительному снижению числа напряженных неровностей и повышению безопасности и бесперебойности движения поездов.

Список источников

1. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2544р. Москва : ЦентрМАГ, 2025. 176 с.
2. Корниенко Е. В. Особенности напряженно-деформированного состояния бесстыкового пути при учете воздействия поездов : специальность 05.22.06 «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Корниенко Елена Владимировна ; Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону, 2019. 145 с.
3. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути : утверждены заместителем министра путей сообщения Российской Федерации Т. В. Семеновым 31 марта 2000 г. Москва : Транспорт, 2000. 96 с.

4. TB 10015–2012. Отраслевой стандарт Китайской Народной Республики. Конструкция железнодорожного бесстыкового пути. Пекин : Китайское железнодорожное издательство, 2013. 130 с.
5. Saltan Mehmet, Ferhat Çeçen, Ömer Faruk Acar. Rail Thermal Buckling Risk Management: Comparative Analysis of Stress-Free Temperature Determination in the USA and Türkiye // 2nd International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology (ICivilTech 2024) At: Isparta/Türkiye. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/387655523_Rail_Thermal_Buckling_Risk_Management_Comparative_Analysis_of_Stress-Free_Temperature_Determination_in_the_USA_and_Turkiye (дата обращения: 20.05.2026).
6. AREMA. Stand for Track. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association. URL: <https://www.railroadfasteners.com/download/AREMA-Stand-for-Track.pdf> (дата обращения: 20.05.2026).
7. APTA RT-FS-S-002-02. Rev. 1. Standard American Public Transportation Association 1300 I Street, NW, Suite 1200 East, Washington, DC 20006 First Published: Sept. 22, 2002. First Revision: April 7, 2017. URL: https://www.apta.com/wp-content/uploads/Standards_Documents/APTA-RT-FS-S-002-02-Rev-1.pdf (дата обращения: 20.05.2026).
8. Устойчивость пути – основное условие безопасности движения / В. И. Новакович, Н. И. Залавский, Г. В. Карпачевский [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2026. № 3. С. 22–25.
9. Об обосновании установленного температурного режима бесстыкового пути / В. И. Новакович, Г. В. Карпачевский, Н. И. Залавский [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 6. С. 38–40.
10. Пересмотреть инструкцию по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути / В. И. Новакович, Г. В. Карпачевский, Н. И. Залавский [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2023. № 8. С. 32–33.
11. Новакович В. И., Карпачевский Г. В., Залавский Н. И. Обоснование установленного температурного режима работы бесстыкового пути // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк-2024») : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию Ростовского государственного университета путей сообщения. Ростов-на-Дону, 2024. С. 197–200.
12. Суслов О. А. Функциональная безопасность эксплуатации бесстыкового пути : специальность 05.22.06 «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Суслов Олег Александрович ; Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. Москва, 2017. 241 с.
13. Оценка риска выброса пути // Железные дороги мира. № 8. 2006. С. 76–78.
14. Ferhat Çeçen, Bekir Aktaş. Ray Sıcaklığı Takip Sistemleri (RSTS) için En Uygun Yerlerin Belirlenmesinde Termal Kameralardan Yararlanılması: Hızlı Analiz Metotları Geliştirilmesi // Demiryolu Mühendisliği. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/382298263_Ray_Sicakligi_Takip_Sistemleri_RSTS_icin_En_Uygun_Yerlerin_Belirlenmesinde_Termal_Kameralardan_Yararlanilmasi_Hizli_Analiz_Metotlari_Gelistirilmesi_Use_of_Thermal_Imaging_Cameras_to_Identify_Best_Loca (дата обращения: 20.05.2026).
15. Heat-Related Failures on Southeast England's Railway Network: Insights and Implications for Heat Risk Management / Emma Ferranti, Lee Chapman, Caroline Lowe [et al.] // Weather, Climate, and Society. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/294723085_Heat-Related_Failures_on_Southeast_England's_Railway_Network_Insights_and_Implications_for_Heat_Risk_Management (дата обращения: 20.05.2026).
16. Quantifying the effects of high summer temperatures due to climate change on buckling and rail related delays in south-east United Kingdom / K. Dobney, C. Baker, Andrew Quinn, Lee Chapman // Meteorological Applications. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/230320048_Quantifying_the_effects_of_high_summer_temperatures_due_to_climate_change_on_buckling_and_rail_related_delays_in_south-east_United_Kingdom (дата обращения: 20.05.2026).
17. Future projections of temperature-related climate change impacts on the railway network of Great Britain / Erika Palin, Hazel Thornton, Camilla Mathison [et al.] // Climatic Change. 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/257548222_Future_projections_of_temperature-related_climate_change_impacts_on_the_railway_network_of_Great_Britain (дата обращения: 20.05.2026).
18. Risk of increasing temperature due to climate change on operation of the Spanish rail network / Ignacio Villalba, Ricardo Franco, Pablo Salvador Zuriaga, Pablo Fernández Martínez // Transportation Research Procedia. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/340072112_Risk_of_increasing_temperature_due_to_climate_change_on_operation_of_the_Spanish_rail_network (дата обращения: 20.05.2026).

References

1. Instructions for the installation, installation, maintenance and repair of a continuously welded track. Approved by the Order of Russian Railways dated 14.12.2016 No. 2544r. Moscow: TsentrMag; 2025. 176 p. (In Russ.).
2. Kornienko E. V. Features of the stress-strain state of a continuously welded track when taking into account the effects of trains. Specialty 05.22.06 'Railway track, railway survey and design: dissertation for the degree of Candidate of Engineering; Rostov State Transport University. Rostov-on-Don; 2019. 145 p. (In Russ.).
3. Technical instructions for the installation, installation, maintenance and repair of a continuously welded track. Moscow: Transport; 2000. 96 p. (In Russ.).
4. TB 10015-2012. The industry standard of the People's Republic of China. The construction of a continuously welded track. Beijing: Chinese Railway Publishing House; 2013. 130 p. (In Russ.).
5. Saltan Mehmet, Ferhat Çeçen, Ömer Faruk Acar. Rail Thermal Buckling Risk Management: Comparative Analysis of Stress-Free Temperature Determination in the USA and Türkiye. *2nd International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology (ICivilTech 2024)* At: Isparta/Türkiye. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/387655523_Rail_Thermal_Buckling_Risk_Management_Comparative_Analysis_of_Stress-Free_Temperature_Determination_in_the_USA_and_Turkiye.
6. AREMA. Stand for Track. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association. URL: <https://www.railroadfasteners.com/download/AREMA-Stand-for-Track.pdf>.
7. APTA RT-FS-S-002-02, Rev. 1. Standard American Public Transportation Association 1300 I Street, NW, Suite 1200 East, Washington, DC 20006 First Published: Sept. 22, 2002. First Revision: April 7, 2017. URL: https://www.apta.com/wp-content/uploads/Standards_Documents/APTA-RT-FS-S-002-02-Rev-1.pdf.
8. Novakovich V. I., Zalavsky N. I., Karpachevsky G. V. [et al.]. Stability of the track is the main condition for traffic safety. *Track and Track Facilities*. 2026;(3):22–25. (In Russ.).
9. Novakovich V. I., Karpachevsky G. V., Zalavsky N. I. [et al.]. On the justification of the established temperature regime of a continuously welded track. *Track and Track Facilities*. 2022;(6):38–40. (In Russ.).
10. Novakovich V. I., Karpachevsky G. V., Zalavsky N. I. [et al.]. To revise the instructions for the installation, laying, maintenance and repair of a continuously welded track. *Track and Track Facilities*. 2023;(8):32–33. (In Russ.).
11. Novakovich V. I., Karpachevsky G. V., Zalavsky N. I. Justification of the established temperature regime for the operation of a continuously welded track. *Actual Problems and Prospects for the Development of Transport, Industry and the Economy of Russia (TransPromEk-2024). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Rostov State Transport University*. Rostov-on-Don; 2024. P. 197–200. (In Russ.).
12. Suslov O. A. Functional continuously welded track safety operation. Specialty 05.22.06 'Railway track, survey and design of railways': dissertation for the degree of Doctor of Engineering; Scientific Research Institute of Railway Transport. Moscow; 2017. 241 p. (In Russ.).
13. Assessment of pathway release risk. *Railways of the World*. 2006;(8):76–78. (In Russ.).
14. Ferhat Çeçen, Bekir Aktaş. Ray Sıcaklığı Takip Sistemleri (RSTS) için En Uygun Yerlerin Belirlenmesinde Termal Kameralardan Yararlanılması: Hızlı Analiz Metotları Geliştirilmesi. *Demiryolu Mühendisliği*. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/382298263_Ray_Sicakligi_Takip_Sistemleri_RSTS_icin_En_Uygun_Yerlerin_Belirlenmesinde_Termal_Kameralardan_Yararlanilmasi_Hizli_Analiz_Metotlari_Gelistirilmesi_Use_of_Thermal_Imaging_Cameras_to_Identify_Best_Loca.
15. Ferranti Emma, Chapman Lee, Lowe Caroline, McCulloch Steve, Jaroszweski David, Quinn Andrew. Heat-Related Failures on Southeast England's Railway Network: Insights and Implications for Heat Risk Management. *Weather, Climate, and Society*. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/294723085_Heat-Related_Failures_on_Southeast_England's_Railway_Network_Insights_and_Implications_for_Heat_Risk_Management.
16. Dobney K., Baker C., Quinn Andrew, Chapman Lee. Quantifying the effects of high summer temperatures due to climate change on buckling and rail related delays in south-east United Kingdom. *Meteorological Applications*. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/230320048_Quantifying_the_effects_of_high_summer_temperatures_due_to_climate_change_on_buckling_and_rail_related_delays_in_south-east_United_Kingdom.
17. Palin Erika, Thornton Hazel, Mathison Camilla [et al.]. Future projections of temperature-related climate change impacts on the railway network of Great Britain. *Climatic Change*. 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/257548222_Future_projections_of_temperature-related_climate_change_impacts_on_the_railway_network_of_Great_Britain.
18. Villalba Ignacio, Franco Ricardo, Salvador Zuriaga, Pablo Martínez Fernández. Risk of increasing temperature due to climate change on operation of the Spanish rail network. *Transportation Research Procedia*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/340072112_Risk_of_increasing_temperature_due_to_climate_change_on_operation_of_the_Spanish_rail_network.

Информация об авторах

В. Л. Шаповалов – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Путь и путевое хозяйство» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Е. В. Мироненко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Е. В. Корниенко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Information about the authors

V. L. Shapovalov – Doctor of Engineering, Head of the Track and Track Facilities Department, Rostov State Transport University.

E. V. Mironenko – Candidate of Engineering, Associate Professor of the Track and Track Facilities Department, Rostov State Transport University.

E. V. Kornienko – Candidate of Engineering, Associate Professor of the Track and Track Facilities Department, Rostov State Transport University.

Статья поступила в редакцию 18.05.2026; одобрена после рецензирования 06.07.2026; принята к публикации 03.09.2026.

The article was submitted 18.05.2026; approved after reviewing 06.07.2026; accepted for publication 03.09.2026.