

П.В. Новосельцев¹, Ю.А. Купцов²

¹ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

² Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА РЕЛЬСА БЕССТЫКОВОГО ПУТИ НА ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ

Аннотация. Выброс пути происходит при возникновении значительных сжимающих усилий в рельсе из-за его нагрева и угона поездами. При износе рельса уменьшаются геометрические размеры его сечения, а также уменьшается осевой момент инерции относительно вертикальной оси сечения рельса, смещается центр тяжести сечения и, таким образом, дополнительно увеличивается эксцентриситет силы. В районе рельсового изоляционного стыка меньше жесткость, происходят удары от прохождения колеса по рельсовому стыку, поэтому, при движении поездов происходит ослабление рельсового пути. Из-за этого возрастает опасность выброса рельсового пути. В статье подчеркивается необходимость его укрепления и повышения жесткости рельсового соединения, ударной вязкости и прочности композитных накладок.

В работе дан качественный и количественный анализ вероятности потери устойчивости рельса бесстыкового пути.

Ключевые слова: бесстыковой путь, выброс пути, износ рельса, изоляционный стык, композитные накладки.

P. V. Novoseltsev¹, Yu. A. Kuptsov²

¹ East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, the Russian Federation

² Ulan-Ude College of Railway Transport, Ulan-Ude, the Russian Federation

THE EFFECT OF RAIL WEAR OF CONTINUOUS WELDED RAIL ON ITS STABILITY

Abstract. The initial stage of loss of stability of a continuous welded rail (the so-called "track buckling") is the loss of stability of one of the rails.

When the rail is worn out, the geometric dimensions of its section decrease, and the axial moment of inertia decreases relative to the vertical axis of the rail section, the center of gravity of the section shifts and, thus, the force eccentricity additionally increases. In the area of the rail insulating joint, there is less rigidity, shocks from the passage of the wheel along the rail joint occur; therefore, when the trains move, the rail track is weakened. Because of this, the danger of rail ejection increases. The article emphasizes the need to strengthen it and increase the rigidity of the rail connection, impact strength and strength of composite plates.

The paper provides a qualitative and quantitative analysis of the probability of loss of stability of continuous welded rail.

Keywords: continuous welded rail, track buckling, rail wear, insulating joint, composite plates.

Введение

Обеспечение устойчивости пути - одна из главных задач при его эксплуатации. При высокой температуре нагрева рельсов в летний период, из-за теплового расширения и угона пути, происходит сжатие рельсов и, при несоответствующем обслуживанием рельсового пути, может произойти его выброс, который приводит к сходу с рельсов подвижного состава.

В инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути от 29 декабря 2012 года за № 2788Р, указано на необходимость контролировать смещение сечений участков рельса относительно друг друга [1] пункт 4.2. Для этого на рельсах и шпалах нанесены отметки через 100 метров. Если удлинение и укорочение участков пути более 10 миллиметров, то требуется произвести регулировку напряжения или разрядку всей плети [1].



Рис. 1. Температурный выброс пути с изломом накладки

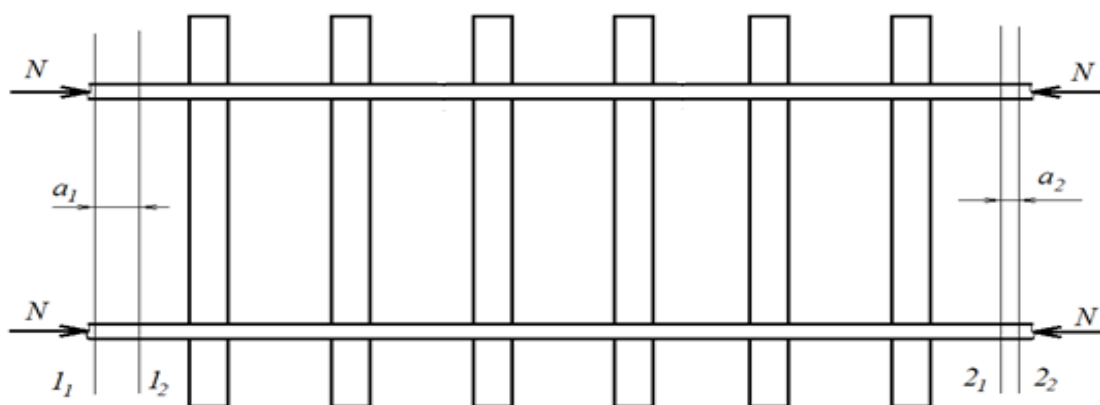


Рис. 2. Схема измерения смещения сечений по границам участков

- 1_1 - положение сечения 1 в момент, когда продольная сила равна нулю;
- 2_1 - положение сечения 2 в момент, когда продольная сила равна нулю;
- 1_2 - положение сечения 1 в текущий момент;
- a_1 - смещение сечения 1;
- 2_2 - положение сечения 2 в текущий момент;
- a_2 - смещение сечения 2.

Смещение сечения 1 относительно сечения 2: $\Delta = a_2 - a_1$.

Это смещение равно деформации рельса. По закону Гука величина продольной силы от смещения, вызванного угоном рельса поездом N_{yz} :

$$N_{yz} = \frac{E \cdot A \cdot \Delta}{L}; \quad (1)$$

- где L - длина участка (по инструкции 100 метров);
- E - модуль упругости (Па);
- A - площадь сечения рельса (m^2).

По распоряжению ОАО «РЖД» № 2022 от 01.10.2009 г. «Об установлении временных норм эксплуатации бесстыкового пути» оптимальная температура закрепления рельсового пути на большей части РФ равна $35^{\circ}C$ [2]. При повышении температуры в процессе эксплуатации возникает температурная сжимающая сила:

$$N_t = A \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta t; \quad (2)$$

где $\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - коэффициент температурного расширения стали;
 Δt – разница температуры рельса и температуры его закрепления.

Возникающая от действия угона и температуры рельса продольная сила N , равна сумме этих сил:

$$N = N_{yz} + N_t. \quad (3)$$

Если продольная сжимающая сила N достаточно большая, возникает опасность потери устойчивости рельса – выброса рельсового пути. Для контроля бесстыкового пути было изготовлено и в натуральных условиях экспериментально проверено лепестковое устройство, определяющее напряжения в рельсах [3]. Если напряжения слишком большие, то для их снятия необходимо произвести разрядку рельсового пути, то есть ослабление и закрепление рельсовой плети.

При эксплуатации происходит интенсивный износ внутренней боковой поверхности головки рельса (Рис.2), допускаемая величина которого равна $[S_1] = 15 \text{ мм}$, также изнашивается верхняя рабочая поверхность головки рельса, допускаемая величина износа которого равна $[S_2] = 5 \text{ мм}$.

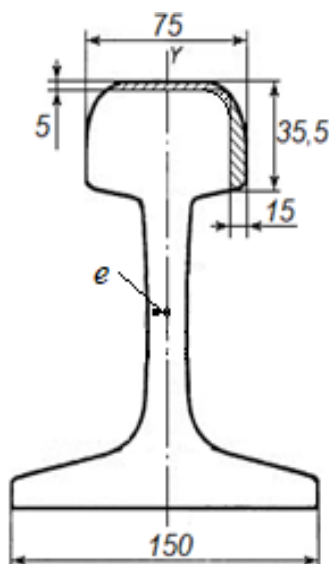


Рис. 3. Профиль рельса Р-65 с показанным допускаемым износом

Изменение геометрических характеристик рельса Р-65:

1. Момент инерции относительно вертикальной оси:

- нового рельса:

$$I_y = 564 \text{ см}^4;$$

- изношенного рельса:

$$I'_y = 564 - \frac{0,5 \cdot 7,5^3}{12} - 3,56 \cdot 1,5 \cdot 3^2 - \frac{3,56 \cdot 1,5^3}{12} \approx 500 \text{ см}^4;$$

уменьшение составило 12%.

2. Площадь сечения:

- нового рельса:

$$A = 82,6 \text{ см}^2;$$

- изношенного рельса:

$$A' = 82,6 - 7,5 \cdot 0,5 - 3,56 \cdot 1,5 = 73,5 \text{ см}^2;$$

уменьшение составило 11%.

3. Смещение центра тяжести сечения в горизонтальном направлении:

$$e = \frac{3,56 \cdot 1,5 \cdot 3}{82,6} = 0,19 \text{ см} = 19 \text{ мм}.$$

Особенно опасное состояние возникает, если выброс пути происходит в месте стыка рельсов. Там установлены накладки, в том числе композитные. У композитного материала ниже, чем у стали модуль упругости, что вызывает большие деформации. Известно, что при прохождении состава через рельсовый стык, происходит повышенное ослабление насыпи, шпалы удерживаются слабее. Также происходит износ отверстий накладок и рельсов, ослабляются удерживающие накладки болты.

Снижение жесткости в месте стыка рельсов повышает вероятность выброса пути. По результатам исследований, выброс пути происходит с большой скоростью, в среднем около 0,2 сек. Динамические силы, возникающие при таком ударном воздействии, могут сломать накладки, в том числе и композитные, а это приведет к разрыву рельса, что еще более опасно для движущегося поезда и неизбежно приведет к его сходу.



Рис. 4. Рельсовый стык с композитными накладками

Поэтому, материал накладок из композиционного материала должен обладать высокой ударной вязкостью, усталостной прочностью, износостойкостью и виброустойчивостью. Применение современных волокон, содержащихся в количестве 50-70%, позволило создать композиции с удельной прочностью и удельным модулем упругости в несколько раз большими, чем у обычных конструкционных материалов и сплавов. При правильной технологии изготовления можно получить требуемую усталостную прочность, виброустойчивость, ударную вязкость.

Отверстия для болтов, с целью уменьшения износа, должны иметь твердость, сопоставимую с твердостью закаленной стали.

Для исследования свойств композитов на кафедре «Сопротивление материалов» ВСГУТУ были изготовлены образцы и экспериментально исследованы их свойства [5-9].

По результатам исследований предложено использовать современные углепластиковые композиты для изготовления рельсовых накладок.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-18050/19.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути от 29 декабря 2012 года за № 2788Р 1.
2. Распоряжение ОАО «РЖД» № 2022 от 01.10.2009 г. «Об установлении временных норм эксплуатации бесстыкового пути».
3. Каргапольцев С.К., Новосельцев П.В., Купцов Ю.А. Практический способ контроля устойчивости бесстыкового рельсового пути// Журнал «Путь и путевое хозяйство». / М.-2019.- № 10 - С.38-40.
4. Бохоева Л.А., Садовский Г.П., Гуртовой С.С. Многослойные защитные конструкции из композиционных материалов// В сборнике: III Международная конференция молодых ученых по современным проблемам материалов и конструкций. Сборник статей. 2019. С. 59-64.
5. Chermoshentseva A.S., Pokrovskiy A.M., Bokhoeva L.A. The behavior of delaminations in composite materials - experimental results// В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Advanced Materials and New Technologies in Modern Materials Science 2015, AMNT 2015" 2016. С. 012005.
6. Бохоева Л.А., Пнев А.Г., Чермошенцева А.С. Испытание на прочность кольцевых образцов из слоистых композиционных материалов с межслойными дефектами// Вестник Бурятского государственного университета. 2011. № 9. С. 230-236.
7. Бохоева Л.А., Бочектуева Е.Б., Балданов А.Б., Курохтин В.Ю. Расчет прочности слоистых плоских экранов при ударе с использованием cad/cae-систем // В сборнике: III Международная конференция молодых ученых по современным проблемам материалов и конструкций. Сборник статей. 2019. С. 281-287.

REFERENCES

1. Instructions for the device, installation, maintenance and repair of the jointless path dated December 29, 2012 No. 2788P 1.
2. Decree of Russian Railways OJSC No. 2022 of October 1, 2009, "On the Establishment of Temporary Standards for the Operation of the Continuous welded rail".
3. Kargapol'tsev S.K., Novoseltsev P.V., Kuptsov Yu.A. A practical way to control the stability of a jointless track // *Journal " Railway Track and Facilities "* / М.- 2019.- No. 10 - pp.38-40.
4. Bokhoeva L.A., Sadovsky G.P., Gurtovoy S.S. Multilayer protective structures made of composite materials// *In the collection: III international conference of young scientists on modern problems of materials and structures. A collection of articles.* 2019. pp. 59-64.
5. Chermoshentseva A.S., Pokrovskiy A.M., Bokhoeva L.A. The behavior of delaminations in composite materials - experimental results// *In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Advanced Materials and New Technologies in Modern Materials Science 2015, AMNT 2015"* 2016. p. 012005.
6. Bokhoeva L.A., Pnev A.G., Chermoshentseva A.S. strength Testing of ring samples made of layered composite materials with interlayer defects// *Bulletin of the Buryat state University.* 2011. no. 9. pp. 230-236.
7. Bokhoeva L.A., Bochektueva E.B., Baldanov A.B., Kurokhtin V.Yu. Calculation of the strength of layered flat screens at impact using cad/cae systems// *In the collection: III International conference of young scientists on modern problems of materials and structures. A collection of articles.* 2019. pp. 281-287.

Информация об авторах

Новосельцев Петр Викторович – к.т.н., доцент кафедры «Сопротивление материалов», Восточно-Сибирский государственного университета технологий и управления, г. Улан-Удэ, e-mail: nov-pv@mail.ru

Купцов Юрий Алексеевич – преподаватель, Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта, г. Улан-Удэ, e-mail: yourakupcov@mail.ru

Authors

Novoseltsev Petr Viktorovich - Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment Resistance of Materials, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, e-mail: nov-pv@mail.ru

Kuptsov Yuri Alekseevich - Lecturer, Ulan-Ude College of Railway Transport, Ulan-Ude, e-mail: yourakupcov@mail.ru

Для цитирования

Новосельцев П.В. Влияние износа рельса бесстыкового пути на его устойчивость [Электронный ресурс] / П.В. Новосельцев, Ю.А. Купцов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №2(8). – Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/28-20>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 16.07.2020)

For citation

Novoseltsev P.V. The effect of rail wear of continuous welded rail on its stability [Electronic resource] / P.V. Novoseltsev, Yu.A. Kuptsov // "Young science of Siberia": electron. scientific journal – 2020. – № 2(8). – Access mode: <http://mnv.irkups.ru/toma/28-20>, free. – Zagl. from the screen. – Yaz. Russian, English (date of the application 16.07.2020)