

Т.А. Иванова<sup>1</sup>, Е.А. Бондаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г.Иркутск, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА НА ХАРАКТЕР ВОЗНИКНОВЕНИЯ БОКОВЫХ СИЛ. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты, проведенного исследования изменения боковых воздействий на рельсовые нити при изменении радиусов кривых пути, от которых зависит величина возвышения наружного рельса. В ходе изучения вопроса осуществлено моделирование трех вариантов движения грузового вагона в кривых различного радиуса, для которых были рассчитаны: 1) длины переходных кривых; 2) величина возвышения наружного рельса. Анализ полученных результатов моделирования показал, что боковые силы, возникающие в рельсах, больше в криволинейных участках малого радиуса.

**Ключевые слова:** возвышение, наружная нить, центробежная сила.

Т.А. Ivanova<sup>1</sup>, Е.А. Bondarenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## **THE EFFECT OF CHANGES IN THE EXTENSION OF THE EXTERNAL RAIL ON THE CHARACTER OF THE EMERGENCE OF SIDE FORCES. COMPUTER SIMULATION RESULTS**

**Annotation.** This article contains the results of the study of impacts on the side rail change yarn when changing radii of the curves of the path depends on the magnitude of elevation of the outer rail. During study modelling 3 options for movement of freight wagon in various RADIUS curves for which they were designed: 1) length of transitional curves; 2) value of elevation of the outer rail. Analysis of modelling results showed that the lateral forces in Rails, more curved sections of small radius.

**Keywords:** elevation, external thread, centrifugal force.

### **Введение**

Воздействие подвижного состава на путь является сложным физическим процессом, рассматривающим элементы единой механической системы «колесо-рельс». От колесных пар подвижного состава при движении на путь передается сложное силовое воздействие, которое можно разделить на горизонтальные (продольные) и вертикальные (поперечные) составляющие.

При следовании подвижного состава по кривой возникает центробежная сила, которая прижимает экипаж к наружной нити, затрудняя его поворот и создавая дополнительное давление на внешнюю рельсовую нить, в связи с этим рельсы изнашиваются быстрее, возникают отбои нитей, увеличивается напряжение в самих рельсах, происходит крен кузова. Во избежание опрокидывания экипажа, с целью нейтрализации вредного влияния центробежной силы и её уравнивания, а также обеспечения равномерного износа обеих рельсовых нитей устраивают возвышение наружного рельса. С помощью проведенного исследования мы попытались оценить, как влияет величина возвышения на боковые силы. При составлении моделей учитывали радиусы кривых, длины переходных кривых, скорости движения грузовых поездов и численное значение возвышения [1].

## Исходные данные

При проведении исследования смоделирован железнодорожный вагон (рис.1).

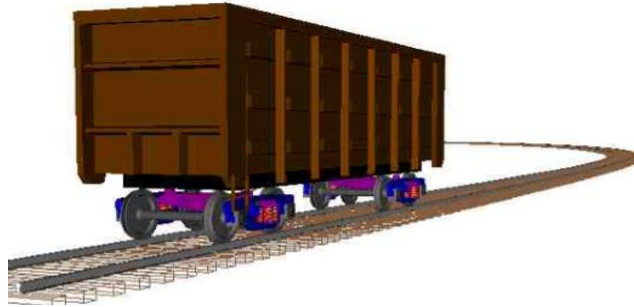


Рис 1. Модель вагона

Для исследования влияния боковых сил при изменении возвышения наружного рельса необходимо задать характеристики плана пути, а также скорость подвижного состава.

Возвышение наружного рельса определяется по формуле:

$$h = 12.5 \cdot \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

Для определения длин переходных кривых необходимо установить уклон отвода возвышения, в зависимости от скорости подвижного состава. Скорость подвижного состава составляет:  $V = 20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}$ ; принимаем уклон равным  $i = 1.9 \text{ мм/м}$ .

Длины переходных кривых определяются по формуле:

$$l = \frac{h}{i} \quad (2)$$

Необходимо произвести моделирование движения вагона при различных характеристиках плана, а именно при радиусах  $R = 600 \text{ м}$ ,  $R = 800 \text{ м}$ ,  $R = 1200 \text{ м}$ .

Моделируется движение вагона в кривой  $R = 600 \text{ м}$ ; прямая  $l = 10 \text{ м}$ ; возвышение наружного рельса  $h = 0.11 \text{ м}$ ; длина круговой кривой  $S = 200 \text{ м}$ ; переходные кривые  $P_{1,2} = 60 \text{ м}$ ; со скоростью подвижного состава  $V = 20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}$ , время моделирования  $t = 18 \text{ сек}$ .

Результаты моделирования отображены на рис.2.



Рис 2. Диаграмма изменения боковых сил при проходе криволинейного участка радиусом равным 600 м

При анализе данных, на основе которых построена диаграмма, определили максимальное значение боковой силы по внутренней нити  $F = 33534,46$  Н, а также максимальное значение по наружной нити, которое составляет  $F = 37755,6$  Н.

Производим моделирование второго расчетного случая движения вагона в кривой  $R = 800$  м; прямая  $l = 10$  м; возвышение наружного рельса  $h = 0.09$  м; длина круговой кривой  $S = 200$  м; переходные кривые  $P_{1,2} = 50$  м; со скоростью подвижного состава  $V = 20$  м/с = 72 км/ч, время моделирования  $t = 18$  сек.

Результаты моделирования отображены на рис.3.



Рис 3. Диаграмма изменения боковых сил при проходе криволинейного участка 2

Максимальное значение боковой силы по внутренней нити  $F = 27783,45$  Н, максимальное значение по наружной нити составляет  $F = 28874,1$  Н.

Производим моделирование третьего расчетного случая движения вагона в кривой  $R = 1200$  м; прямая  $l = 10$  м; возвышение наружного рельса  $h = 0.06$  м; длина круговой кривой  $S = 200$  м; переходные кривые  $P_{1,2} = 30$  м; со скоростью подвижного состава  $V = 20$  м/с = 72 км/ч, время моделирования  $t = 18$  сек.

Результаты моделирования отражены на рис.4.



Рис 4. Диаграмма изменения боковых сил при проходе криволинейного участка 3

Максимальное значение боковой силы по внутренней нити  $F = 21589,21$  Н, максимальное значение по наружной нити составляет  $F = 21078,4$  Н.

### Результаты компьютерного моделирования

Для дальнейшего анализа строится результирующая диаграмма в зависимости от радиуса кривых, по возвышенному рельсу, рис.5.

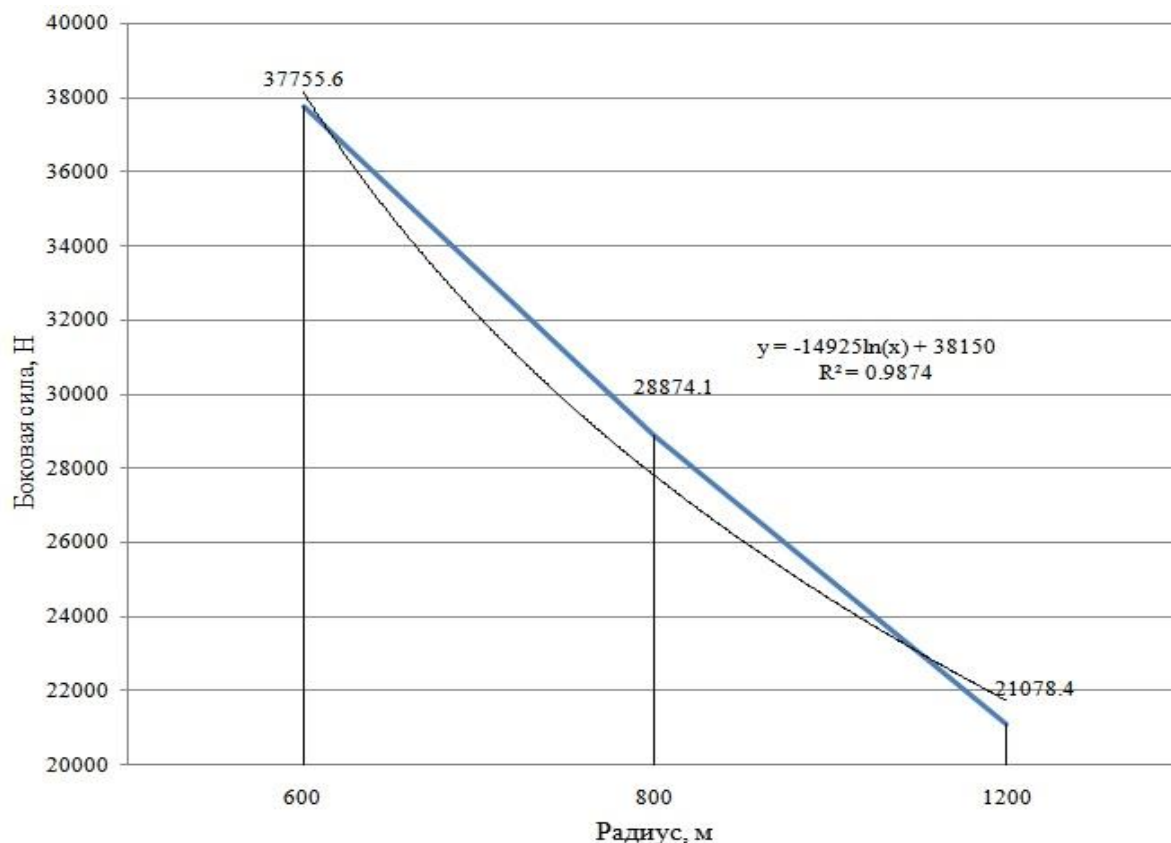


Рис.5. Результирующая диаграмма, возникших боковых сил

Изучив все зависимости, которые могли возникнуть, принимаем решение об использовании логарифмической зависимости, описанной уравнением  $y = -14925\ln(x) + 38150$ . Коэффициент достоверности  $R_2$  равен 0,99 и приближен к 1, что характеризует более точное описание исходных данных моделями.

### Заключение

1. Методом компьютерного моделирования выявлено возникновение боковых усилий при различных возвышениях.
2. Проведено моделирование движения единицы грузового подвижного состава по криволинейным участкам железнодорожного пути.
3. Построены диаграммы изменения боковых сил при проходе кривых.
4. Сформирована результирующая диаграмма, отражающая использованные в работе радиусы, по наружному рельсу.
5. На основе анализа заключительной диаграммы сделан вывод о том, что чем меньше радиус криволинейного участка, тем больше воздействие боковых усилий, а, значит, увеличивается износ рельсов, и как следствие, уменьшается срок их службы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов В.В. Расчеты и проектирование железнодорожного пути : учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева – М. : Маршрут, 2003 – 486 с.
2. Ашпиз Е.С. Железнодорожный путь : учебник / Е.С. Ашпиз, А.И. Гасанов, Б.Э. Глюзберг – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013 – 544 с.
3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути/ОАО «РЖД», утверждена 14.11.2016 г. № 2288р.
4. Фришман М.А. Как работает путь под поездами: учебник для вузов / М.А. Фришман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 176 с.
5. Расчет железнодорожного пути на прочность. Методические указания/ Филатов Е.В., Клокова О.О., Тужилина Л.В. – Иркутск, - 2003, -59с.

## REFERENCES

1. Vinogradov V.V. Estimation and design of railway: a manual for students by j.-j. wZ. /V.V. Vinogradov, A.M. Nikonov, t.g. Yakovleva-M.: route 2003-486 p.
2. Ashpiz E.S. Railroad: tutorial/E.S.Ashpiz, A.I.Hasanov, B.E. Gljuzberg-M.: FEDERAL "educational-methodical Center on education in rail transport, 2013-544 p.
3. Instructions for maintenance of railway/JSC «RZD», approved by resolution No. 2288 14.11.2016 y.
4. Frishman M.A. As works under the path trains: a textbook for universities/M.A. Frishman. -3 ed., revised. and extras. -M.:Transport, 1975. -176 p.
5. Calculation of railway track for durability. Guidance/Filatov E.V., Klokov O.O., Tuzhilina L.V.-Irkutsk-2003, 59 p.

## Информация об авторах

*Иванова Татьяна Анатольевна* – студентка 5 курса Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [ivanovatati96@mail.ru](mailto:ivanovatati96@mail.ru);

*Бондаренко Елена Александровна* - студентка 5 курса Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [bondarenkoelena199607@gmail.com](mailto:bondarenkoelena199607@gmail.com).

## Authors Information

*Ivanova Tatyana Anatolyevna* - 5th year student of the Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, e-mail: [ivanovatati96@mail.ru](mailto:ivanovatati96@mail.ru);

*Bondarenko Elena Alexandrovna* - 5th year student of the Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, e-mail: [bondarenkoelena199607@gmail.com](mailto:bondarenkoelena199607@gmail.com).

## Для цитирования

Иванова Т.А. Влияние изменения возвышения наружного рельса на возникновение боковых сил. Результат компьютерного моделирования [Электронный ресурс] / Т. А. Иванова, Е. А. Бондаренко // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. — 2019. — №4. — Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 25.06.2019)

## Forcitations

Ivanova T.A. THE EFFECT OF CHANGES IN THE EXTENSION OF THE EXTERNAL RAIL ON THE CHARACTER OF THE EMERGENCE OF SIDE FORCES. COMPUTER SIMULATION RESULTS. / T.A. Ivanova T.A., E.A. Bondarenko // “Young Science of Siberia”: electron. scientific journals - 2018. - № 2.-Access mode: <http://mnv.irkups.ru/toma/04-2019>, free. - Title from the screen. - Yaz. rus (the date of circulation 25.06.2019)