

УДК 625.033.3

*Д.О. Туманов<sup>1</sup>, М.В. Сафьянов,<sup>1</sup> Н.С. Ленин<sup>1</sup>*

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

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УКЛОНА ОТВОДА ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНЕГО РЕЛЬСА НА ХАРАКТЕР ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СИЛ В КРИВОМ УЧАСТКЕ ПУТИ**

**Аннотация.** *В данной статье рассматривается влияния уклона отвода возвышения наружного рельса на характер возникновения направляющих сил в кривом участке пути. Исходя из экспериментально полученных данных, можно сказать, что любое отклонение от действующих норм ведет к увеличению одних параметров и к уменьшению других. На некоторых колесных парах направляющие силы вовсе отсутствуют.*

**Ключевые слова:** *уклон отвода, длина переходной кривой, плавность хода, кривые участки пути, универсальный механизм*

*D. O. Tumanov<sup>1</sup>, M.V. Safyanov,<sup>1</sup> N. S. Lepin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Irkutsk state transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **THE IMPACT OF CHANGES IN THE SLOPE OF THE WITHDRAWAL OF THE CANT ON THE NATURE OF THE EMERGENCE OF THE GUIDING FORCES IN CURVE PART OF THE WAY**

**Abstract.** *This article discusses the influence of the slope of the elevation of the outer rail on the nature of the occurrence of guiding forces in the curved section of the path. Based on the experimentally obtained data, it can be said that any deviation from the existing standards leads to an increase in some parameters and to a decrease in others. Some wheel pairs have no guiding forces at all.*

**Keyword:** *the slope of the allotment, the length of the transition, the smoothness, the curves track sections, universal mechanism*

### **Введение**

Влияние изменения уклона отвода возвышения наружного рельса на характер возникновения направляющих сил в кривом участке пути

Говоря об уклоне отвода возвышения наружного рельса нельзя забывать о плавности хода или другими словами комфортабельности. Под этим понимается отсутствие у пассажиров ощущения перегрузки, невесомости или качки при движении в кривых, несмотря на действие различного рода сил [1, 2].

Именно для плавности хода в кривых устраивают возвышение наружного рельса и ограничивают непогашенное ускорение значением  $0,7 \text{ м/с}^2$ . При этом возвышение должно отвечать радиусу кривой и скоростям движения поездов. Комфортабельность езды пассажиров будет нарушена при неправильном возвышении, сбитых точках начала и конца переходных/круговых кривых, неплавных отводах.

В результате контакта гребней колесных пар и рельсов возникают боковые направляющие силы, отклоняющие тележку от прямолинейного направления движения.

Повышенное воздействие подвижного состава на рельс приводит к более интенсивному износу элементов верхнего строения пути и самих колес, повреждению рельсов, расстройству пути [3]. Поэтому плавность хода подвижного состава в кривых тесно связана с безопасностью движения поездов.

Для оценки состояния кривых производится их проверка путеобследовательскими станциями ЦНИИ-4 проводится расчёт паспортных характеристик кривых участков пути с целью достижения оптимальных значений. При этом параметр переходной кривой равен произведению радиуса кривой на длину переходной кривой [4]. Значение уклона возвышения наружного рельса в переходных кривых в зависимости от допускаемых скоростей движения приведены в таблице 1 [5].

**Таблица 1**

**Значение уклона возвышения наружного рельса в переходных кривых в зависимости от допускаемых скоростей движения**

Максимальный уклон отвода возвышения (i), мм/м, не более	Допускаемая скорость поездов, км/ч	
	пассажирских	грузовых
0,9	200	90
1,0	180	90
1,1	160	90
1,2	140	90
1,4	120	90
1,5	110	90
1,6	100	90
1,7	95	85
1,8	90	80
1,9	85	80
2,1	80	75
2,3	75	70
2,5	70	65
2,7	65	60
2,9	55	
3,0	50	
3,1	40	
3,2	25	
Более 3,2	Закрытие движения	

Для проведения эксперимента был использован программный комплекс "Универсальный механизм" включающий в себя специализированный модуль для моделирования динамики железнодорожных экипажей: локомотивов, вагонов и путевых машин [6].

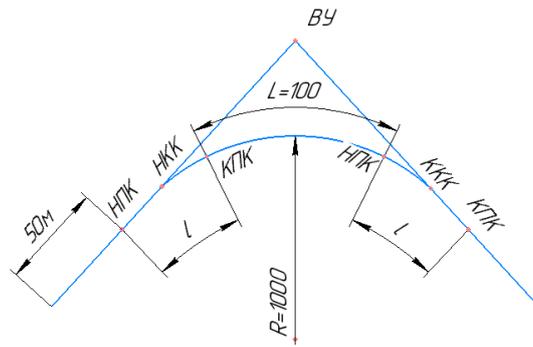
Для проведения эксперимента были заданы следующие условия, приведенные в таблице 2.

**Таблица 2**

**Исходные данные**

Неизменные	Изменяемые
R= 1000 м (радиус кривой) L= 100 м (длина круговой кривой) V= 80 км/ч (скорость движения вагона) h= 105 мм (возвышение в кривой) N = 21 т/ось (осевая нагрузка)	l - длина переходной кривой i - уклон отвода

Схема экспериментального участка представлена на рисунке 1.



**Рис 1. Схема экспериментального участка**

Для определения расчетного возвышения наружного рельса воспользовались формулой:

$$h_p = \frac{12,5 \times V^2}{R}$$

$$h_p = \frac{12,5 \times 80^2}{1000} = 80 \text{ мм}$$

где

R – радиус кривой, м.

V – скорость вагона, км/ч.

Для определения длины переходной кривой мы пользовались следующей формулой [2]:

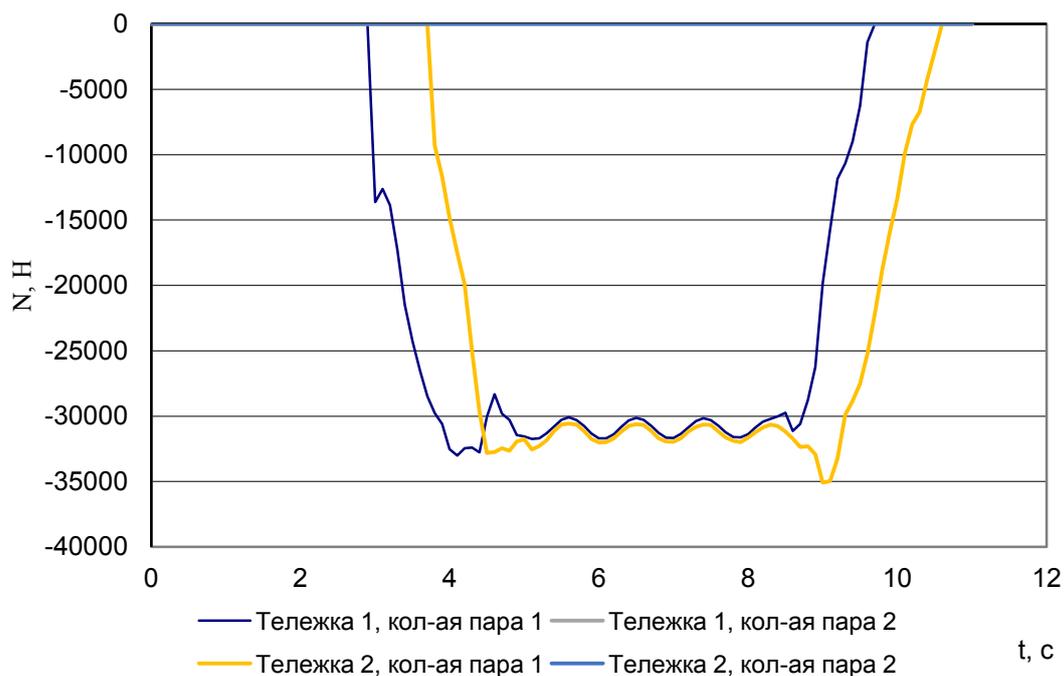
$$l = \frac{h_p}{i}$$

$$l = \frac{80}{1,8} = 44,4 \approx 45 \text{ м}$$

где  $h_p$  – возвышение наружного рельса, мм;

$i$  – длина переходной кривой, м;

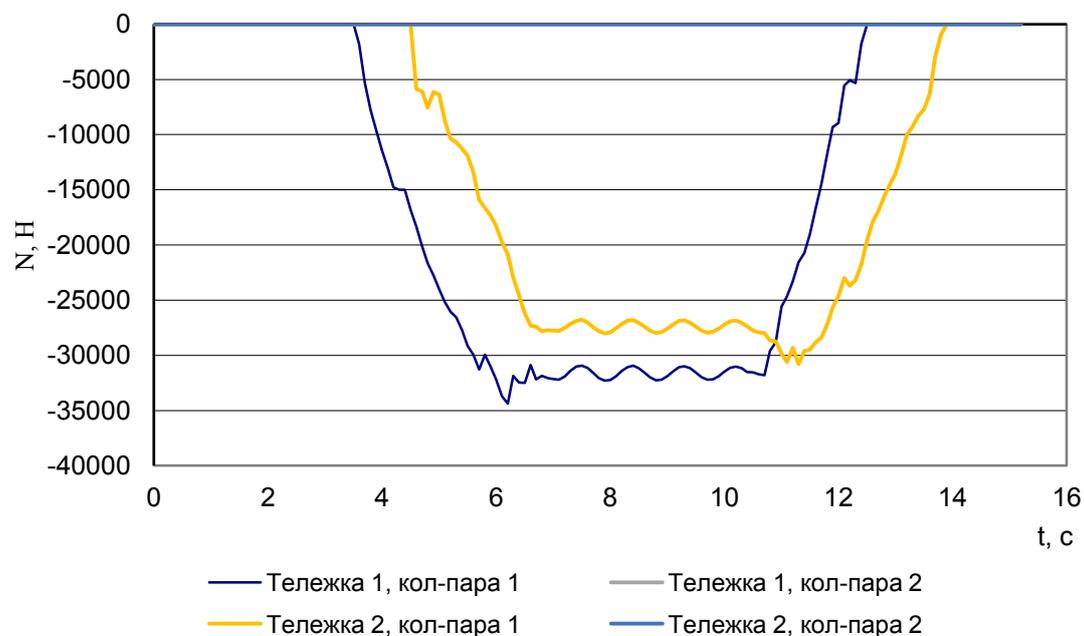
Для первого варианта мы использовали рекомендуемый уклон отвода возвышения наружного рельса 1,8‰ и получили расчетную длину переходной кривой 45 м. График, зависимости возникновения направляющих сил от времени прохождения вагона по участку приведен на рисунке 2.



**Рис. 2. Направляющие силы в кривом участке пути с уклоном отвода 1,8‰**

Описание: суммарная длина кривой равна 190 м, скачки воздействия направляющих сил умеренные, основное воздействие приходится на первые колесные пары тележек по ходу движения.

Для второго варианта мы несколько уменьшили уклон отвода возвышения наружного рельса до 0,9‰ и получили расчетную длину переходной кривой 90 м. График, зависимости возникновения направляющих сил от времени прохождения вагона по участку приведен на рисунке 3.



**Рис. 3. Направляющие силы в кривом участке пути с уклоном отвода 0,9‰**

Описание: суммарная длина кривой равна 280 м, скачки воздействия направляющих сил незначительные, основное воздействие приходится на первые колесные пары тележек по ходу движения.

Для третьего варианта мы значительно увеличили уклон отвода возвышения наружного рельса до 3,2‰ (перегон закрыт) и получили расчетную длину переходной кривой 25 м. График, зависимости возникновения направляющих сил от времени прохождения вагона по участку приведен на рисунке 4.

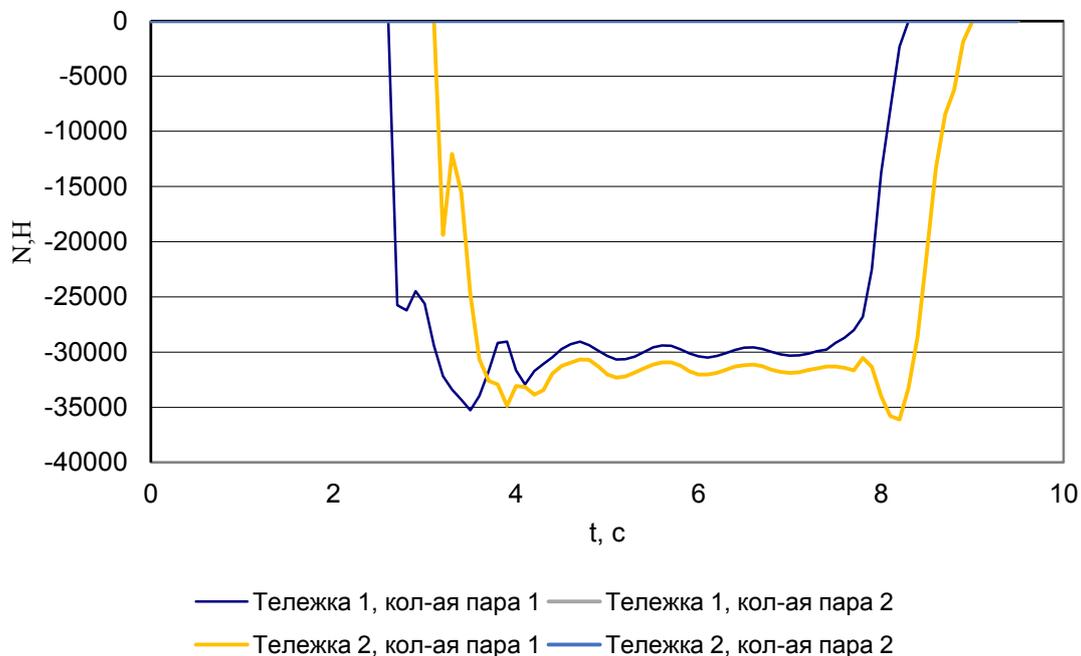


Рис. 4. Направляющие силы в кривом участке пути с уклоном отвода 3.2‰

Описание: суммарная длина кривой равна 150 м, скачки направляющих сил значительные, основное воздействие приходится на первые колесные пары тележек по ходу движения.

Длины переходных кривых устанавливаются исходя из условий обеспечения требуемых действующими нормативами величин отвода возвышения наружного рельса и отвода кривизны, определяемого допускаемой скоростью нарастания поперечного непогашенного ускорения  $0,6 \text{ м/с}^3$  [4].

Нарастание ускорения определяется по формуле:

$$a_{np} = \frac{V^3}{R \cdot l \cdot 0.5}$$

где  $l/2$  – пол длины переходной кривой. (т.к. согласно схеме одна половина кривой лежит в прямом направлении, а другая в кривом).

$$a_{np} = \frac{80^3}{1000 \cdot 44.4 \cdot 0.5} = 0,49 \approx 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^3}$$

По результатам моделирования анализ графиков приведен в табл. 3.

Для более наглядного отображения результата введем определение удара.

Удар – толчок, кратковременное взаимодействие тел, при котором происходит перераспределение кинетической энергии. Часто носит разрушительный для взаимодействующих тел характер [5].

## Результаты расчета

Характеристика	Уклон отвода 0,9‰.	Уклон отвода 1,8‰.	Уклон отвода 3,2‰.
Длина кривой (м)	280	190	150
Длина переходной кривой (м)	90	45	25
Первый удар (кН)	1,9	13,6	25,7
Нарастание поперечного непогашенного ускорения (м/с <sup>3</sup> )	0,25	0,5	0,9

**Заключение**

Первый удар наименьший при уклоне отвода 0,9‰, однако длина переходной кривой, увеличивается, а, следовательно, возрастает протяженность интенсивного износа. Нарастание поперечного ускорения имеет запас до нормативного 3,5 м/с<sup>3</sup>, а это небережливое использование ресурсов скорости.

При уклоне отвода равного 3,2‰ значительно снижается протяженность переходной кривой, но вместе с этим возрастает интенсивность направляющих сил в переходных кривых, что приводит к своему рода удару, повреждению рельса и интенсивному расстройству пути. Нарастание поперечного ускорения на 0,3 м/с<sup>3</sup> превышает допустимые значения.

При уклоне отвода равного 1,8‰ кривая значительно короче относительно кривой с уклоном отвода 0,9‰, а интенсивность воздействия направляющих сил в пределах переходной кривой значительно меньше, чем при уклоне отвода 3,2‰. Нарастание поперечного ускорения имеет запас с нормативным 0,1 м/с<sup>3</sup>, этот запас принят на случай возникновения неисправности. Следовательно, уклон отвода 1,8‰ является оптимальным значением.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Барабанов, В.В. Содержание кривых участков пути на Юго-Восточной дороге [Текст] / В.В. Барабанов, – Путь и путевое хозяйство» № 6 2018 г. // Научно-популярный производственно-технический журнал – Москва, ОАО РЖД, - 23-75 с.
2. Каргер, В.Я. О критериях устройства переходных кривых для скорости движения подвижного состава до 250 км/ч [Текст] / В.В. Третьяков, И.С. Смелянская, // Вестник ВНИИЖТ – Москва, ОАО РЖД, 2014. – 55-58 с.
3. Подвербный, В.А. Технология механизированного содержания горно-перевального участка Слюдянской дистанции пути [Текст] / В.А. Подвербный, Д.А. Ковенькин, Р.С. Купко, О.В. Хаюк, // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2014. – № 1 (41). – 186–192 с.
4. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути, утверждённая распоряжением ОАО "РЖД" № 2288р от 14.11.2016.
5. Удар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80>, свободный. – (дата обращения: 20.12.18).
6. Универсальный механизм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.umlabor.ru/pages/index.php?id=1>, свободный. – (дата обращения: 20.12.18).

**REFERENCES**

1. Barabanov, V. V. the content of the curve sections of track in the South-Eastern road [Text] / V. V. Barabanov, Is the Path and track facilities" № 6, 2018 // popular science industrial and technical journal, Moscow, RZD, - 23-75 p.

2. Carter, V. J. On the criteria for the device transitions to the speed of movement of the rolling stock, 250 km/h [Text] / V. V. Tretyakov, I. S., Smelyanskiy, // Vestnik VNIIZHT Moscow, RZD, 2014. - 55-58 p.

3. Podverbnyj V. A. The roadway machines using maintenance technology of the mountain pass district of Slyudyanka track division [Text] / Podverbnyj V. A., D. A. Kolenkin, R. S. Kupka, O. V. Hayuk, // Modern technologies. System analysis. Modeling. – Irkutsk: publishing house of the Irkutsk state University of communications. - 2014. - № 1 (41). - 186-192 p.

4. Instructions for current maintenance of railway track, approved by the order of JSC "RZD" № 2288p from 14.11.2016.

5. Blow [Electronic resource]. - Access mode: [http https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80](http://https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80), free. - (date of application: 20.12.18).

6. Universal mechanism [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.umlub.ru/pages/index.php?id=1>, free. - (date of application: 20.12.18).date of application: 20.12.18).

### **Информация об авторах**

*Туманов Дмитрий Олегович* – студент Иркутского государственного университета путей сообщения, Специализация: «Управление техническим состоянием железнодорожного пути» г. Иркутск, e-mail: [umanov.dmitry2014@yandex.ru](mailto:umanov.dmitry2014@yandex.ru).

*Сафьянов Максим Валерьевич* – студент Иркутского государственного университета путей сообщения, Специализация: «Управление техническим состоянием железнодорожного пути» г. Иркутск, e-mail: [safyan1996@mail.ru](mailto:safyan1996@mail.ru).

*Лепин Николай Сергеевич* – студент Иркутского государственного университета путей сообщения, Специализация: «Управление техническим состоянием железнодорожного пути» г. Иркутск, e-mail: [Nickolay.lepin@yandex.ru](mailto:Nickolay.lepin@yandex.ru).

### **Author information**

Dmitry Tumanov-student of Irkutsk state University of railway engineering, Specialization: "Management of the technical condition of the railway track" Irkutsk, e-mail: [tumanov.dmitry2014@yandex.ru](mailto:tumanov.dmitry2014@yandex.ru).

Maxim Safyanov - student of Irkutsk state University of railway engineering, Specialization: "Management of technical condition of the railway track" Irkutsk, e-mail: [safyan1996@mail.ru](mailto:safyan1996@mail.ru).

Nikolay S. Lepin-student of Irkutsk state University of railway engineering, Specialization: "Management of the technical condition of the railway track" Irkutsk, e-mail: [Nickolay.lepin@yandex.ru](mailto:Nickolay.lepin@yandex.ru).

### **Для цитирования**

Туманов Д. О. Влияние изменения уклона отвода возвышения наружного рельса на характер возникновения направляющих сил в кривом участке пути [Электронный ресурс] / Д.О. Туманов, М.В. Сафьянов, Н.С. Лепин // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. – 2019. – №3. – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/02-2019>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения 11.02.2019)

### **For quoting**

Tumanov D. O. The impact of changes in the slope of the withdrawal of the cant the nature of the emergence of the guiding forces in curve part of the way [Electronic resource] / D. O. Tumanov, M. V Safyanov, N. S. Lepin // "Young Science of Siberia": electron. scientific journals - 2019. - № 3.- Access mode: <http://mnv.irgups.ru/toma/02-2019>, free. - Title from the screen. - Yaz. rus (the date of circulation 11.02.2019)