

## О необходимости контроля отводов натуральных неровностей рельсовых нитей в плане в кривых участках пути

К. В. КЛЕМЕНТЬЕВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),  
Москва, 129626, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены недостатки существующего норматива оценки отвода ширины колеи. При помощи моделирования динамики подвижного состава показано приоритетное влияние отводов неровностей рельсовых нитей в плане, установлены значения отвода неровностей в плане, критичных с точки зрения безопасности движения. Предложено и обосновано направление совершенствования существующих нормативов по оценке геометрии рельсовой колеи в плане.

**Ключевые слова:** ширина колеи; оценка положения пути в плане; неровности рельсовых нитей; натурные неровности; моделирование динамики подвижного состава

**Введение.** Отступления ширины колеи от номинального размера оцениваются по абсолютным величинам уширений и сужений, а также по величине отвода, которая влияет на плавность хода подвижного состава и безопасность движения, особенно порожнего грузового состава, однако не дает полного и адекватного представления о состоянии пути.

Параметр отвода ширины колеи появился в 1970-х гг. в целях повышения безопасности движения подвижного состава с установленной размерностью мм/м, характеризуя таким образом интенсивность уширения колеи. В 1990-х гг. параметр отвода ширины колеи получил дальнейшее развитие в Инструкциях ЦП-515 [1] и ЦП-774 [2], в разработку которых существенный вклад внесли В. Б. Каменский, В. О. Певзнер и В. Ф. Федулов.

При всей своей пользе для безопасности движения подвижного состава параметр отвода ширины колеи не учитывал многовариантности сочетаний положения правой и левой рельсовых нитей. По существу, величина ширины колеи и, соответственно, отвод ширины колеи является величиной разности положения двух рельсовых нитей в плане. На рис. 1 показаны различные варианты положения рельсовых нитей в плане и их влияние на величину отвода ширины колеи, где  $\Delta$  — величина, на которую изменяется ширина колеи (мм);  $l$  — длина отрезка пути, на которой происходит изменение ширины колеи (м);  $i$  — изменение ширины колеи на единице длины пути (мм/м).

Однако в кривой на динамику подвижного состава влияет только наружная рельсовая нить, которая при одинаковой величине отвода ширины колеи может иметь сильно отличающиеся натурные неровности в плане (рис. 1, б, в), что может привести к неоправданно жесткой оценке качества пути в случае, показанном на рис. 1, в.

Для более точной оценки качества геометрии рельсовой колеи и, соответственно, ее влияния на безопасность движения подвижного состава необходимо дополнительный норматив оценки неровностей отдельных рельсовых нитей в плане на участках с различными скоростями движения [3, 4]. Поэтому необходимо установить влияние отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане на динамику подвижного состава. Порядок определения средних значений параметров неровностей, в том числе и отводов, ранее описывался в работах [5, 6, 7], причем отвод неровности определяется в самой крутой части, так как неровности могут иметь различную форму [8, 9].

При помощи моделирования динамики подвижного состава покажем, что отвод ширины колеи вследствие многовариантности сочетаний положения внутренней и наружной рельсовых нитей в кривых не является параметром, однозначно характеризующим геометрию рельсовой колеи в кривых, а также установим допустимые значения отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане.

**Исходные данные и краткое описание процесса моделирования динамики подвижного состава.** На практике часто встречаются кривые, в которых неровности на внутренней нити существенно больше, чем на наружной, представляющие собой промежуточный вариант между изображенными на рис. 1, а и 1, в. Наглядным примером может служить кривая радиусом 2100 м на рис. 2. Величины натуральных неровностей рельсовых нитей получены по данным путеизмерителей КВЛ-П. Разработчик данных путеизмерителей ИНФОТРАНС реализовал программу расчета очертаний горизонтальных неровностей рельса в диапазоне длин от 3 до 50 м по измеренным стрелам изгиба. Принципы вос-

■ E-mail: [klementjev-vniizht@yandex.ru](mailto:klementjev-vniizht@yandex.ru) (К. В. Клементьев)

становления неровностей по стрелам изгиба изложены в работах [10, 11].

Из графиков положения кривой в плане, показанных на рис. 2, видно, что средняя амплитуда натуральных неровностей внутренней рельсовой нити в плане в круговой кривой значительно (в полтора раза) больше, чем наружной, соответственно, различаться будут также длина и отвод.

Для того чтобы показать влияние отвода натуральных неровностей рельсовых нитей при одинаковых значениях отвода ширины колеи на динамику подвижного состава, было проведено моделирование в программном комплексе «Универсальный механизм» УМ 7.0 [12] движения в данной кривой порожнего полувагона со скоростями от 20 до 90 км/ч. В кривой радиусом 2100 м натурные неровности в плане внутреннего и наружного рельса значительно различаются, поэтому моделирование проводилось при двух вариантах: с нормальным положением рельсовых нитей и с обратным, т. е. с заменой неровностей в плане внутренней рельсовой нити на неровности в плане наружной и, соответственно, неровностей в плане наружной рельсовой нити на неровности в плане внутренней. Выходными данными моделирования является коэффициент запаса устойчивости  $K_{уст}$ , величина которого не должна опускаться ниже значения 1,2 для соблюдения условий безопасности пропуска подвижного состава по пути.

**Результаты моделирования динамики подвижного состава.** В табл. 1 представлены полученные в результате моделирования минимальные значения  $K_{уст}$  порожнего полувагона при движении в кривой радиусом 2100 м при скоростях 20, 40, 60, 70 и 90 км/ч. На рис. 3, 4 приведены выходные данные моделирования в виде графического отображения  $K_{уст}$  порожнего полувагона при движении в кривой радиусом 2100 м с нормальным и обратным положением рельсовых нитей при скоростях 40, 60 и 90 км/ч. На графиках сплошной линией показаны значения  $K_{уст}$  порожнего

Таблица 1

Минимальные значения  $K_{уст}$  порожнего полувагона в кривой радиусом 2100 м

Table 1

Minimum values of the stability factor ( $K_{уст}$ ) of an empty gondola car in a 2100 m radius curve

Скорость, км/ч	Положение рельсовых нитей	
	Нормальное	Обратное
20	2,98	2,78
40	2,24	2,06
60	1,88	1,61
70	1,42	1,28
90	1,12	0,96

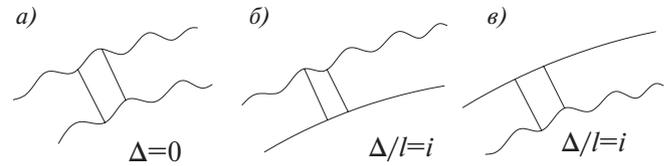


Рис. 1. Варианты взаимного положения рельсовых нитей в кривых: а — наличие синхронно изменяющихся неровностей на обеих рельсовых нитях; б — ровная внутренняя рельсовая нить при неровной внешней; в — ровная внешняя рельсовая нить при неровной внутренней

Fig. 1. Options of mutual position of the rail threads in the curves: а — presence of synchronously varying unevenness on both rail threads; б — flat internal rail thread with uneven external; в — flat external rail thread with uneven internal one

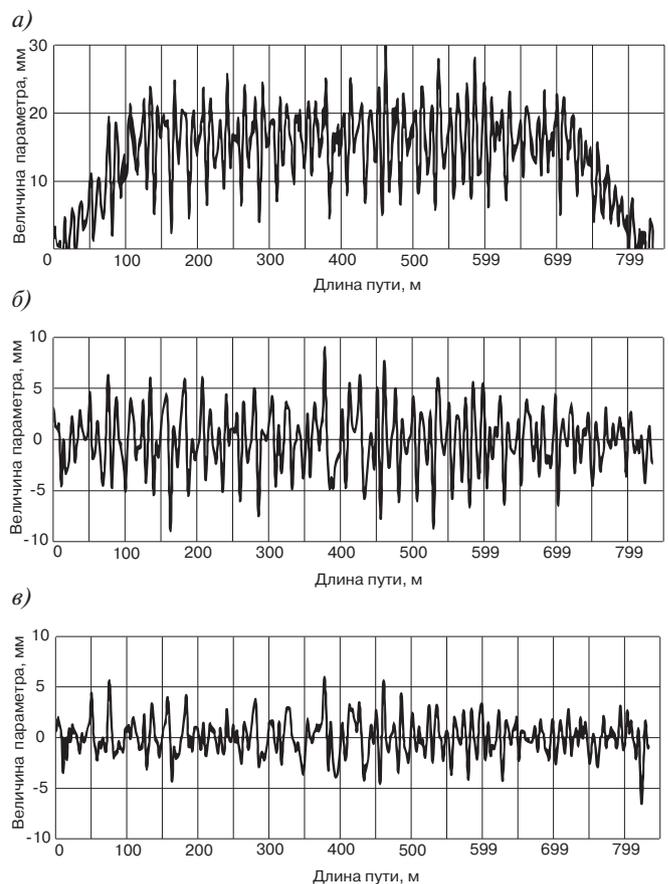


Рис. 2. Характеристики в плане кривой радиусом 2100 м: стрела изгиба (а); натурные неровности в плане правой (внутренней) нити (б); натурные неровности в плане левой (наружной) нити (в)

Fig. 2. Characteristics in terms of a curve with 2100 m radius: bending rise value (а); natural unevenness in terms of the right (internal) thread (б); actual unevenness in terms of the left (outer) thread (в)

полувагона, а пунктирной линией — минимально допустимое значение  $K_{уст}$  по условию безопасности пропуска подвижного состава по пути.

Результаты моделирования (табл. 1, рис. 3, 4) показывают существенное (почти в 3 раза) падение значения  $K_{уст}$  порожнего полувагона с ростом скорости при

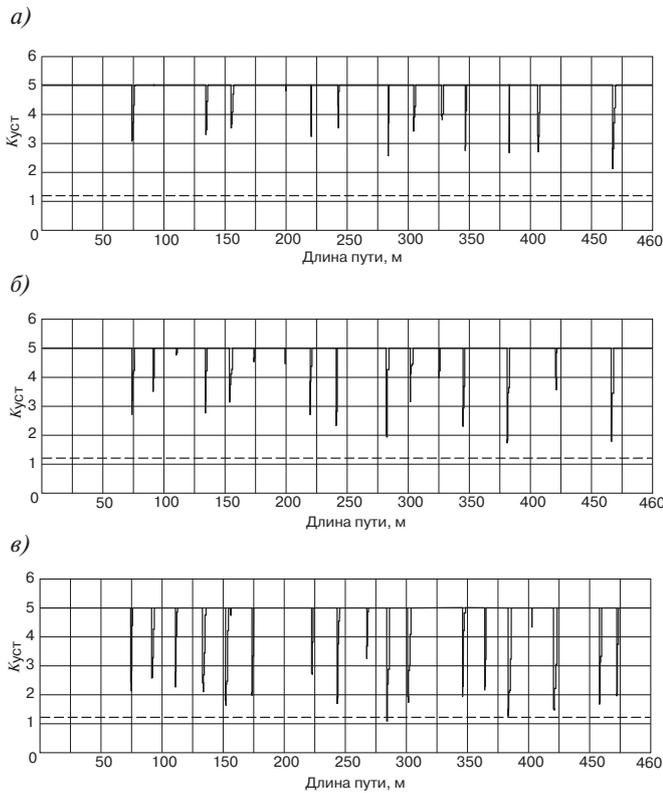


Рис. 3.  $K_{уст}$  порожнего полувагона в кривой радиусом 2100 м с нормальным положением рельсовых нитей при скоростях: 40 км/ч (а); 60 км/ч (б); 90 км/ч (в)

Fig. 3.  $K_{уст}$  of the empty gondola car in a curve with 2100 m radius with normal position of the rail threads at speeds: 40 km/h (a); 60 km/h (б); 90 km/h (в)

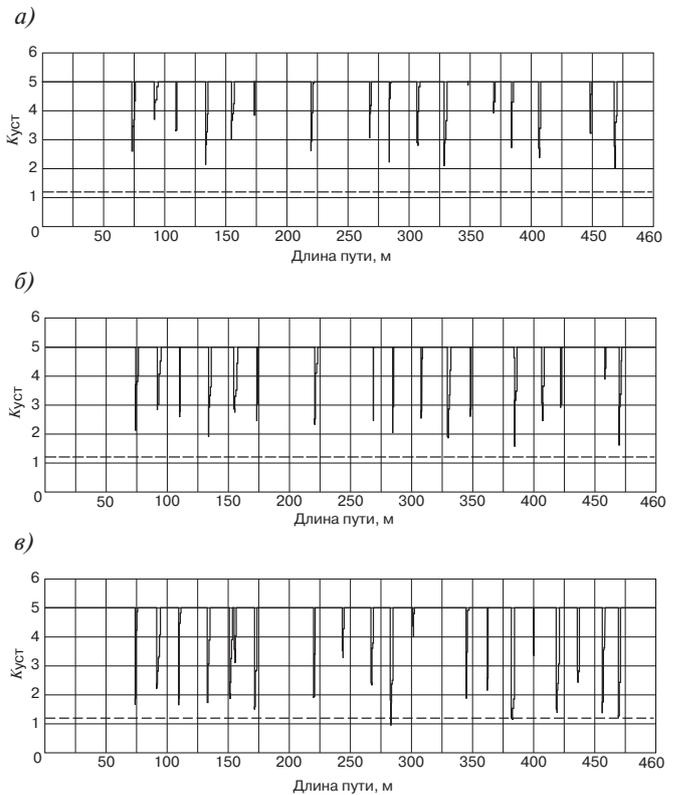


Рис. 4.  $K_{уст}$  порожнего полувагона в кривой радиусом 2100 м с обратным положением рельсовых нитей при скоростях: 40 км/ч (а); 60 км/ч (б); 90 км/ч (в)

Fig. 4.  $K_{уст}$  of an empty gondola in a curve with 2100 m radius with a reverse position of the rail threads at speeds: 40 km/h (a); 60 km/h (б); 90 km/h (в)

нормальном положении рельсовых нитей и обратном, кроме того, при всех скоростях значения  $K_{уст}$  порожнего полувагона при нормальном положении рельсовых нитей на 8–12% меньше, чем при обратном.

Адекватность результатов моделирования, полученных в данной работе, подтверждается сравне-

нием с результатами ранее опубликованных исследований, посвященных моделированию движения подвижного состава, в частности в [13–16]. В табл. 2 приведены значения  $K_{уст}$  некоторых типов подвижного состава при различных технических состояниях пути и экипажа в прямых и кривых радиусом более 650 м по данным результатов ранее опубликованных исследований.

Зависимость значения минимального  $K_{уст}$  порожних полувагонов от скорости аппроксимирована степенной функцией (рис. 5).

Данные, приведенные на рис. 5, наглядно демонстрируют, что результаты моделирования, полученные в данном исследовании, не противоречат тенденции изменения  $K_{уст}$ , установленной в ранее опубликованных работах.

**Влияние отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане на показатели взаимодействия пути и подвижного состава.** Учитывая минимальные значения  $K_{уст}$  и величины отводов натуральных неровностей в плане, при прохождении которых железнодорожным экипажем в процессе моделирования были получены минимальные значения  $K_{уст}$ , покажем зависимость

Таблица 2

Минимальные значения  $K_{уст}$  порожних железнодорожных экипажей по данным в [13–16]

Table 2

Minimum  $K_{уст}$  values of the empty railway carriages according to the data in [13–16]

Скорость, км/ч	Тип железнодорожного экипажа				
	Цистерна	Хоппер 1	Хоппер 2	Полувагон 1	Полувагон 2
40	2	—	2	2,3	2
50	1,7	1,35	1,65	1,65	1,65
60	1,45	1,25	1,45	1,5	1,45
70	1,15	1,05	1,2	1,4	1,3
80	1,05	0,87	0,9	1,3	1,1
90	0,85	0,77	0,7	—	0,9

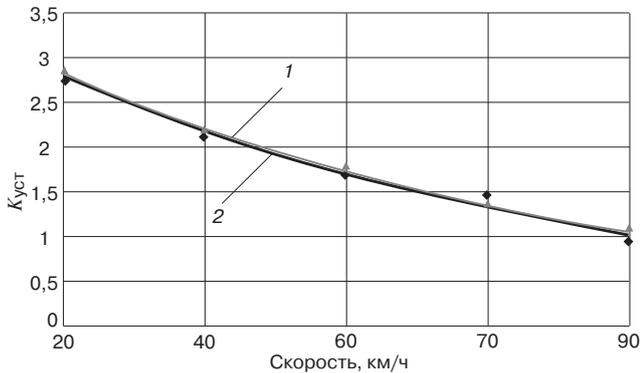


Рис. 5. Тенденция изменения значения  $K_{уст}$  порожних полувагонов с ростом скорости:

1 — результаты моделирования. Уравнение тренда значения  $K_{уст}$  по результатам моделирования, выполненного в данном исследовании:  $y = 3,5519e^{-0,25x}$ ; 2 — результаты моделирования из ранее опубликованных работ. Уравнение тренда значения  $K_{уст}$  по результатам моделирования из ранее опубликованных работ:  $y = 3,6332e^{-0,25x}$

Fig. 5. Tendency to change  $K_{уст}$  value of empty gondola cars with increasing speed:

1 — modeling results. The equation of the tendency of changing  $K_{уст}$  value from the results of the modeling carried out in this study:  $y = 3.5519e^{-0.25x}$ ; 2 — results of modeling from previously published works. The equation of the trend of changing  $K_{уст}$  value from the results of modeling from previously published works:  $y = 3.6332e^{-0.25x}$

Таблица 3

Зависимость минимальных значений  $K_{уст}$  порожнего полувагона от величины отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане

Dependence of the minimum  $K_{уст}$  values of the empty gondola car on the value of easement of the natural unevenness of the rail threads in the plan

Скорость, км/ч	Коэффициент устойчивости при различных значениях отвода			
	При отводе 1,08 мм/м	При отводе 2,16 мм/м	При отводе 2,7 мм/м	При отводе 4,86 мм/м
20	5	5	4,6	3,05
40	2,76	2,7	2,6	2,06
60	2,02	1,88	1,66	1,65
70	1,6	1,37	1,38	1,3
90	1,15	1,2	1,14	1,2

минимального  $K_{уст}$  порожнего полувагона от величины отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане (табл. 3).

Были построены графики зависимости минимальных значений  $K_{уст}$  порожнего полувагона от скорости при различных значениях отвода неровностей рельсовых нитей в плане (рис. 6) и зависимости значения минимального  $K_{уст}$  порожнего полувагона от величины отвода при различных скоростях движения (рис. 7).

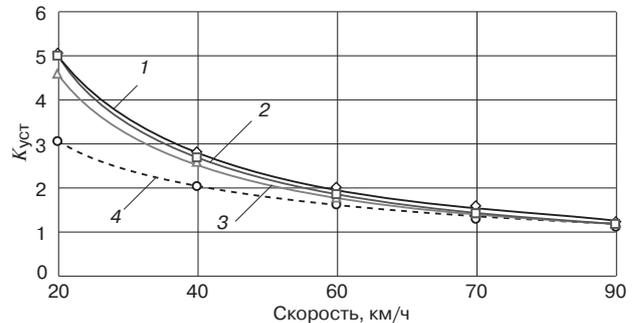


Рис. 6. Зависимости минимальных значений  $K_{уст}$  порожнего полувагона от скорости

при различных значениях отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане  $gr$ : 1 —  $gr = 1,08$  мм/м; 2 —  $gr = 2,16$  мм/м; 3 —  $gr = 2,7$  мм/м; 4 —  $gr = 4,86$  мм/м

Fig. 6. Dependencies of the minimum  $K_{уст}$  values of empty gondola car on speed at different values of the easement of natural unevenness of rail threads in terms of  $gr$ : 1 —  $gr = 1.08$  mm/m; 2 —  $gr = 2.16$  mm/m; 3 —  $gr = 2.7$  mm/m; 4 —  $gr = 4.86$  mm/m

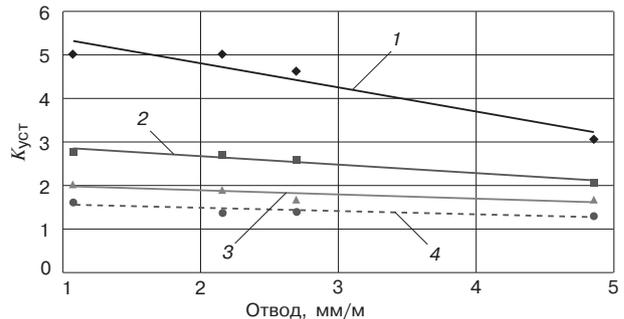


Рис. 7. Зависимости значения минимального  $K_{уст}$  порожнего полувагона от величины отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане при различных скоростях движения:

1 — при  $v = 20$  км/ч уравнение зависимости имеет вид:  $y = -0,5556x + 5,9125$ ; 2 — при  $v = 40$  км/ч  $y = -0,1952x + 3,0569$ ; 3 — при  $v = 60$  км/ч  $y = -0,0954x + 2,0602$ ; 4 — при  $v = 70$  км/ч  $y = -0,0691x + 1,599$

Fig. 7. Dependencies of the minimum  $K_{уст}$  value of the empty gondola car from the value of the easement of the natural unevenness of the rail threads in the plan at different speeds: 1 — at  $v = 20$  km/h, the equation for the dependence has the form:  $y = -0.5556x + 5.9125$ ; 2 — at  $v = 40$  km/h  $y = -0.1952x + 3.0569$ ; 3 — at  $v = 60$  km/h  $y = -0.0954x + 2.0602$ ; 4 — at  $v = 70$  km/h  $y = -0.0691x + 1.599$

Для выявления максимально допустимых величин отводов натуральных неровностей рельсовых нитей в плане построим график изменения максимальных величин отвода при различных  $K_{уст}$  для разных скоростей движения.

Экстраполировав значения величины отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане для различных скоростей движения до минимально допустимого значения  $K_{уст}$ , равного 1,2, получим значения максимально допустимых величин отводов натуральных неровностей рельсовых нитей в плане для различных скоростей движения (рис. 8).

Исходя из данных, представленных на рис. 8, можно предложить дополнительные нормативы по крутизне отвода натуральных неровностей рельсовых

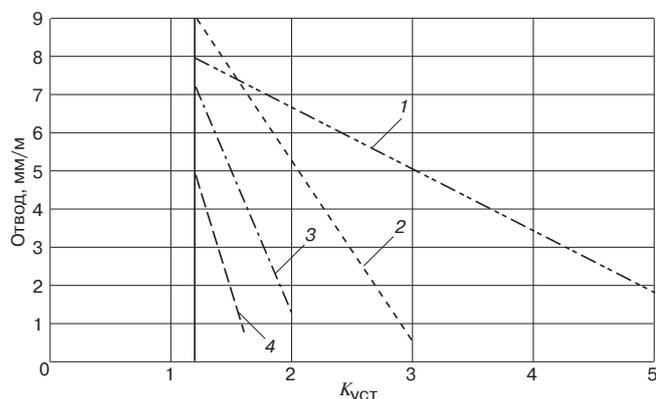


Рис. 8. Экстраполяция значений величины отвода натуральных неровностей рельсовых нитей в плане до минимально допустимого значения  $K_{уст}$  для различных скоростей движения, равного 1,2: 1 – при  $v = 20$  км/ч уравнение экстраполяции будет иметь вид:  $y = -1,6314x + 9,8984$ ; 2 – при  $v = 40$  км/ч  $y = -4,8101x + 14,87$ ; 3 – при  $v = 60$  км/ч  $y = -7,4694x + 16,164$ ; 4 – при  $v = 70$  км/ч  $y = -10,336x + 17,3$

Fig. 8. Extrapolation of the value of easement of the natural unevenness of the rail threads in the plan to the minimum allowable value for different speeds, equal to 1,2: 1 – at  $v = 20$  km/h the extrapolation equation will look like:  $y = -1.6314x + 9.8984$ ; 2 – at  $v = 40$  km/h  $y = -4.8101x + 14.87$ ; 3 – at  $v = 60$  km/h  $y = -7.4694x + 16.164$ ; 4 – at  $v = 70$  km/h  $y = -10.336x + 17.3$

Таблица 4

**Допустимые значения отводов натуральных неровностей рельсовых нитей в плане для порожнего полувагона в прямых и пологих кривых**

Table 4

**Permissible values of easements of the natural unevenness of the rail threads in the plan for the empty gondola car in tangent and flat curves**

Скорость, км/ч	Допустимая крутизна отвода, мм/м
до 40	7,5
40–60	6,5
60–70	4,5

нитей в плане для различных скоростей движения (табл. 4).

Представленные в табл. 4 величины допустимой крутизны отводов натуральных неровностей рельсовых нитей в плане получены на основе моделирования движения порожнего подвижного состава в пологой кривой при различном положении рельсовых нитей и разных скоростях движения, их применение позволит обеспечить значения  $K_{уст}$  порожнего подвижного состава не ниже 1,2.

**Выводы.** 1. Отвод ширины колеи вследствие многовариантности сочетаний положения внутренней и наружной рельсовых нитей в кривых не является параметром, однозначно характеризующим геометрию рельсовой колеи в кривых.

2. Существует зависимость коэффициента устойчивости подвижного состава от взаимного положения натуральных неровностей рельсовых нитей в плане при неизменном отводе ширины колеи, что может привести к угрозе безопасности движения

3. В целях повышения безопасности движения параметр «отвод ширины колеи» целесообразно дополнить нормативом на допустимые значения отводов натуральных неровностей в плане каждой рельсовой нити.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЦП-515. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов (с дополнениями и изменениями): утв. Департаментом пути и сооружений МПС России 14 октября 1997 г.
2. ЦП-774. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути: утв. Департаментом пути и сооружений МПС России 01.07.2000 г.
3. Совершенствование нормативных документов по оценке состояния пути при скоростном движении / В. О. Певзнер [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 12. С. 2–6.
4. Вопросы гармонизации отечественных и зарубежных нормативов устройства и содержания рельсовой колеи при скоростном и высокоскоростном движении / В. О. Певзнер [и др.] // Проблемы взаимодействия пути и подвижного состава: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящен. 100-летию проф. В. А. Лазаряна. Днепропетровск: Изд-во Днепропетровского нац. ун-та ж-д. транспорта им. акад. В. А. Лазаряна, 2013. С. 12–13.
5. Певзнер В. О., Зензинов Б. Н., Клементьев К. В. О необходимости дополнения норматива отвода ширины колеи // Вестник ВНИИЖТ. 2017. Том 76. № 1. С. 45–50. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-1-45-50>.
6. Клементьев К. В. Совершенствование методов оценки ГРК // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство: 7-я науч.-практ. конф. МГУПС: сб. / ФГБОУ ВПО Московский гос. ун-т путей сообщения, Российская гос. открытая акад. транспорта; сост. В. П. Сычев, В. В. Королев. М.: МИИТ, 2014. С. 75–80.
7. Клементьев К. В. Результаты анализа некоторых параметров геометрии рельсовой колеи в круговых кривых методом полуволн // Технические науки: теория и практика: сб. материалов Междунар. науч. е-симпозиума / под ред. В. В. Порошина. Киров, 2015. С. 68–75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24087952>.
8. Garg V.K., Dukkipati V.R. Dynamics of Railway Vehicle Systems. New York: Academic Press, 1984. 407 p.
9. Клементьев К. В. Формализация показателей путеизмерителей // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство: 6-я науч.-практ. конф. МГУПС: сб. / ФГБОУ ВПО Московский гос. ун-т путей сообщения, Российская гос. открытая акад. транспорта; сост. В. П. Сычев, В. В. Королев. М.: МИИТ, 2013. С. 52–56.
10. Коган А. Я., Петуховский С. В. К вопросу о расчете положения пути в плане по стрелам несимметричной измерительной хорды // Вестник ВНИИЖТ. 2002. № 1. С. 26–28.
11. Шутов А. П. Автоматизация измерений кривизны пути и проектирование выправки плана по непрерывной информации о его состоянии // Вопросы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог Сибири и Дальнего Востока: межвуз. сб. науч. тр. Новосибирск, 1983. С. 98–103.

12. Универсальный механизм / Д.Ю. Погорелов [и др.]. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2010613677. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 4 июня 2010 г. URL: <http://www.umlub.ru/pages/index.php?id=7> (дата обращения: 18.10.2017 г.).

13. Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по железнодорожным путям колеи 1520 мм / В.Д. Данович [и др.] // Вестник ДИИТ. 2003. № 2. С. 77–86.

14. К вопросу об устойчивости против вкатывания колеса на рельс для порожних грузовых вагонов / В.Д. Данович [и др.] // Вестник Днепропетровского нац. ун-та ж-д. транспорта им. акад. В.А. Лазаряна. 2004. № 3. С. 90–96.

15. Пермяков А.А. Безопасность движения вагона в кривых участках пути при различных технических состояниях системы вагон—путь: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 (Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация). Екатеринбург: УрГУПС, 2004. URL: <http://www.dslib.net/sostav-zhd/bezopasnost-dvizheniya-vagona-v-krivyh-uchastkah-puti-pri-razlichnyh-tehnicheskikh.html> (дата обращения: 18.10.2017 г.).

16. Расчетная оценка безопасности движения порожних полувагонов с различным техническим состоянием ходовых частей / А.В. Смольянинов [и др.] // Безопасность движения поездов: сб. науч. тр. 3-й науч.-техн. конф. М.: МИИТ, 2002. Т. 4. С. 4–33.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**КЛЕМЕНТЬЕВ Кирилл Владимирович**, аспирант, младший научный сотрудник, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо—рельс», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 23.08.2017 г., актуализирована 25.11.2017 г., принята к публикации 11.12.2017 г.

## On the need to control the gauge easement of the natural unevenness of the rail threads in plan in the curved sections of the track

K. V. KLEMENT'EV

Joint Stock Company "Railway research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

**Abstract.** The article is devoted to the problems of analysis and evaluation of the track condition in the plan. The width of the track and, correspondingly, the gauge easement, characterizing the smoothness of the change in track width, are the values determined as the difference in position of the two rail threads in the plan. The shortcomings of gauge easement in the evaluation of the track in curves are considered. The modeling of the empty rolling stock dynamics was performed in the "Universal Mechanism" software package (motion in a shallow curve with speeds from 20 to 90 km/h). The real values of the actual unevenness of the rail threads are taken as a disturbing signal, obtained from the track-meter data with a regular check of the track condition, which are the result of calculating the outlines of the horizontal rail unevenness from the measured rise values. The output of the modeling is the value of the safety factor ( $K_{\text{уст}}$ ), which should not fall below the value 1.2 in order to comply with the safety conditions for handling the rolling stock along the track.

The article provides the  $K_{\text{уст}}$  dependencies of the empty gondola car on the size of the gauge easement of the natural unevenness of the rail threads in the plan at various speeds of motion in a shallow curve based on the results of the modeling. It is shown that the gauge easement due to the multivariate combination of the position of the inner and outer rail lengths in the curves is not a parameter that uniquely characterizes the geometry of the track gauge in the curves. Authors substantiate the necessity of amending the "gauge easement" parameter with the parameters of the irregularities in the plan of each rail thread.

**Keywords:** gauge width; track laying evaluation in plan; rail threads unevenness; natural unevenness; modeling of rolling stock dynamics

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-1-58-64>

## REFERENCES

1. TsP-515. *Instructions for decoding the tapes and assessing the condition of the track gauge according to the indications of the TsNII-2 track-measuring car and the measures to ensure the safety*

*of train traffic (with additions and changes)*. Approved by Department of tracks and structures of the Ministry of Railways of Russia on October 14, 1997 (in Russ.).

2. TsP-774. *Instruction on the current maintenance of a railway track*. Approved by Department of tracks and structures of the Ministry of Railways of Russia on July 1, 2000 (in Russ.).

3. Pevzner V. O., Belotsvetova O. Yu., Tret'yakov V. V., Shapet'ko K. V. *Sovershenstvovanie normativnykh dokumentov po otsenke sostoyaniya puti pri skorostnom dvizhenii* [Improvement of normative documents on the assessment of the track condition in high-speed operation]. *Railway Track and Facilities*, 2014, no. 12, pp. 2–6.

4. Pevzner V. O., Kochergin V. V., Belotsvetova O. Yu., Maksimov I. N. *Voprosy garmonizatsii otechestvennykh i zarubezhnykh normativov ustroystva i soderzhaniya rel'sovoy kolei pri skorostnom i vysokoskorostnom dvizhenii* [Harmonization issues of domestic and foreign standards for the installation and maintenance of track gauge for express and high-speed traffic]. *Problemy vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava*. Sb. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchen. 100-letiyu prof. V. A. Lazaryana [Problems of the interaction of the track and the rolling stock. Coll. of works of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of professor V. A. Lazaryan]. Dnepropetrovsk National University of Railway Transport n.a. V. A. Lazaryan Publ., 2013, pp. 12–13.

5. Pevzner V. O., Zenzinov B. N., Klement'ev K. V. *O neobkhodimosti dopolneniya normativa otvoda shiriny kolei* [On the need to complement the norms on easement for gauge width]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2017, Vol. 76, no. 1, pp. 45–50. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-1-45-50>.

6. Klement'ev K. V. *Sovershenstvovanie metodov otsenki GRK* [Improvement of GRC assessment methods]. *Vnedrenie sovremennykh konstruktivnykh i peredovykh tekhnologiy v putevoe khozyaystvo: 7-ya nauch.-prakt. MGUPS. Sb. / FGBOU VPO Moskovskiy gos. un-t putey soobshcheniya, Rossiyskaya gos. otkrytaya akad. transporta; sost. V. P. Sychev, V. V. Korolev* [Introduction of modern structures and advanced technologies in track economy: 7th scientific and practical conference of the Moscow State University of Railway Transport. Coll. / FGBOU VPO Moscow State Transport University,

Russian State Open Transport Academy; composed by V.P. Sychev, V.V. Korolev]. Moscow, MIIT Publ., 2014, pp. 75–80.

7. Klement'ev K.V. *Rezultaty analiza nekotorykh parametrov geometrii rel'sovoy kolei v krugovykh krivykh metodom poluvoln* [Results of analysis of some parameters of the rail track geometry in circular curves by the half-wave method]. *Tekhnicheskie nauki: teoriya i praktika. Sb. materialov Mezhdunar. nauch. e-simpoziuma pod red. V.V. Poroshina* [Technical sciences: theory and practice. Coll. of materials of the International scientific e-symposium, edited by V.V. Poroshin]. Kirov, 2015, pp. 68–75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24087952>.

8. Garg V.K., Dukkupati V.R. *Dynamics of railway vehicle systems*. New York, Academic Press Publ., 1984, 407 p.

9. Klement'ev K.V. *Formalizatsiya pokazateley puteizmeriteley* [Formalization of indicators of trackers]. *Vnedrenie sovremennykh konstruktivnykh i peredovykh tekhnologiy v putevoe khozyaystvo: 6-ya nauch.-prakt. konf. MGUPS. Sb. / FGBOU VPO Moskovskiy gos. un-t putey soobshcheniya, Rossiyskaya gos. otkrytaya akad. transporta; sost. V.P. Sychev, V.V. Korolev* [Introduction of modern structures and advanced technologies in track economy: 6th scientific and practical conference of the Moscow State University of Railway Transport. Coll. / FGBOU VPO Moscow State Transport University, Russian State Open Transport Academy; composed by V.P. Sychev, V.V. Korolev]. Moscow, MIIT Publ., 2013, pp. 52–56.

10. Kogan A. Ya., Petukhovskiy S.V. *K voprosu o raschete polo-zheniya puti v plane po strelam nesimmetrichnoy izmeritel'noy khordy* [On the question of calculating the position of the track in the plane along the rises of an asymmetric measuring chord]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2002, no. 1, pp. 26–28.

11. Shutov A.P. *Avtomatizatsiya izmereniy krivizny puti i proektirovanie vypravki plana po nepreryvnoy informatsii o ego sostoyanii* [Automation of the measurement of the curvature of the track and the design of the plan adjustment according to continuous information about its condition]. *Voprosy proektirovaniya, stroitel'stva i rekonstruktsii zheleznovykh dorog Sibiri i Dal'nego Vostoka. Mezhdvuz. sb. nauch. tr.* [Issues of design, construction and reconstruction of railways in Siberia and the Far East. Interuniversity coll. of scientific papers]. Novosibirsk, 1983, pp. 98–103.

■ E-mail: [klementjev-vniizht@yandex.ru](mailto:klementjev-vniizht@yandex.ru) (K.V. Klement'ev)

12. Pogorelov D. Yu., Efimov G.B. *Universal'nyy mekhanizm*. Certificate of state registration of the computer program № 2010613677. Registered in the Register of computer programs on June 4, 2010. URL: <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=7> (in Russ.).

13. Danovich V.D., Rybkin V.V., Myamlin S.V., Reydemeyster A.G., Tryapkin A.P., Khalipov N.V. *Opreделение dopuskaemykh skorostey dvizheniya gruzovykh vagonov po zheleznodorozhnyam putyam kolei 1520 mm* [Determination of permissible speeds of freight cars along railroad tracks of 1520 mm gauge]. *Vestnik DIIT*, 2003, no. 2, pp. 77–86.

14. Danovich V.D., Rybkin V.V., Reydemeyster A.G., Tryapkin A.P., Khalipov N.V. *K voprosu ob ustoychivosti protiv vkatyvaniya koleasa na rel's dlya porozhnykh gruzovykh vagonov* [On the issue of stability against wheel rolling over the rail for empty freight cars]. *Vestnik Dnepropetrovskogo nats. un-ta zh-d. transporta im. akad. V.A. Lazaryana* [Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport n.a. V.A. Lazaryan], 2004, no. 3, pp. 90–96.

15. Permyakov A.A. *Bezopasnost' dvizheniya vagona v krivykh uchastkakh puti pri razlichnykh tekhnicheskikh sostoyaniyakh sistemy vagon—put'*. *Kand. tekhn. nauk diss. avtoref.* [Safety of car motion in curved sections of the track at various technical conditions of the car-track system. Cand. tech. sci. diss. synopsis]. Ekaterinburg, UrGUPS Publ., 2004.

16. Smol'yaninov A.V., Korkh A.V., Pavlyukov A.E., Permyakov A.A. *Raschetnaya otsenka bezopasnosti dvizheniya porozhnykh poluvagonov s razlichnym tekhnicheskim sostoyaniem khodovykh chastei* [Estimation of traffic safety of empty open cars with different technical condition of running parts]. *Bezopasnost' dvizheniya poezdov. Sb. nauch. tr. 3-y nauch.-tekhn. konf.* [Safety of train traffic. Coll. of scientific papers of the 3rd scientific and technical conference]. Moscow, MIIT Publ., 2002, Vol. 2, pp. 4–33.

## ABOUT THE AUTHOR

### Kirill V. KLEMENT'EV,

Post-graduate, Junior Researcher, Scientific Center “Track infrastructure and issues of wheel — rail interaction”, JSC “VNIIZhT”

Received 23.08.2017

Revised 25.11.2017

Accepted 11.12.2017

# «Вестник ВНИИЖТ» ГДЕ ПОДПИСАТЬСЯ?

Подписку на научно-технический журнал «Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта» («Вестник ВНИИЖТ») можно оформить в любом почтовом отделении связи по Объединенному каталогу «Пресса России», том 1 или агентствах по распространению печатных изданий «Урал-Пресс», АРЗИ.

## Подписной индекс журнала — 70116.

Также можно оформить подписку (годовую и полугодовую) на договорных условиях в редакции. Адрес редакции журнала: 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, тел.: +7 (499) 260-43-19, факс: +7 (499) 262-00-70, E-mail: [journal@vniizht.ru](mailto:journal@vniizht.ru).

Подписчики стран ближнего и дальнего зарубежья могут подписаться на журнал «Вестник ВНИИЖТ» по каталогам подписного агентства АО «МК-Периодика» ([www.periodicals.ru](http://www.periodicals.ru)).