



А.А.Бондаренко, Д.А.Зяблов

## Расчет геометрических параметров рельсовой колеи

Методические указания (с заданиями)

по выполнению курсовой работы

№1

Категория слушателей:

Начальники, заместители начальников, инженеры  
АДК, операторы РПИ, инженеры-наладчики.

УДК 625.1

ББК 39.211

Б 81

Рецензент:

Начальник службы пути Куйбышевской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

**С. И. Богданов**

Бондаренко Алексей Алексеевич, Зяблов Дмитрий Александрович

Б 81 Расчет геометрических параметров рельсовой колеи. А.А.Бондаренко, Д.А.Зяблов – Самара : УЦ ИНФОТРАНС, 2018. – 22 с.

ISBN 978-5-89035-689-5

В методических указаниях даны основные положения по расчету параметров рельсовой колеи, как основной составляющей базы паспортных данных автоматизированных диагностических комплексов. Приведены варианты исходных данных для расчетов.

Методические указания предназначены для слушателей курсов повышения квалификации, работающих в области эксплуатации, технического обслуживания и ремонта диагностических систем и устройств компьютеризированных вагонов - путеизмерителей, самоходных многофункциональных диагностических лабораторий и диагностических комплексов диагностики инфраструктуры.

УДК 625.1

ББК 39.211

ISBN 978-5-89035-689-5

© УЦ ИНФОТРАНС, 2018

© Бондаренко А.А., 2018

© Зяблов Д.А., 2018

## Содержание

Введение.....	3
1.Объем и порядок выполнения контрольной работы.....	4.
2.Общие характеристики железнодорожного пути как объекта диагностики.....	5.
3.Устройство и расчеты рельсовой колеи.....	7.
3.1.Общие характеристики параметров рельсовой колеи в прямых участках.....	7.
3.2. Расчет ширины рельсовой колеи в прямых участках.....	9.
3.2.1. Расчет максимальной и минимальной ширины рельсовой колеи.....	9.
3.3. Устройство и расчеты рельсовой колеи в кривых участках.....	12.
3.3.1.Особенности конструкции пути в кривых участках.....	12.
3.3.1.1. Общие характеристики переходных кривых.....	14.
3.3.1.2. Расчет оптимальной ширины колеи в кривом участке.....	16.
3.3.1.3. Расчет минимально допустимой ширины колеи в кривом участке.....	17.
3.3.1.4. Расчет возвышения наружного рельса в кривых участках.....	18.
3.3.1.5. Расчет параметров переходной кривой.....	20.
Список использованных источников .....	21.
Приложение 1,2.....	23.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным средством контроля геометрических параметров рельсовой колеи железнодорожного пути на железных дорогах РФ и стран ближнего зарубежья являются компьютеризированные вагоны-лаборатории типа АДК-И «ЭРА», КВЛ-П, самоходные многофункциональные диагностические лаборатории типа ЧС-200, 2ТЭ116, диагностические комплексы инфраструктуры (ДКИ) разработки и производства АО НПЦ ИНФОТРАНС. Накоплен большой опыт эксплуатации этих диагностических комплексов, которые позволяют с высокой точностью и достоверностью оценивать техническое состояние железнодорожного пути – основного объекта диагностики. В связи с этим возникает необходимость в обновлении и дополнении знаний у слушателей повышения квалификации в расчетах геометрических параметров рельсовой колеи железнодорожного

пути как объекте диагностики. С этой целью, а также в соответствии с утвержденной учебной программой слушателям КПК предлагается выполнить курсовую работу (КР) по расчету геометрических параметров рельсовой колеи.

### **1. Объем и порядок выполнения КР**

В процессе выполнения контрольной работы каждый слушатель должен решить 6 задач и 6 заданий.

ЗАДАЧИ:

- 1.Расчитать максимально допустимую ширину рельсовой колеи прямого участка.
- 2.Расчитать минимально допустимую ширину рельсовой колеи прямого участка.
- 3.Расчитать оптимальную ширину рельсовой колеи кривого участка.
- 4.Расчитать оптимальную ширину рельсовой колеи кривого участка.
5. Расчитать возвышение наружного рельса в кривом участке.
- 6.Расчитать длину переходной кривой.

ЗАДАНИЯ:

Для иллюстрации выполненных расчетов слушателю необходимо выбрать 6-12 скриншотов (1-2 на одну задачу) геометрических параметров рельсовой колеи из по-километровой диаграммы реальных проездов на закрепленном полигоне (рабочем или контрольном) и поместить эти скриншоты в пояснительную записку КР.

Расчет ширины рельсовой колеи каждый слушатель выполняет согласно исходных данных приведенных в таблицах 1, 2 Приложений 1,2 по соответствующим формулам. Результаты расчетов сравниваются с нормативами и делается вывод о соответствии с их требованиями.

Выбор исходных данных осуществляется следующим образом:

- у работника сектора управления персоналом линейного ДИЦДМ или на сайте Учебного центра ИНФОТРАНС необходимо ознакомиться со списком слушателей, направляемых на обучение в 2018г, составленный в алфавитном порядке;

-порядковый номер слушателя в этом списке определяет номер строки исходных

данных (табл.1,2, приложение 1,2).

Контрольная работа должна содержать пояснительную записку объемом около 10-15 страниц машинописного текста, включая рисунки, схемы и список использованных источников.

Контрольная работа должна быть выполнена и защищена, как правило ,до приезда на обучение ( согласно утвержденному календарному графику направления на обучение в 2018г) . Для этого выполненная КР направляется в Учебный центр ИНФОТРАНС в электронном виде по адресу: [bondarebko@infotrans-logistic.ru](mailto:bondarebko@infotrans-logistic.ru) или размещается на сайте Учебного центра по адресу: [www.infotrans-logistic.ru](http://www.infotrans-logistic.ru), раздел Услуги – Обучение (УЦ ИНФОТРАНС) для рецензирования. После рецензирования КР возвращается слушателю на его e-mail для доработки и устранения замечаний (если такие имеются). После этого проводится защита КР. Все консультации и защита КР проводятся как правило дистанционно по двусторонним каналам связи. Двусторонняя связь устанавливается между УЦ ИНФОТРАНС и сектором управления персоналом линейного ДИЦДМ (порядок согласования таких связей в данные методические указания не входит). Машинописный вариант пояснительной записки слушатель привозит с собой и передает в архив Учебного центра.

Защита КР может производиться также ( в виде исключения) в обычном порядке : машинописный вариант КР (исправленный) слушатель привозит с собой в УЦ ИНФОТРАНС и защищает работу у соответствующего преподавателя.

## **2. Общие характеристики железнодорожного пути как объекта диагностики.**

Железнодорожный путь (далее – путь) представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, расположенных в полосе отвода и предназначенных для осуществления движения поездов с установленными скоростями. Это подсистема инфраструктуры железнодорожного транспорта, состоящая из верхнего строения пути (рель-

сы, стрелочные переводы, подрельсовое основание со скреплениями, балластная призма, песчаная подушка (или разделительный слой), и нижнего строения пути (земляное полотно, водоотводные, противодеформационные, защитные и укрепительные сооружения земляного полотна, расположенные в полосе отвода, а также искусственные сооружения) (Рис.1) /1,2/. Для пропуска через железнодорожные пути автотранспортных средств устраиваются переезды и путепроводы соответственно в одном и разных уровнях, а для прохода пешеходов – пешеходные мосты, дорожки и др.



Рис.1. Структурная схема частей и элементов железнодорожного пути

Для обеспечения работы автоблокировки, локомотивной и переездной сигнализации, контроля целостности пути он оборудуется электрическими рельсовыми цепями, связанными с работой сигнальных устройств, сигналами, сигнальными и путевыми знаками, устройствами путевого заграждения.

Верхнее строение пути (далее ВСП) представляет собой комплексную конструкцию в виде рельсошпальной решетки, состоящей из рельсов, соединенных между собой стыковыми скреплениями, и с опорами (шпалами, брусьями и т.д.) — промежуточными скреплениями /1,3/. Рельсошпальная решетка заглубляется в балластный слой, уложен-



ный на основную площадку земляного полотна (Рис.2). К верхнему строению относятся также мостовое полотно, стрелочные переводы и ряд других специальных устройств.

Верхнее строение пути воспринимает нагрузку от подвижного состава и передает ее на основную площадку земляного полотна /4/.

Каждый элемент ВСП типизирован и стандартизирован по особенностям его конструкции, размерам, качеству материала с учетом назначения и условий работы по эксплуатационным параметрам и требованиям прочности и надежности /4,5,6,7,8/.

Основными эксплуатационными параметрами, определяющими силовое воздействие на путь, являются: скорость движения поездов (км/ч), грузонапряженность (млн ткм брутто/км в год), нагрузка на ось подвижного состава (кН/ось), масса поездов (т) и др.

1 – рельсы;

2 – шпалы;

3 – крепления;

4 – балластная призма;

5 – насыпь;

6 – обочина;

7 – плечо балластной призмы

8 – песчаная подушка (разделительный слой)

9 – бровка

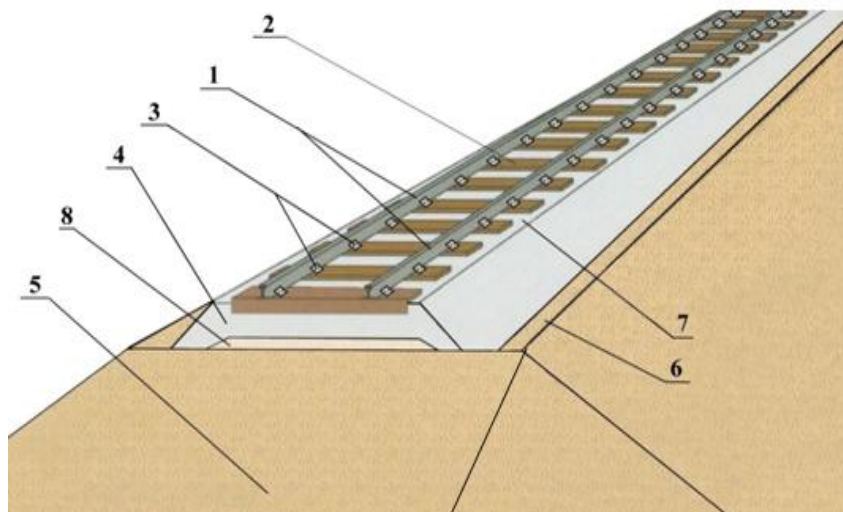


Рис.2.Элементы верхнего строения пути однопутного участка

### 3.Устройство и расчеты рельсовой колеи

#### 3.1 Общие характеристики параметров рельсовой колеи в прямых участках

Рельсовая колея характеризуется тремя основными параметрами: шириной, положением рельсовых нитей по уровню и наклоном поверхности катания рельса (подуклонкой). В кривых участках к этим параметрам добавляется: уширение колеи, возвышение наружного рельса, величина переменного радиуса и уширение междупутного расстояния. Перечисленные параметры являются одними из основных, характеризующих фактическое техническое состояние железнодорожного пути как объекта диагностики /5,8,9,10/ и измеряются различными диагностическими комплексами, большинство из которых производятся АО НПЦ ИНФОТРАНС (КВЛ-П, АДК-И «ЭРА», СПЛ ЧС-200,

Путь в плане должен соответствовать проектному положению, которое нормируется и оценивается, в зависимости от установленных скоростей движения поездов, по разности смежных стрел изгиба рельсовых нитей, измеряемых от середины хорды длиной 20 м.

Верх головок рельсов обеих нитей пути на прямых участках должен быть в одном уровне. На прямых участках разрешается содержать путь по уровню с возвышением на 6 мм одной нити над другой. При этом длина такого прямого участка не должна быть менее 200 м, за исключением прямых участков, расположенных между смежными кривыми одного направления, на которых возвышение одной нити над другой может быть и при длине прямой менее 200 м. Для лучшего опирания колеса, основная поверхность катания которого имеет уклон  $1/20$ , рельсы также ставят с (наклоном поверхности катания (подуклонкой)  $1/20$  по отношению к верхней постели шпал.

По направлению выравнивают одну рельсовую нить, называемую рихтовочной. Другую рельсовую нить устанавливают по шаблону в пределах допусков по ширине колеи.

Для ширины колеи 1520 мм предусматривается два вида допусков по ширине в зависимости от скорости движения поездов. Допускаемые отклонения от ширины колеи на прямых и кривых участках пути не должны превышать (+8; -4) мм, а на участках, где установлены скорости 50 км/ч и менее — (+10; -4) мм.

Параметры рельсовой колеи тесно увязываются с размерами колесных пар (рис.3).

Теоретически расчетную плоскость, в которой измеряют ширину колеи  $S$ , принимают на уровне, ниже которого гребни колес, прижатых к рельсам, начинают отходить от боковой рабочей грани головки рельса. При неизношенных колесах и рельсах расчетная плоскость располагается ниже средних кругов катания колес на 10 мм. Средний круг катания находится в том вертикальном сечении, в котором измеряют диаметр колеса. Это сечение расположено на расстоянии 70 мм от внутренней грани колеса. Практически при любой изношенности рельсов ширину колеи измеряют на расстоянии 13 мм ниже поверхности катания рельса.



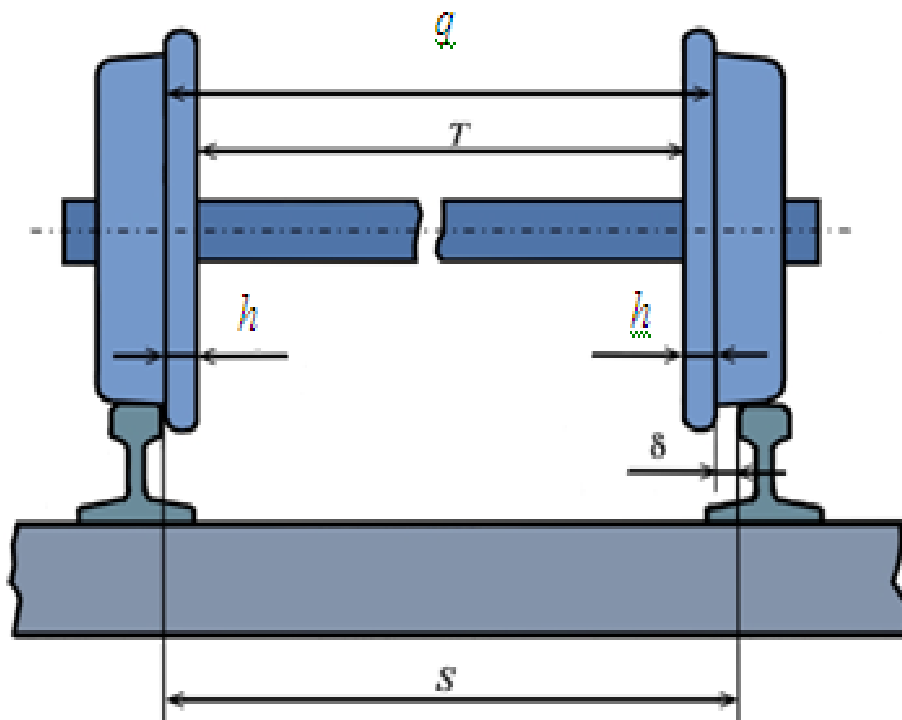


Рис.3. Соотношение параметров колесных пар и рельсовой колеи.

При этом измеренная таким образом ширина колеи может быть до 2 мм меньше ширины колеи в расчетной плоскости.

При расчетах взаимозависимости размеров колеи и колесных пар приходится учитывать также упругое отжатие рельсов и упругое изменение размера насадки колесных пар вследствие изгиба осей под нагрузкой. Изгиб вагонной, электровозной и тепловозной осей вызывает на расчетном уровне уменьшение ширины насадки, которая зависит от конструкции, размеров колесных пар и величины нагрузки.

### 3.2. Расчет ширины рельсовой колеи в прямых участках пути

#### 3.2.1. Определение максимальной и минимальной ширины рельсовой колеи в прямых участках

Определение параметров ширины рельсовой колеи всегда тесно увязывается с перечисленными выше размерами колесных пар. В том числе учитывают наличие зазора  $\mu$  между вертикальными плоскостями, где измеряется насадка колес и толщина гребней ( $\mu = 1$  мм для вагонных колес и  $\mu = 0$  для локомотивных колес (у последних закругление

Предельные отклонения ширины колеи по уширению и сужению определяют из условия безопасности движения поездов. Максимально допустимой считается такая ширина колеи, при превышении которой возможен провал колес. Началом провала колес

считается такое положение, когда одно из них опирается фаской на боковую выкружку рельса, а второе колесо рассматриваемой колесной пары прижато к боковой грани противоположного рельса (рис 4).

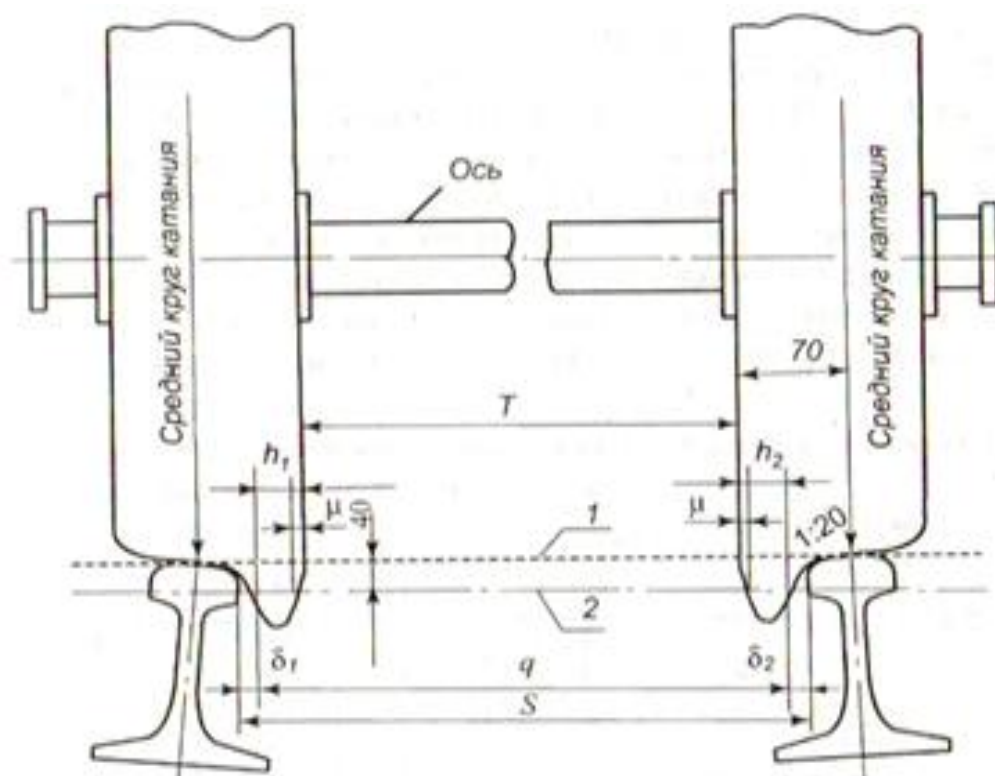


Рис.4. Расчетная схема для определения ширины рельсовой колеи.

С учетом изгиба осей колесных пар грузовых вагонов выпуклостью вверх (нагрузка от вагона на колесные пары передается снаружи рельсовой колеи) и как следствие этого – уменьшение ширины колесной пары на 2-4 мм, и упругого отжатия рельсовых нитей на уширение (до 2мм в прямых и до 4-8мм в кривых) реальная опасность провала колес возникнет при такой ширине колеи, когда точка перехода подуклонки рельса 1:20 на коничность колеса 1:7 совпадает с началом закругления головки рельса.

Такое положение колесной пары может стать возможным при максимально допустимой ширине колеи  $S_{max}$  при движении экипажа в прямом участке, которое составит:

$$S_{max} = h_{min} + \mu + T_{min} + a - b - r \quad (1)$$

Где:  $h_{min}$  минимально допустимая толщина изношенного гребня 25мм, а при скорости более 140км/ч – 28мм;  $\mu$  - несовпадение плоскостей, от которых производится измерение толщины гребня и насадки колес  $\mu = 1$  для вагонных колес составляет 1мм, для локомотивных – 0мм;  $T_{min}$  - минимальная величина насадки колесной пары: 1437 мм при скорости движения до 140 км/ч и  $T = 1439$ мм при скорости движения более 140 км/ч;  $a$  –

полная ширина колеса  $a=130\text{мм}$ ;  $b$  - ширина фаски на наружной грани колеса  $b = 6\text{мм}$ ;  $r$  - горизонтальное расстояние от начала закругления головки рельса до ее рабочей грани  $r=15\text{мм}$ .

Минимально допустимая ширина колеи  $S_{\min}$  (опасный предел по сужению) определяется возможностью заклинивания колесной пары, имеющей максимальные размеры в расчетном уровне ( $\delta = 0$ ):

$$S_{\min} = T_{\max} + 2h + 2 \quad (2)$$

На отечественных железных дорогах ширина колеи более 1548 мм и менее 1512 мм к эксплуатации не допускается, т.е. при превышении этих размеров необходимо остановить движение и немедленно привести ширину колеи к требованиям ПТЭ.

В разделе 3.2.1 каждый слушатель должен решить две задачи и два задания:

1. Определить максимальную ширину рельсовой колеи;
2. Определить минимальную ширину рельсовой колеи;

По результатам расчетов необходимо сделать выводы о соответствии ширины колеи требованиям нормативов [11].

Для выполнения задания слушателю необходимо выбрать 1-2 скриншота на каждую задачу из километровой диаграммы реальных проездов на закрепленном полигоне (рабочем или контрольном) и поместить их в пояснительную записку для иллюстрации расчетов.

Расчет ширины рельсовой колеи каждый слушатель выполняет согласно исходных данных приведенных в таблице 1 Приложения 1 по формулам 1, 2. Результаты расчетов сравниваются с нормативами [11] и делается вывод о соответствии с их требованиями.

### **3.3. Устройство и расчеты рельсовой колеи в кривых участках.**

### 3.3.1. Особенности конструкции пути в кривых участках.

Железнодорожный путь на кривых участках пути имеет следующие особенности: уширение колеи при  $R < 350$  м; возвышение наружного рельса над внутренним; переходные кривые; укороченные рельсы на внутренних рельсовых нитях звеньевых путей; увеличенные междупутные расстояния при наличии двух и более путей.

Эти особенности вызваны тем, что при движении экипажей в кривых появляются три вида поперечных горизонтальных сил:

- направляющая сила, возникающая при набегании гребня колеса направляющей оси на рельсовую нить, вызывающая износ реборд и боковой износ рельсов и создавая сопротивление движению;
- боковая сила, вызывающая горизонтальный изгиб и кручение рельсовых нитей, от воздействия которой в основном происходит изменение ширины колеи и динамическая разуклонка рельсов (упругий отжим);
- рамная сила, которая передается от колесной пары на раму тележки и которая определяет поперечную устойчивость путевой решетки.

В кривых участках пути, начиная с определенного радиуса, приходится уширять колею, чтобы экипажи с длинной базой могли разместиться в ней (вписаться). Вписыванием подвижного состава в кривые называют установившееся при движении в кривой положение колесных пар экипажа относительно рабочих граней рельсовых нитей в результате взаимодействия между рельсовым путем и ходовыми частями подвижного состава. В зависимости от ширины колеи, радиуса кривой и длины жесткой базы экипажа вписывание может быть заклиненным, свободным или принудительным.

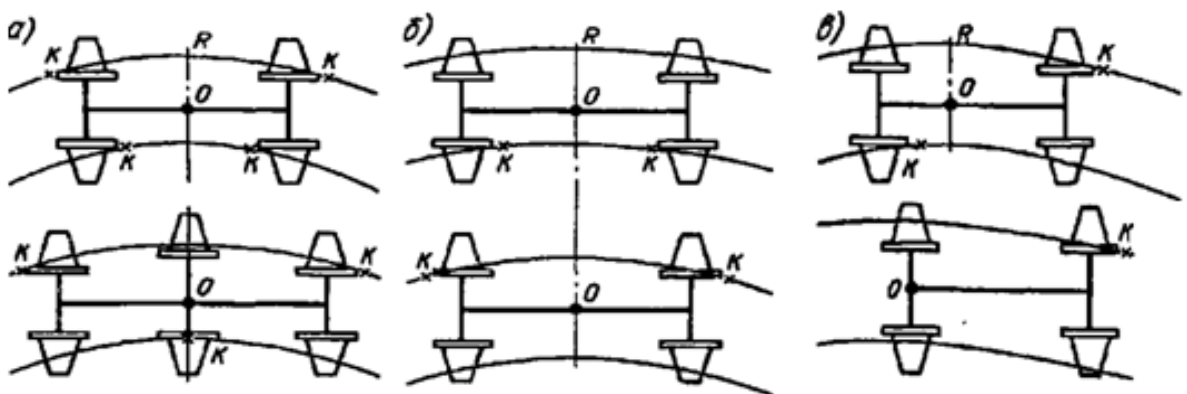


Рис. 5. Схемы вписывания двухосных тележек: а) заклиненное, б) свободное хордовое, в) свободное перекрестное. К – точка контакта гребня колеса и рельса.

Таким образом, при движении в кривой тележки экипажа могут располагаться по трем схемам, рис.5:

- свободная, когда они направляются первой осью по наружной рельсовой нити;
- хордовая, когда тележки направляются двумя осями по наружной рельсовой нити;
- перекосная, когда первая ось направляется по наружной рельсовой нити, а вторая ось — по внутренней.

При движении экипажей с большой жесткой базой, для обеспечения свободного прохода колес требуется производить уширение рельсовой колеи. Величина уширения определяется расчетом вписывания экипажей в кривые, исходя из следующих условий:

- ширина колеи должна быть оптимальной, т.е. обеспечивать наименьшее сопротивление движению поезда, наименьший износ рельсов и колес, предохранять рельсы и колеса от повреждений и путь от расстройств в плане, не допускать провала колес между рельсовыми нитями;
- ширина колеи не должна быть меньше минимально допускаемой, т. е. должна исключать заклиненное вписывание жестких баз экипажей

Наиболее неблагоприятной во многих случаях считается перекосная установка тележки, когда возможно ее заклиненное положение.

В условиях эксплуатации железных дорог **заклиненное вписывание не допускается.**

Современные локомотивы, а также четырех- и восьмиосные вагоны имеют двух- и трехосные тележки с небольшой длиной базы. Каждая тележка может поворачиваться относительно другой. Такая конструкция ходовых частей намного упрощает вписывание подвижного состава в кривые.

Для облегчения вписывания длиннобазных локомотивов и вагонов принимают различные конструктивные меры: поперечные разбеги осей (для различных локомотивов поперечные разбеги осей колеблются от 2,5 до 25 мм), устройство бегунковых и поддерживающих осей (для паровозов) и др.

### 3.3.1.1. Общие характеристики переходных кривых

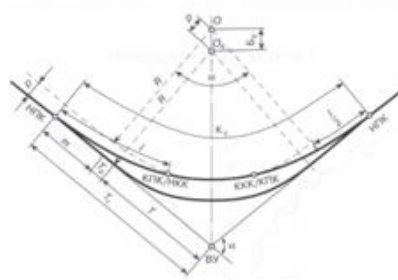
Переходные кривые обеспечивают плавный переход подвижного состава из прямой в круговую кривую или из круговой кривой одного радиуса с одним возвышением в кривую другого радиуса с другим возвышением наружного рельса.

В пределах переходной кривой (ПК) плавно нарастает кривизна пути за счет изменения переменного радиуса  $\rho$  от  $\rho = \infty$  в начале переходной кривой (НПК) до  $\rho = R$  в конце переходной кривой (КПК). В пределах ПК плавно увеличивается возвышение наружного рельса от 0 в НПК до  $h$  в КПК, а также делается отвод уширения колеи, если последнее имеется в круговой кривой.

Радиус кривой, м	Категория железнодорожной линии и подъездного пути								
	Особогрузонапряженная			III			IV		
	Зоны скоростей движения поездов								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4000	40	30	20	30	20	20	—	—	—
3000	60—40	40—30	20	40—30	30—20	20	—	—	—
2500	80—60	50—30	20	60—40	40—30	20	—	—	—
2000	100—80	60—40	30	60—50	50—30	20	40—30	30	20
1800	100—80	60—40	40—30	80—60	50—40	30—20	50—30	30	20
1500	120—100	80—60	50—40	80—60	60—50	40—30	60—40	40—30	30
1200	140—120	100—80	60—50	100—80	80—60	40—30	60—50	50—30	30
1000	140—120	120—100	70—50	120—100	80—60	50—40	80—60	50—40	30
800	160—140	140—100	80—50	140—100	100—80	50—40	90—60	60—50	40—30
700	160—140	140—120	80—60	160—120	110—90	60—50	120—80	60—50	40—30
600	160—130	140—120	100—60	160—120	120—100	60—50	120—80	80—60	50—40
500	160—120	140—120	120—70	160—120	130—100	80—60	120—100	90—70	60—40
400	160—120	140—120	140—80	140—100	140—100	80—60	120—100	110—80	60—50
350	140—100	140—100	140—80	140—100	130—100	100—60	120—100	120—80	80—50
300	140—100	140—100	120—80	140—100	120—100	120—80	120—80	120—80	80—60
250	120—90	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	80—60
200	—	—	—	—	—	—	100—80	100—80	80—60

а)

При одном угле поворота



При нескольких углах поворота



б)

Рис.6.Нормативы устройства (а) и схемы (б) переходных кривых.

Основные требования к устройству и содержанию ПК сводятся к тому, чтобы по-



являющиеся, развивающиеся и исчезающие силовые факторы (ускорения, силы, моменты) в пределах длины ПК изменялись постепенно и монотонно, с заданным графиком, а в начале и конце ПК они были равны нулю, что обеспечивается при соблюдении требований, указанных на рис. 6а.

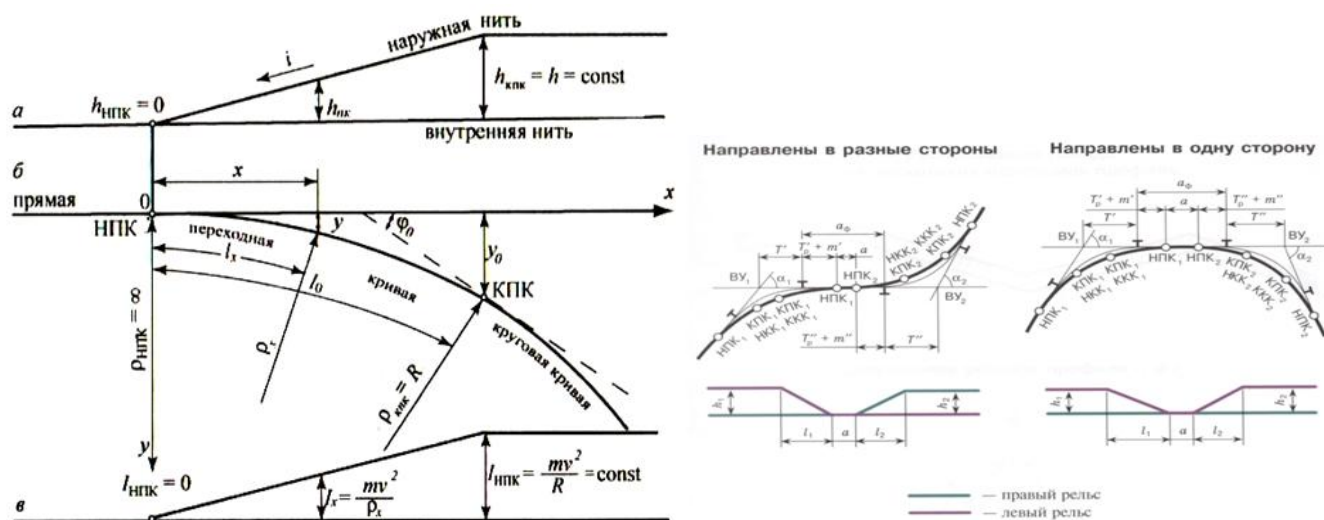


Рис.7. Схемы переходных кривых.

По направлению в плане на кривых участках пути рельсовые нити не должны иметь резких изменений стрел изгиба. Стрела изгиба  $F$ , мм, круговой кривой радиусом  $R$ , м, при длине измерительной хорды  $a$ , м, приближенно может быть определена по формуле:

$$f = a^2/8R \quad (3)$$

Стрелы изгиба  $f$ , мм, в пределах переходных кривых, за исключением начала и конца их, определяют по формуле:

$$f = Fx/l \quad (4)$$

где:  $x$  — расстояние от начала переходной кривой до точки, в которой определяют стрелу/, м;  $l$  — длина переходной кривой, м.

Отводы возвышения наружного рельса кривой и кривизны при переходе от прямых к кривым, и наоборот, устраиваются на протяжении переходных кривых. Начало и конец отвода возвышения наружного рельса кривой и кривизны должны совпадать с точками НПК (начало переходной кривой) и КПК (конец переходной кривой).

### 3.3.1.2. Расчет оптимальной ширины колеи в кривом участке

За расчетную схему определения оптимальной ширины колеи принимают такую, при которой железнодорожный экипаж (его жесткая база) своим наружным колесом передней оси прижимается в наружному рельсу кривой, а задняя ось жесткой базы либо занимает радиальное положение, либо стремится его занять; при этом центр поворота экипажа находится на пересечении этого радиуса с продольной геометрической осью жесткой базы экипажа (схема свободного, вписывания). Кроме того: если расчетная ширина колеи  $S$  окажется больше нормативного значения  $S_H$  для данного радиуса кривой согласно ПТЭ, то следует перейти к определению минимально допустимой ширины колеи, приняв соответствующую расчетную схему; если расчетная ширина колеи  $S$  получается меньше стандартной для прямого участка пути ( $S_0 = 1520$  мм), то это будет означать, что конструктивные размеры и особенности ходовых частей рассматриваемого экипажа позволяют проходить ему кривую данного радиуса без уширения колеи. В таком случае ширина колеи принимается в зависимости от величины радиуса.

Оптимальная ширина рельсовой колеи  $S_{кр\ max}$  в кривой радиусом  $R$  из условия свободного вписывания экипажа с трехосной жесткой базой  $L_0$  (рис.5) будет:

$$S_{кр\ max} = q_{max} + f_H - \sum \eta + 4 \quad (5)$$

где  $q_{max}$  - ширина колесной пары (колесная колея);

$f_H$  - стрела изгиба наружного рельса (при хорде АВ);

$\sum \eta$  - сумма поперечных разбегов осей.

4 – допуск на сужение колеи.

### 3.3.1.3. Расчет минимально допустимой ширины колеи в кривом участке

За расчетную схему определения минимально допустимой ширины колеи принимают схему заклиненного вписывания железнодорожного экипажа, при которой наружные колеса крайних осей жесткой базы своими ребордами упираются в наружный рельс кривой, а внутренние колеса средних осей упираются во внутренний рельс. Центр поворота экипажа находится посередине жесткой базы (двухосные жесткие базы, многоосные жесткие базы с симметричным расположением осей и их разбегов), либо стремится за-

нять это положение. После этого к полученной на основании такой расчетной схемы ширине колеи следует добавить минимальный зазор  $b_{\min}$  между боковыми рабочими гранями рельсов и гребнями колес на прямом участке, потому что заклиненное вписывание в эксплуатации допустить нельзя. При этом:

а) во всех случаях, определенная расчетом минимально допустимая ширина рельсовой колеи  $S$  не должна превышать максимальной ширины колеи  $S_{\max} = 1535$  мм;

б) если определенная расчетная ширина колеи получается больше максимальной, то это значит, что данная кривая без специальных устройств в виде контррельсов не может обеспечить прохождения рассматриваемого железнодорожного экипажа;

в) если расчетная ширина колеи  $S$  получается меньше стандартной  $S_0$ , то это будет означать, что конструктивные размеры и особенности ходовых частей рассматриваемого экипажа позволяют ему проходить кривую данного радиуса без затруднений. Ширина колеи в таком случае принимается по ПТЭ в зависимости от радиуса кривой.

Минимально допустимая ширина рельсовой колеи  $S_{\text{кр мин}}$  из условия вписывания экипажа двухосной тележки в кривую радиусом  $R$  будет:

$$S_{\text{кр мин}} = q_{\max} + f_{\text{н}} - f_{\text{в}} - \Sigma \eta + \delta_{\min} / 2 + 4 \quad (6)$$

где  $f_{\text{н}}$ ,  $f_{\text{в}}$  - стрелы изгиба наружной и внутренней нитей кривого участка от хорд, проведенных через точки касания гребней колес с наружной и внутренней рельсовыми нитями;

4 – допуск на сужение колеи.

Если принято для расчета заклиненное вписывание, но неизвестно, при прижатии каких колес к рельсовым нитям оно происходит, то рассматриваются все возможные варианты с учетом различных облегчающих вписывание устройств, например контррельса.

#### **3.3.1.4. Расчет возвышения наружного рельса в кривом участке пути**

Как уже отмечалось выше, при проходе подвижного состава по кривому участку пути возникает центробежная сила, стремящаяся опрокинуть экипаж наружу кривой. Опрокидывание может произойти только в исключительных случаях. Однако центробежная сила неблагоприятно действует на пассажиров, вызывает перераспределение вертикальных давлений на рельсы обеих нитей и перегруз наружной нити. Центробежная сила вы-

зывает также дополнительное воздействие на путь при вписывании экипажа в кривую. Это влечет за собой усиленный износ рельсов наружной нити. Кроме того, большие поперечные силы вызывают раскантовку рельсов, уширение рельсовой колеи, расстройство положения пути в плане.

Во избежание указанных явлений устраивают возвышение наружной рельсовой нити над внутренней. Появляющиеся горизонтальные составляющие веса экипажей за счет наклона полотна железнодорожного пути нейтрализуют негативные последствия действия центробежных сил в кривых.

Величина возвышения определяется исходя из двух требований:

- обеспечения одинакового вертикального износа обоих рельсов в кривых, характеризуемого одинаковым давлением колес на наружную и внутреннюю рельсовые нити;
- обеспечения комфортабельности езды пассажиров, характеризуемой допускаемым непогашенным ускорением.

Для обеспечения одинакового вертикального износа обеих нитей необходимо, чтобы сумма нормальных давлений от всех поездов на наружную нить (или нормальных реакций на эти давления) равнялась сумме нормальных давлений от тех же поездов на внутреннюю нить (или ее нормальных реакций на эти давления). При этом и боковые силы, передаваемые на наружную рельсовую нить, не будут чрезмерными, а величина непогашенного центробежного ускорения  $a_n$  принимается равной  $0,3 \text{ м/с}^2$

В этом случае величина возвышения наружного рельса определяется по формуле:

$$h = 12,5 \frac{v^2}{R} - 50 \quad (7)$$

Многолетний опыт железных дорог и многочисленные исследования показывают, что большие значения непогашенных горизонтальных ускорений неприятно ощущаются пассажирами. Величина возвышения наружного рельса, вычисленная по средневзвешенной скорости, очевидно, будет недостаточной для гашения центробежных ускорений, возникающих при прохождении по кривой пассажирских поездов. Требуется установить такое возвышение, чтобы величина непогашенного ускорения, возникающая при прохождении поезда с максимальной скоростью, не превышала допустимой величины  $a_n$  ( $a_n$  принимается равным для пассажирских поездов  $0,7 \text{ м/с}^2$ , в отдельных случаях с разрешения ОАО «РЖД» -  $1,0 \text{ м/с}^2$ ). С учетом этого условия величина возвышения наружного рельса будет:

Максимальная величина возвышения наружного рельса на отечественных дорогах принята равной 150 мм. Если по расчету получится большая величина, принимают 150 мм и ограничивают скорость движения по кривой по условию:

$$(9)$$

где  $V_{\max}$  - максимальные скорости соответственно пассажирских и грузовых поездов, установленные приказом начальника дороги, км/ч;

$R$  - радиус кривой, м.

50;115 – величина допускаемого максимального недостатка до возвышения наружного рельса, рассчитанная из условия не превышения установленной нормы непогашенного ускорения для грузовых и пассажирских поездов (соответственно  $0,3 \text{ м/с}^2$  и  $0,7 \text{ м/с}^2$ )

### 3.3.1.5. Расчет параметров переходной кривой.

Длина переходной кривой определяется в зависимости от расчетной величины возвышения наружного рельса, числа смежных главных путей и проверяется по не превышению допустимого значения скорости изменения непогашенного ускорения  $0,6 \text{ м/с}^3$  на длине отвода кривизны.

На однопутных линиях и для наружного пути двухпутных линий длина переходной кривой  $l$  определяется по формуле:

$$l = h/i, \quad (10)$$

где:  $h$  — расчетное возвышение наружного рельса в круговой кривой, мм;  $i$  — расчетный уклон отвода возвышения, мм/м.

Расчет параметров круговых и переходных кривых каждый слушатель выполняет согласно исходным данным приведенным в таблице 2 Приложения 2 по формулам 3, 5, 6, 7, 8, 10.

Выбор исходных данных осуществляется в порядке, определенном в 1-м разделе настоящих методических указаний.

В разделах 3.3.1.2-3.3.1.5 каждый слушатель должен решить 4 задачи и 4 задания::

- 1.Расчитать оптимальную ширину колеи в кривом участке.
2. Расчитать минимально допустимую ширину колеи в кривом участке.
- 3..Расчитать возвышение наружного рельса в кривом участке пути.
- 4.Расчитать параметры переходной кривой.

Для выполнения задания слушателю необходимо проиллюстрировать выполненные расчеты 1-2 скриншотами по каждой задаче из реальных проездов на закрепленном полигоне.

По результатам расчетов необходимо сделать выводы о соответствии ширины колеи требованиям нормативов [11], а также таблицы ба (рис.6), пункта «б» раздела 3.3.1.3. и формулы 9.

#### **Список использованных источников:**

1. Железнодорожный путь: учебник / Е.С. Ашпиз, А.И. Гасанов, Б.Э Глюзберг и др.; под ред. Е.С. Ашпиза. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 544 с.
2. Виноградов В.В. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Виноградов, А.М. Никоноров, Т.Г. Яковлева и др.; под общ. ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонорова.- М.: Маршрут, 2003.- 486с..
- 3.Альбрехт В.Г. Бесстыковой путь/ В.Г.Альбрехт, Н.П.Виноградов, Н.Б.Зверев; под ред. В.Г.Альбрехта и А.Я. Когана.- М.: Транспорт,2000.-408с.
- 4.Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности/ЦПТ-52-14,15.06.2000.-38с.



5. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. ЦП-515/МПС России.- М.: Транспорт, 1997.- 42с.

6. Инструкция по устройству, укладке содержанию и ремонту бесстыкового пути. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2544р от 14.12.2016г.

7. Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 3212 от 31.12.2015г.

8. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» №2540/р от 14.12.2016 г.

9. Временная инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» №682/р от 07.04.17г

10. Положение о порядке контроля состояния главных и станционных путей путеизмерительными средствами. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» 678/р от 07.04.2017г.

11. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтранса России от 21 декабря 2010г. №286.

12. А.А.Бондаренко, В.Б.Корся, Д.А.Зяблов. Основные характеристики железнодорожного пути как объекта диагностики. Рабочая тетрадь курса с методическими указаниями (РТК ЖДП-Э). Самара: Изд-во СамГУПС: 2016-65с.

Таблица.1. Исходные данные для расчета ширины рельсовой колеи в прямых и кривых участках

№ п.п.	T, ширина насадки колесной пары (мм)	h, толщина гребня колеса (мм)	$\delta$ , зазор между рабочими гранями колеса и рельса (мм)	R, радиус кривого участка пути (м)	$\eta$ , сумма поперечных разбегов осей колесных пар (мм)	$\sigma$ , стрела изгиба внутренней нити кривого участка пути (мм)
1.	1440	25	2	850	3	20
2.	1441	24	2	830	5	21
3.	1442	26	1	800	4	19
4.	1443	27	1	785	3	18
5.	1439	28	2	770	5	17
6.	1438	29	2	750	3	17
7.	1437	30	1	720	5	16
8.	1440	31	1	700	4	15
9.	1441	32	2	680	3	15
10.	1442	33	2	660	4	14
11.	1443	32	1	650	3	14
12.	1442	31	1	630	3	14
13.	1441	30	2	610	6	13
14.	1440	29	1	590	3	13
15.	1439	28	1	570	4	13
16.	1438	27	2	550	4	12
17.	1437	26	2	530	6	12
18.	1440	25	1	520	6	12
19.	1441	33	1	500	3	12
20.	1442	32	2	480	3	11
21.	1441	31	2	460	5	11
22.	1440	30	2	440	5	11
23.	1439	29	1	420	5	10
24.	1438	28	2	400	3	10
25.	1437	27	2	380	3	10

Таблица 2. Исходные данные для расчета возвышения наружного рельса в кривом участке и параметров переходной кривой

№ п.п.	, скорость движения поездов (км/ч)		R, радиус кривого участка пути (м)	h, возвышение наружного рельса (мм)	, максимальная скорость движения
	Пассажирских	Грузовых			
1.	139	81	1250		140
2.	138	82	1200		139
3.	137	83	1150		138
4.	136	84	1100		137
5.	135	80	1050		136
6.	134	75	1000		135
7.	133	82	950		134
8.	132	84	900		133
9.	131	83	1000		132
10.	135	81	920		131
11.	130	79	900		135
12.	125	75	960		130
13.	120	80	880		131
14.	100	80	850		132
15.	140	82	970		133
16.	126	83	990		134
17.	128	84	990		135
18.	120	83	1010		136
19.	129	79	1070		137
20.	128	78	1090		138
21.	119	75	1110		139
22.	120	80	1120		140
23.	121	82	1130		139
24.	122	84	1140		138
25.	123	80	1150		137

Примечание: строку своего варианта в столбце h слушатель заполняет самостоятельно. В качестве исходных данных для этого принимаются результаты расчета h по формуле 8.

Учебное издание

**Бондаренко** Алексей Алексеевич  
**Зяблов** Дмитрий Александрович

« Расчет геометрических параметров рельсовой колеи»

Методические указания по выполнению курсовой работы №1

Категория слушателей:  
начальники, заместители начальников,  
инженеры диагностических комплексов, операторы РПИ, инженеры-наладчики

Методические указания  
является интеллектуальной собственностью © УЦ ИНФОТРАНС.  
Незаконное распространение, копирование, тиражирование, перевод на другие язы-  
ки запрещены и преследуются по закону об авторских правах.

---

Подписано в печать 22.01.2018. Формат 60×90<sup>1/8</sup>.  
Усл. печ. л. 7,0. Тираж 30 экз. Заказ 15.

