

## **ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗКОГО УВЕЛИЧЕНИЯ СИЛ В ТОЧКЕ ПЕРЕХОДА ПРЯМОГО УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ В ПЕРЕХОДНУЮ КРИВУЮ**

**Туманов Дмитрий Олегович**

Иркутский государственный университет путей сообщения, РФ, г. Иркутск

### **DEPENDENCE OF A SHARP INCREASE IN FORCES AT THE TRANSITION POINT OF A STRAIGHT SECTION OF RAILWAY TRACK INTO A TRANSITION CURVE**

***Dmitry Tumanov***

*Irkutsk State University of Railway Transport, Russia, Irkutsk*

**Аннотация.** В данной статье приведены особенности формирования переходной кривой. Так же разобраны основные причины резкого увеличения сил в точке перехода прямого участка железнодорожного пути в переходную кривую.

**Abstract.** This article presents the features of the formation of the transition curve. The main reasons for the sharp increase in forces at the point of transition of the straight section of the railway track into the transition curve are also analyzed.

Подвижной состав на входе с прямого участка пути в кривую испытывает центробежное ускорение. В зависимости от скорости перемещения, массы поезда, локомотива и сопутствующих факторов, критическому воздействию подвергаются колесные пары, рельсы, шпалы. Для плавного перехода предусмотрены переходные кривые (ПК), позволяющие нивелировать негативные последствия. При формировании ПК учитывается протяженность участков, скоростной режим, наличие стрелочных переводов, имеющиеся ограничения.

#### **Причины, обуславливающие необходимость формирования переходной кривой**

Для обеспечения безопасности нормами ПТЭ и другими документами предусмотрены правила движения на различных категориях путей. Плавность входа колесной пары обеспечивается возвышением наружного рельса над внутренним элементом, в зависимости от радиуса кривой, указанного в паспорте станции или перегона.

На формирование ПК влияет ряд сопутствующих причин:

1. Установленная скорость. Чем она выше, тем плавней должен быть переход.
2. Тип балласта и рельс.
3. Результаты очередных проверок дорожными мастерами и путеизмерительной техникой.
4. Наличие стрелочных переводов, платформ, указателей, мостов, других инженерных сооружений.
5. Шпалы (ж/б или деревянные).
6. Конфигурация пути (бесстыковая плеть, звеньевые участки).

Принятые радиусы кривых составляют от 400 метров (на горных и сложных участках) до 4 000 м. Показатель указывается при создании проектного плана дороги, с учетом технических особенностей.

### Особенности формирования ПК

Взаимодействие прямых искривленных участков провоцирует в точке сопряжения появление внезапного центробежного усилия  $F$ , прямо пропорционально скорости  $V$  и обратно – радиусу  $R$ . Для формирования постепенного повышения центробежного воздействия, укладывается переходная кривая, меняющаяся плавно.

Формулы расчета:  $F = MV^2/R$  и  $Sk/S = Fk/F = p/R$ .

Расшифровка:

- $S$  и  $p$  – актуальные показатели дистанции от начала перехода и радиуса кривизны;
- радиус кривизны –  $R$ ;
- $k$  – коэффициент переменных в конце ПК;
- центробежная сила –  $F$ .

Спираль клотоидного или радиального типа определяется при помощи формулы  $lR/S$ , в которой  $l$  – длина ПК.

### Угловой поворот трассы ПК

На минимально коротком отрезке кривой происходит поворот трассы на угол. После подставки радиуса искривления получается интегрирование от начала НК до текущей точки.

В математическом отображении процедура выглядит следующим образом:

1.  $d = ds/p$ .
2.  $R/d = s$ .

$$Rl \int_0^{\phi} d\phi = \int_0^s s ds$$

### Схема ПК

На указанной схеме предусмотрены следующие обозначения:

- $\alpha$  – угловые изменения поворотов;
- $\phi$  – в текущем месте  $i$ ,  $\beta$  – в конце трассы;
- $b$  – учет координат.

Формулы и графики:

$$\beta = \frac{l}{2R}$$

$$l = 2Rb$$

Где:

- $b$  – угол поворота трассы в конце переходной кривой;

- $l$  – ПК по длине;
- $R$  – радиус кривизны в крайней точке ПК, равный аналогичному параметру следующей за нею круговой конструкции.

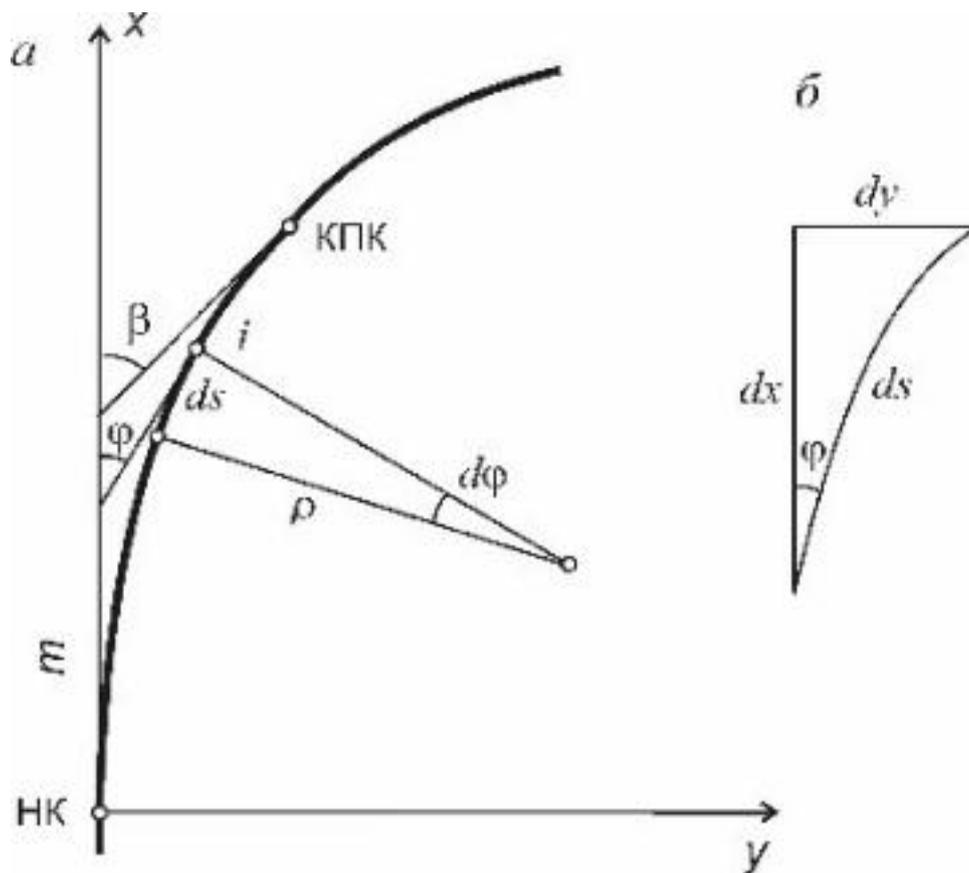


Рисунок 1. График

### Смещение или сдвжка начала кривой

Дуговая переходная кривая НК-КПК, трансформирующаяся после точки КПК в круговой вариант. При продолжении формирования до элемента  $Q$ , где направление по отношению к оси  $x$ ,  $p$  параллельно, учитывают смещение в перпендикулярной конфигурации. Подробнее на схемах.

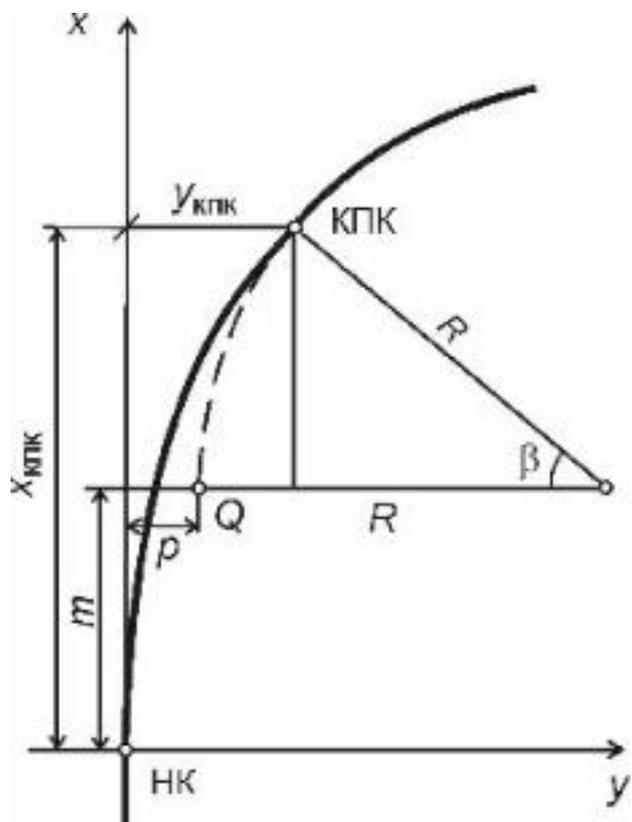


Рисунок 2. График

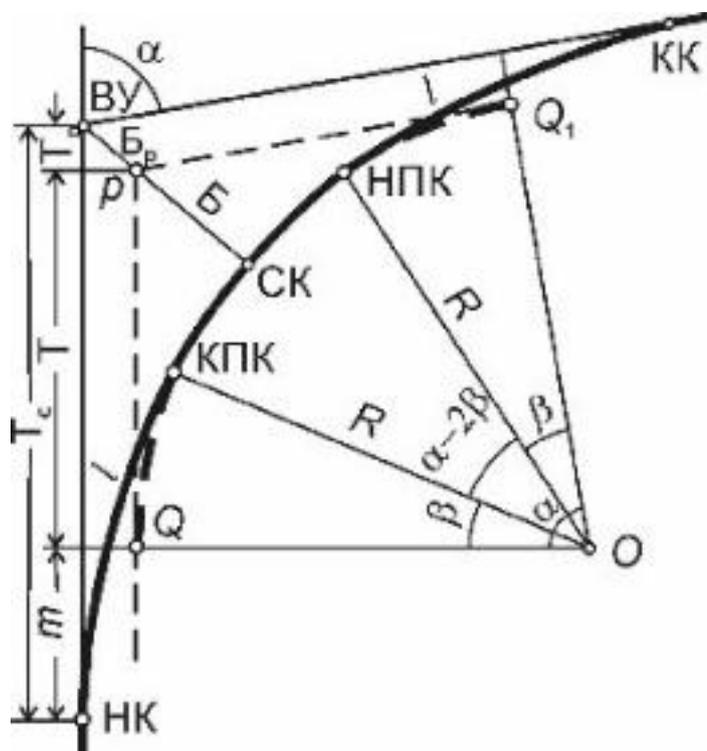


Рисунок 3. График

### Дополнительные силы и моменты

Координаты отмечены с начала НПК. По оси отложены актуальные показатели

возвышения наружного рельса  $h$ , обозначенного в формуле через  $u$ .

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{dh}{dl} = A_0 \frac{dk}{dl}.$$

По условию в НПК и  $K_n K_t \gamma = 0$ , в этих точках  $\dot{\gamma} = 0$ . Максимальное ограничение угла и интенсивности его накоплению внутри интервала приводит к таким же требованиям по дальнейшему соотношению. Дополнительные силы и моменты пропорциональны ускорениям поступательной и угловой интенсивности.

При прямом движении ось колесной пары горизонтальна, а при перемещении по круговой кривой она наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ . Реальный угол наклона оси колесной пары составит  $|\alpha \sim \sin \alpha| = h/S_x$ .

По причине несущественного изменения ширины колеи в рамках измерений ПК, берется  $S_j = \text{const}$ . При движении колесной пары по переходной кривой ее наклон нестабилен. Угловая скорость реформации рассчитывается следующим образом:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{1}{S_1} \frac{dh}{dt} = \frac{A_0 dk}{S_1 dt}.$$

Угловые ускорения изменения изгиба осей экипажей в НПК и КПК равны нулю, а на переходной кривой меняются непрерывно. Чтобы значения параметров и градиенты изменений ускорений по длине ПК не выходили за допустимые показатели, необходимо требования соблюдать и со второй производной кривизны по длине ПК.

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} = \frac{A_0 v}{S_1} \frac{d}{dt} \frac{dk}{dt} = \frac{A_0 v^2}{S_1} \frac{d^2 k}{dt^2}.$$

Из множества вариантов выбирают такую кривую, которая лучше всего удовлетворит требованиям разбивки и содержания ПК.

### **Как снизить негативное воздействие в местах перехода**

Переменчивость кривизны, отводы возвышения наружного рельса и ширины колеи в пределах ПК вызывают добавочные физические моменты, которых нет на других зонах пути.

Проводимые работы:

1. Регулярные обходы с применением измерительных и контрольных приборов.
2. Составление графиков в инженерном отделе по обслуживанию и модернизации участков.
3. Периодическая проверка перегонов и станций вагоном-путеизмерителем с последующей выдачей нарушений на цифровой ленте с соответствующими отметками.
4. Устранение неисправностей посредством проведения капитального, среднего, текущего ремонта.

Общие требования к обустройству и содержанию ПК сводятся к тому, чтобы имеющиеся, внедряемые, развивающиеся, исчезающие силовые факторы в пределах определенной протяженности изменялись монотонно, по заданному графику, а в конечных и начальных точках ПК равнялись нулю.

### **Список литературы:**

1. Барабанов В.В. Содержание кривых участков пути на Юго-Восточной дороге // Журнал путь и путевое хозяйство №6 2018г. С 23-25.

2. Информация из интернета: [https://studopedia.ru/3\\_196744\\_obshchie-svedeniya-o-perehodnoy-krivoy.html](https://studopedia.ru/3_196744_obshchie-svedeniya-o-perehodnoy-krivoy.html) Дата обращения .20.11.2022