

Лекция № 9

Приведение параметров плана в соответствие нормам проектирования. Решение типовых задач.

Содержание

1. Определение нормативных параметров плана и цели реконструкции
2. Увеличение радиуса круговой кривой
3. Увеличение длины прямой вставки между смежными кривыми

Литература

1. Определение нормативных параметров плана и цели проектирования

По результатам анализа существующих параметров плана и требований современных норм проектирования, а также расчетов возвышений наружного рельса, определяющих длину переходных кривых, необходимо установить изменения параметров плана и указать смещения характерных точек плана.

Цели проектирования:

А) Обеспечение минимума работ по регулировке зазоров, то есть

$$\sum n_i = 0;$$

Б) Обеспечение минимума рихтовочных работ, то есть $\sum |n_i| = \min$;

В) Обеспечение комфортабельности движения по кривой, то есть допустимая величина непогашенного ускорения в пределах кривой $[a_{i\ddot{a}i}] \leq 0.7 \text{ м/с}^2$ или приращение непогашенного ускорения в пределах переходной кривой $[q] \leq 0.5 \text{ м/с}^3$.

Г) Сохранение направления прямых подходов, то есть, $\alpha_n = \alpha_c$

Д) Сдвиг в конце участка переустройства плана должен быть равен нулю.

2. Увеличение радиуса круговой кривой

Целесообразность *увеличения радиуса круговой кривой* устанавливаются на основании определения экономической эффективности этого мероприятия, путем сопоставления строительных затрат и снижения эксплуатационных издержек в результате увеличения величины радиуса.

Необходимость увеличения радиуса подтверждается в том случае, если в результате определения *возвышения наружного рельса* установлена необходимость снижения скоростей движения поездов.

Нормативные *длины переходных кривых* определяют в соответствии с рекомендациями СП119, СП237.

При решении задачи увеличения радиуса существующей кривой необходимо определить смещения N (м) от оси существующего до оси проектного пути.

Задача решается для правильной (выправленной) круговой кривой. Положение прямых подходов сохраняется, т.е. в существующий угол поворота вписывается круговая кривая большего радиуса, а угол проектный равен углу существующему.

Исходные данные:

- радиус существующей кривой R_c (м);
- радиус проектной кривой R_{np} (м);
- угол поворота кривой φ (радианы);
- пикет начала существующей круговой кривой (НКК_c).

Смещения можно определять точно, как нормали в локальной системе декартовых координат, или приближенно, как эвольвенты методом угловых диаграмм.

А) Решение в локальной системе декартовых координат

Схема решения показана на рис. 1

Начало координат помещено в точку O_c центра существующей кривой. Координаты центра проектной кривой

$$x_{i0} = 0$$

$$Y_{i0} = -(R_{i0} - R_c) / \cos(\varphi/2)$$

Задача симметрична относительно оси Y; поэтому смещения можно рассчитывать только для одной половины, например, для левой.

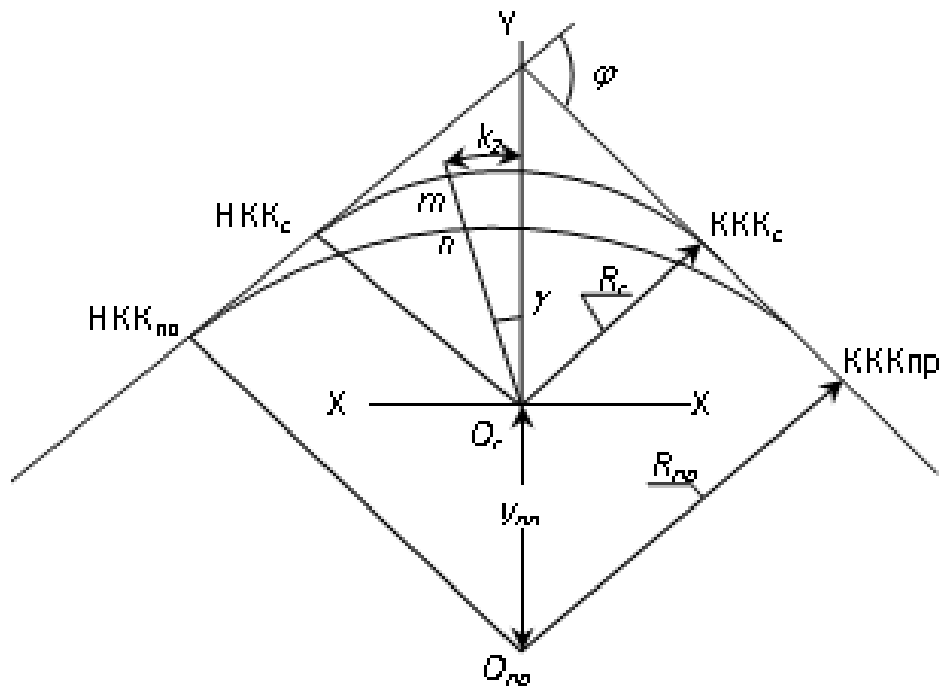


Рис.1. Расчетная схема в локальной системе координат

На участке от НКК_п до НКК_с расстояния k_1 отсчитываются от НКК_п до каждой точки деления (двадцатки), попавшей в этот промежуток. Смещения N в каждой такой точке определяются как

$$N = R_{np} - \sqrt{R_{np}^2 - k_1^2}$$

На участке от НКК_с до середины кривой расстояния k_2 удобнее отсчитывать от середины существующей кривой в сторону НКК_с, т.е. справа налево (к точке m на рис. 1).

Угол в радианах между осью Y и прямой O_cn равен

$$\gamma = k_2 / R_c.$$

Смещение оси пути (нормаль) равно

$$N = R_c - O_cn.$$

Для определения длины отрезка $O_c n$ необходимо определить координаты точки n пересечения проектной кривой и прямой $O_c m$, для чего решить систему уравнений

$$x^2 + (y_{np} + y)^2 - R_{np}^2 = 0$$

$$y = x / \operatorname{tg} \gamma$$

Здесь:

первое уравнение – уравнение проектной кривой в выбранной системе координат, где всегда $y_{np} < 0$, второе - уравнение прямой $O_c m$.

После подстановки получим уравнение

$$x^2 + \left(y_{np} + \frac{x}{\operatorname{tg} \gamma}\right)^2 - R_{np}^2 = 0,$$

которое решается, либо приведением к квадратному.

Из двух полученных результатов определения координаты x выбирается реальный, подсчитывается координата

$$y = x / \operatorname{tg} \gamma$$

и длина отрезка $O_c n$

$$O_c n = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\text{Смещение равно } N = R_c - O_c n = R_c - \sqrt{x^2 + y^2}$$

Б) Решение методом угловых диаграмм

Для решения задачи вычерчиваются совмещенные угловые диаграммы существующей и проектной кривых. Осью длин при построении служит ось существующего плана (рис.2).

Смещение s определяется как разность площадей угловых диаграмм проектной и существующей кривых. В первой половине, от НКК_{пр} до средней точки, эта разность положительна, т.к. площадь угловой диаграммы проектной кривой больше, чем площадь угловой диаграммы существующей. В средней точке (СК) смещение максимально, а потом оно уменьшается до нуля в точке ККК_{пр}.

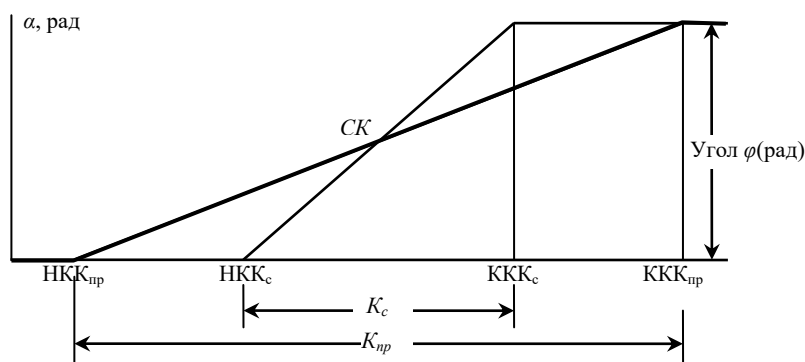


Рис.3.8. Угловые диаграммы существующей и проектной кривых

3. Увеличение длины прямой вставки между смежными кривыми

Задача увеличения длины прямой вставки между смежными кривыми возникает при несоответствии её нормативным требованиям, а также при отсутствии или недостаточности длин переходных кривых.

Обычно увеличение длины прямой вставки требует смещения пути на значительном протяжении ж.-д. пути, поэтому целесообразно минимизировать длину участка изменения плана.

Требуемую длину прямых вставок можно установить и с помощью тяговых расчетов с применением программного комплекса ЭРА СВ.

Одно из решений по увеличению прямой вставки предусматривает смещение вершины угла поворота одной из кривых по тангенсу.

На рис.2 приведена схема увеличения длины прямой вставки для смежных кривых, направленных в разные стороны, за счет уменьшения угла поворота одной из кривых на величину $\Delta\varphi$.

В составе данных должны быть следующие параметры плана:

R_1 и R_2 — радиусы существующих смежных кривых;

d_c — длина существующей прямой вставки;

φ_1 — угол поворота укорачиваемой существующей круговой кривой;

$R_{пр}$ — радиус проектной кривой;

$d_{пр}$ — длина проектной прямой вставки.

Радиус $R_{\text{пр}}$ и длину прямой вставки $d_{\text{пр}}$ необходимо принять с учётом действующих норм проектирования плана железных дорог.

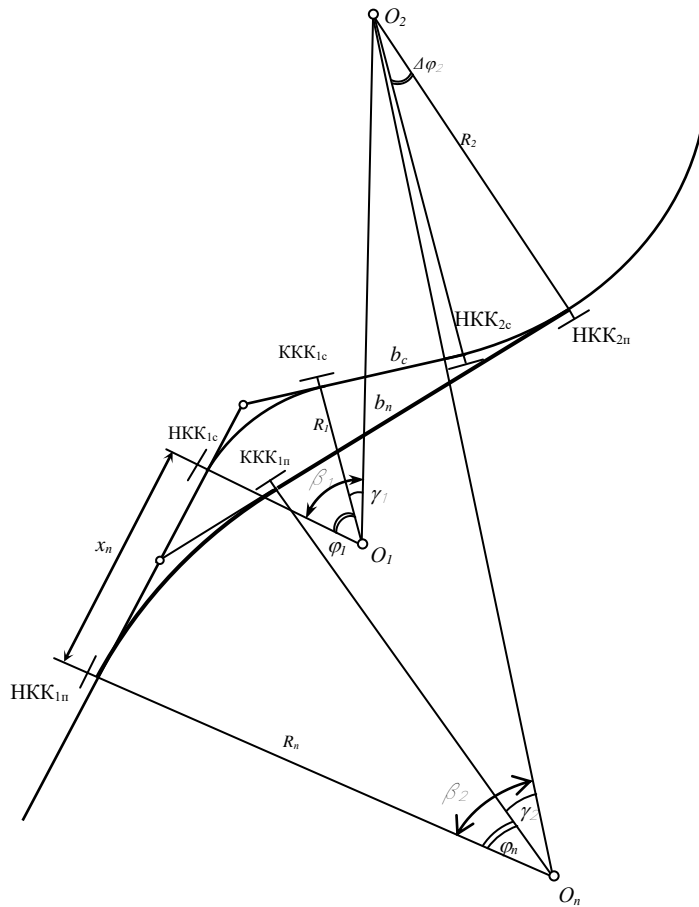


Рис.2. Увеличение длины прямой

Для расчёта основных элементов плана необходимо определить:

1) расстояние между центрами круговых кривых

$$O_1O_2 = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + d_c^2}, \quad O_{\text{п}}O_2 = \sqrt{(R_{\text{п}} + R_2)^2 + d_{\text{п}}^2};$$

2) вспомогательные углы

$$\gamma_1 = \arcsin\left(\frac{d_c}{O_1O_2}\right) \quad \gamma_2 = \arcsin\left(\frac{d_{\text{пр}}}{O_{\text{п}}O_2}\right) \quad \beta_1 = \varphi_1 + \gamma_1$$

3) вспомогательные величины

$$h_1 = O_1O_2 \cdot \cos(\beta_1); \quad h_2 = h_1 + R_{\text{п}} - R_c, \quad \beta_2 = \arccos\left(\frac{h_2}{O_{\text{п}}O_2}\right);$$

4) угол поворота проектной кривой

$$\varphi_{\text{п}} = \beta_2 - \gamma_2;$$

5) уменьшение угла поворота второй кривой

$$\Delta\varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_n;$$

б) расстояние между $HKK_{пр}$ и HKK_c

$$x_n = O_n O_2 \cdot \sin(\beta_2) - O_1 O_2 \cdot \sin(\beta_1)$$

Нормали можно определить, построив совмещенные угловые диаграммы существующего и проектного плана.

Литература:

1. Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог: Учебник /Под общ. Ред. Ю.А. Быкова и Е.С. Свинцова. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 448с.
2. Миронов В.С., Гороховцев Б.И., Турбин И.В. Проектирование реконструкции железной дороги: Методические указания к курсовому проектированию / Под редакцией В.С. Миронова. – М.: МИИТ, 2007. – 99 с.
3. Подвербная О.В. Проектирование реконструкции железных дорог: учеб. Пособие по курсовому и дипломному проектированию /Подвербная О.В. и др.. – Иркутск: ИрГУПС 2019. – 340с.