2. Проектирование обыкновенного одиночного стрелочного перевода

2.1 Исходные данные

Перечень исходных данных и их размерности приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 Исходные данные для расчета одиночного стрелочного перевода

Наименование	Максимальная скорость движения по боковому пути, км/ч	Потеря кинетической энергии при ударе в остряк, м/с	Постоянно действующее центробежное ускорение подвижного состава в пределах остряка, м/с^2	Внезапно появляющееся центробежное ускорение подвижного состава при въезде на остряк, м /с^2	Ширина головки остряка на расчетном уровне, м	Часть длины переднего вылета крестовины, не зависящая от ее угла, м	Часть длины переднего вылета крестовины зависящая от марки крестовины, м	Минимальная длина прямой вставки перед крестовиной, м
Расчетное обозначение	V	W	γ_0	j	v_0	D	G	n_{min}
Числовое значение								

Исходные данные V, W, g_0 , j приведены в задании на курсовое проектирование. Параметры ν_0 , D и G определяются по таблице 1.2 в зависимости от заданного типа рельсов и конструкции крестовины.

Таблица 1.2 Параметры для расчета стрелочного перевода

Параметр	Конструкция крестовины	Тип рельсов	
		Р50	**Р65**
D, мм	Сборная	356	316
	Цельнолитая	416	406
G, мм	Сборная	263	283
	Цельнолитая	64	64
v_0 ,мм		70	72,8

2.2 Определение марки крестовины

Вначале определяем параметры криволинейного остряка (рисунок 2.1): начальный угол остряка β, радиус R_0' остроганной части, радиус неостроганной части остряка R_0'' , угол острожки остряка ε по формулам:

$$\sin\beta_н = \frac{3{,}6}{V}\sqrt{W^2 - 0{,}072j}$$

$$R_0^{'} = \frac{V^2}{3{,}6^2 j} \quad (м)$$

$$R_0^{''} = \frac{V^2}{3{,}6^2 \gamma_0} \quad (м) \qquad (2.1)$$

$$\cos\varepsilon = \frac{R_0^{'}\cos\beta_н}{R_0^{'} + v_0}$$

где V в км/ч, W_0 в м/с, j_0 и γ_0 в м/с^2.

Определяется часть длины прямого участка перед сердечником - d_0 (рисунок 2.2):

$$d_0 = n_{min} + D; \qquad (2.2)$$

$$d = d_0 + G \cdot N \qquad (2.3)$$

где n_{min} – длина прямой вставки перед крестовиной принимается произвольно пределах 0,5 – 4 м,

d - длина прямой вставки, м.

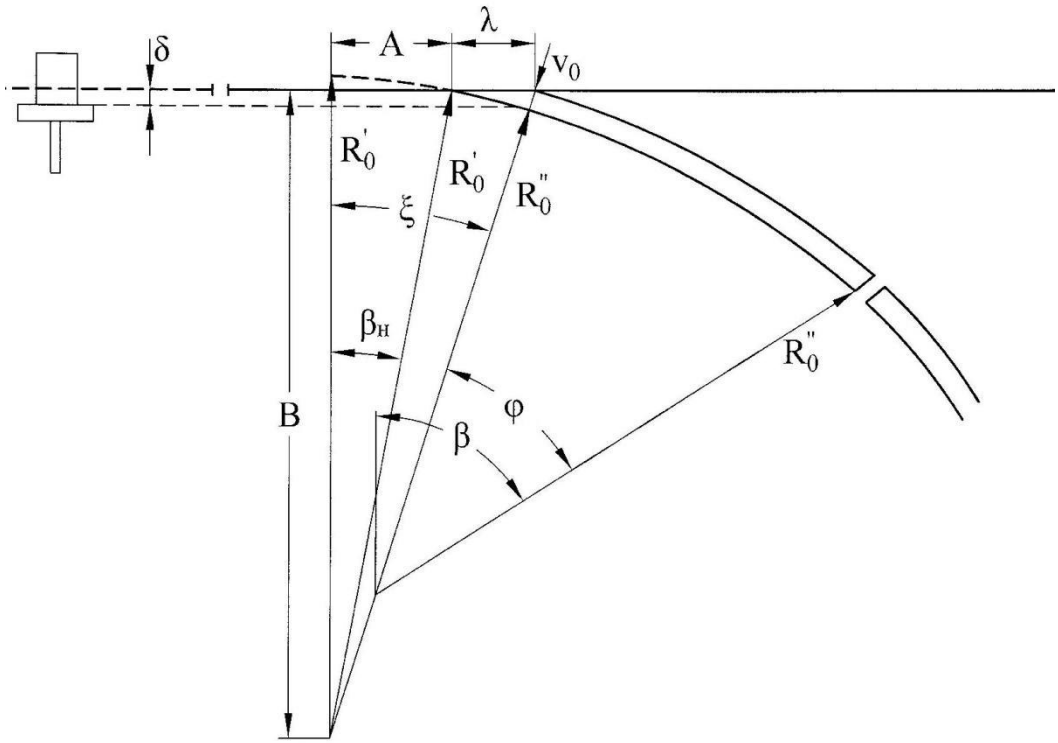


Рисунок 2.1 Криволинейный остряк секущего типа

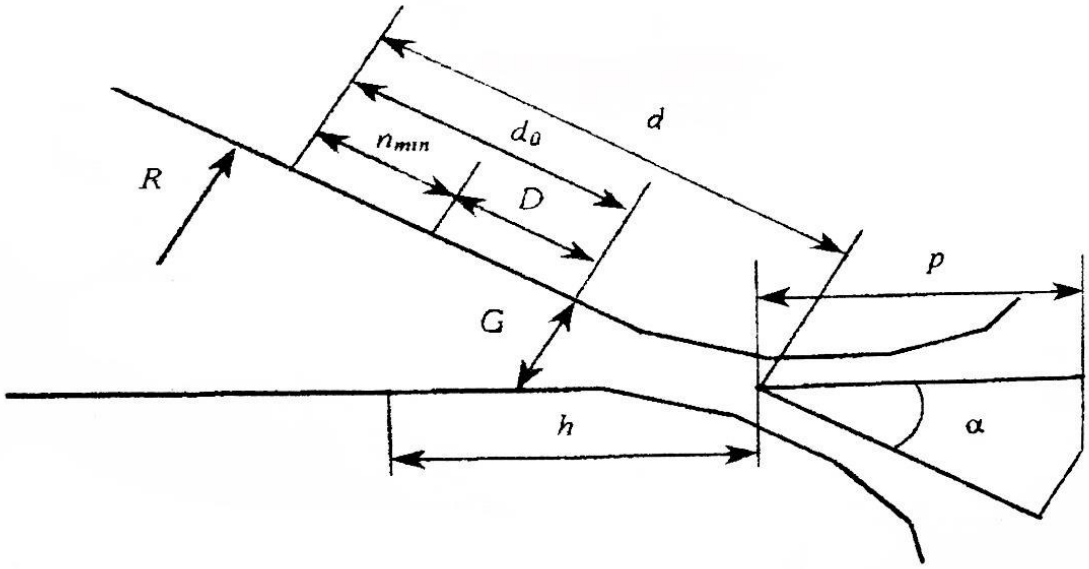


Рисунок 2.2 Расчетные параметры крестовины

Вспомогательный угол φ

$$tg\varphi = \frac{R_0^{''} - G}{d_0} \qquad (2.4)$$

Сумма членов уравнения проекции расчетного контура стрелочного перевода, не зависящих от угла крестовины:

$$C = R^{'}\cos\beta_{н} - R^{'}\cos\varepsilon + R^{''}\cos\varepsilon - 1{,}52 \qquad (2.5)$$

Вспомогательный угол (φ-α):

$$\sin(\varphi - \alpha) = \frac{C \cdot \cos\varphi}{d_0}\ ; \qquad (2.6)$$

$$(\varphi\text{-}\alpha) = arcsin(\frac{C \cdot \cos\varphi}{d_0}) \qquad (2.7)$$

Угол крестовины:

$$\alpha = \varphi\text{-}arcsin(\frac{C \cdot \cos\varphi}{d_0}) \qquad (2.8)$$

Проверка:

$$1{,}52 = R_0^{'}(\cos\beta_n - \cos\varepsilon) + R_0^{''}(\cos\varepsilon - \cos\alpha) + (d_0 + \frac{G}{tg\alpha}) \cdot \sin\alpha \qquad (2.9)$$

Марка крестовины:

$$N = \frac{1}{tg(\alpha)} \qquad (2.10)$$

Марка крестовины N округляется до целого, затем находится окончательное значение угла α.

2.3 Определение длины крестовины

Длина крестовины зависит от конструкции крестовины и ее марки. Длина крестовины $l_{кр}$ состоит из длины переднего вылета h и длины заднего вылета p (рисунок 2.3):

$$l_{кр} = p + h \qquad (2.11)$$

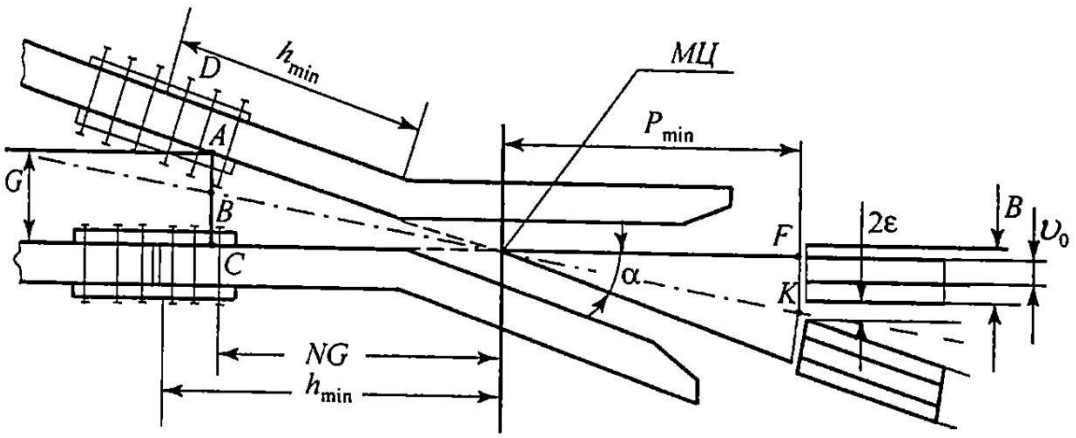


Рисунок 2.3 Схема цельнолитой крестовины

Вначале определяем минимальную теоретическую длину крестовины. Затем из условия раскладки брусьев под крестовиной определяется практическая длина крестовины.

Для цельнолитой крестовины минимальная длина переднего вылета определяется из конструктивного условия расположения накладок (накладки не должны заходить за первый изгиб усовиков).

Длина заднего вылета определяется также условием примыкания двух рельсов к торцу крестовины:

$$h = t_г \frac{1}{tg\alpha} + 0{,}5 l_н + \lambda;$$
$$P = \frac{1}{tg\alpha}(b + v_0 + \Delta), \qquad (2.12)$$

где $t_г$ – ширина желоба в горле крестовины (при ширине колеи 1520, $t_г$=0,064 м);

λ – расстояние от точки изгиба усовика до торца накладки. Принимаем равным 100 мм;

$l_н$ – длина стыковой накладки (R50 - $l_н$=820 мм, R65 - $l_н$=1000 мм);

b – ширина подошвы рельса (Р50 – 132 мм, Р65 – 150 мм);

v_0 – ширина головки рельса (Р50 – 72 мм, Р65 – 75 мм);

Δ – зазор между подошвами примыкающих рельсов (принимается равным 5 мм).

Минимальная длина переднего и заднего вылетов крестовины служит ориентиром при определении практической длины крестовины по условию раскладки брусьев. Практическая длина крестовины во всех случаях больше минимальной.

Для определения практической длины крестовины необходимо вычертить схему расположения брусьев под крестовиной (рисунок 2.4).

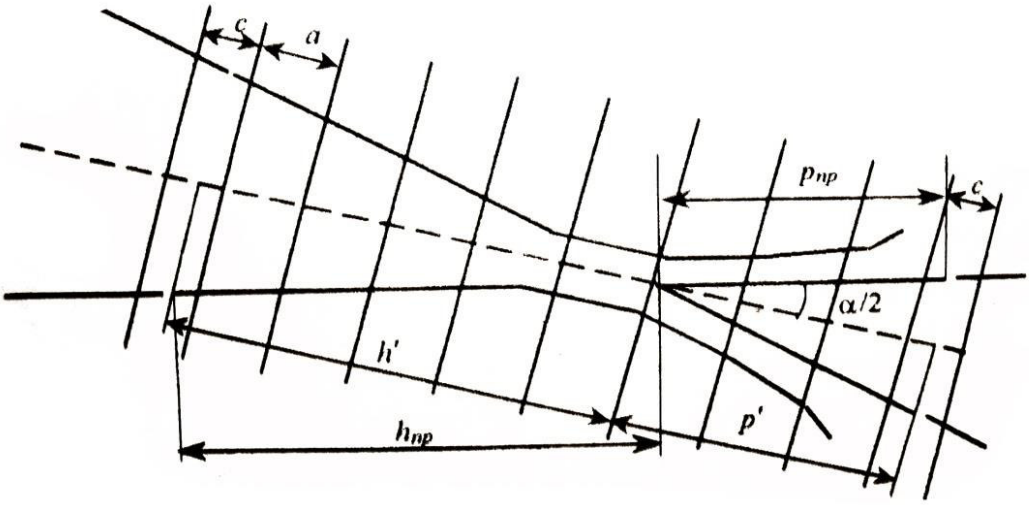


Рисунок 2.4 Схема расположения брусьев под крестовиной

При раскладке брусьев необходимо учитывать, что:

1. Математическое острие крестовины должно располагаться на оси бруса;

2. Брусья располагаются перпендикулярно биссектрисе угла крестовины;

3. Расстояние между осями брусьев должно быть одинаковым, кратным 5 мм и равным $a = (0,8 \div 0,95)\alpha_{пер}$,

где $a_{пер}$ – расстояние между шпалами на перегоне (при эпюре шпал 1840 шт/км α = 55 см, при эпюре 2000 шт/км; α = 50 см, при эпюре 1600 шт/км α = 63 см).

4. Расстояние между осями стыковых брусьев $\alpha_{ст}$ равно 420 мм при рельсах Р65, $\alpha_{ст}$ = 440 мм при рельсах Р50.

Для определения числа пролетов под передним и задним вылетами необходимо найти проекцию минимальной длины пролетов на биссектрису угла крестовины.

$$h' = h \cdot \cos\frac{\alpha}{2}; \qquad p' = p \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \tag{2.13}$$

Затем определяем минимальное число пролетов под передним и задним вылетами между стыковыми и центральными брусьями

$$n_h = \frac{h' - 0,5a_{ст}}{a}, шт \qquad n_p = \frac{p' - 0,5a_{ст}}{a}, шт \tag{2.14}$$

Полученные значения n_h и n_p округляются до целого значения в большую сторону. После этого определяем практическую длину переднего и заднего вылетов

$$h_{пр} = \frac{n_h \cdot a + 0{,}5\, a_{ст}}{\cos\frac{\alpha}{2}}, \qquad p_{пр} = \frac{n_p \cdot a + 0{,}5\, a_{ст}}{\cos\frac{\alpha}{2}} \tag{2.15}$$

Практическая длина крестовины:

$$l_{кр} = h_{пр} + p_{пр} \tag{2.16}$$

2.4 Расчет стрелки

К основным параметрам стрелки относятся:

а) параметры криволинейного остряка:

-начальный угол, $\beta_н$;

-угол острожки остряка, ε;

-радиус остроганной части, R_0'';

-радиус целой части, R_0'';

-длина острожки, λ;

-длина, l_0;

-полный стрелочный угол, β;

б) длина рамного рельса, $l_р$.

Некоторые из них определены в предыдущих подразделах.

Длину острожки остряка определяем по формуле:

$$\lambda = (R'_0 + v_0)\sin(\varepsilon) - R'_0 \cdot \sin\beta_н \tag{2.17}$$

Длина остряков может быть принята такой же, как в типовых стрелочных переводах. В первом приближении ее можно принять численно равной целому числу рассчитанной марки крестовины, но не более 25 м. Остряк бокового направления принимается криволинейным двойной кривизны секущего типа. Длину кривого и прямого остряка принимаем одинаковой.

При определении полного стрелочного угла вначале вычисляем длину дуги остроганной части остряка:

$$l_0^{'} = R_0^{'}(\varepsilon - \beta_H) \qquad (2.18)$$

Где ε и β – углы в радианах.

Угол, стягивающий длину дуги неостроганной части остряка

$$\psi = \frac{l_0 - l_0^{'}}{R_0^{''}} \quad (рад) \qquad (2.19)$$

Полный стрелочный угол равен

$$\beta = \varepsilon + \psi \qquad (2.20)$$

Для определения длины рамного рельса необходимо вычертить схему расположения брусьев под стрелкой и определить порядок раскладки брусьев (рисунок 2.5). Вначале на схеме показывается положение стыковых и флюгарочных брусьев, обозначается передний вылет рамного рельса q, длина проекции остряка на рамный рельс, задний вылет рамного рельса m_2 . Флюгарочные брусья располагаются так, что острие остряка находится на флюгарочном брусе на 41 мм ближе оси бруса к переднему стыку (см. рисунок 2.5).

Длина переднего вылета рамного рельса принимается такой, чтобы под ним умещалось от одного до восьми целых пролетов $\alpha = (0,8 - 0,95)\alpha_{пер}$, в зависимости от марки перевода.

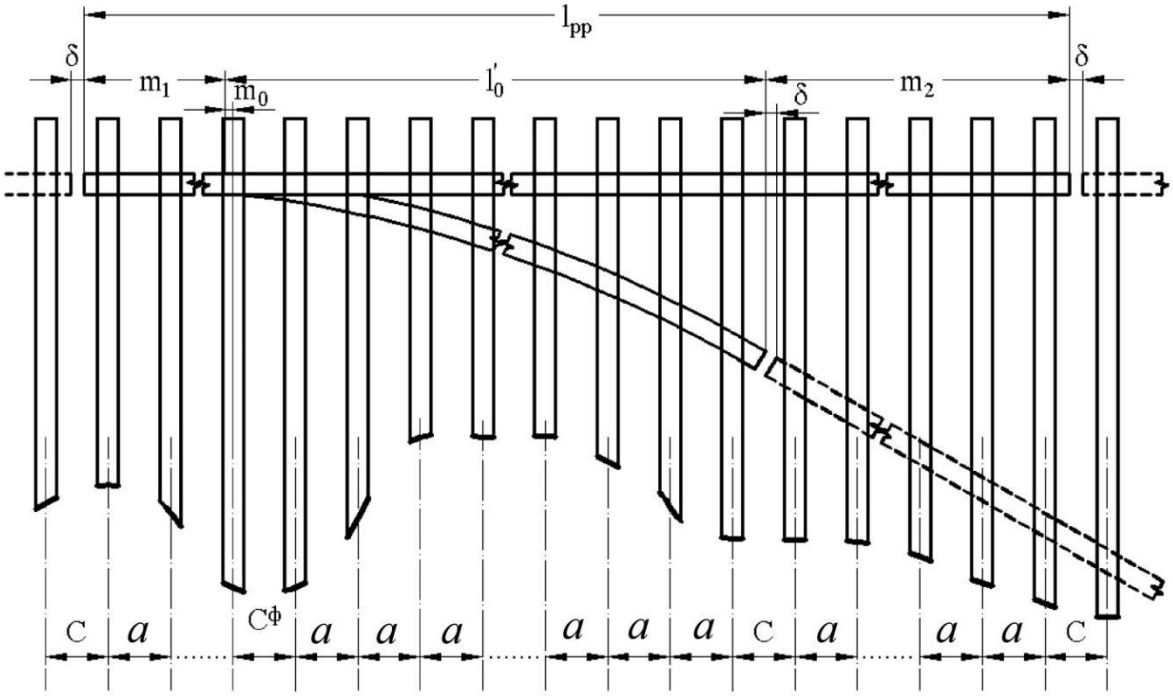


Рисунок 2.5 Схема определения длины рамного рельса

Передний и задний стыки рамного рельса должны находиться соответственно от остряка и от корня остряка на расстоянии достаточном для гашения влияния повышенного динамического воздействия на путь в стыках от колес подвижного состава.

Таким образом:

$$m_1 = n_i \cdot a + \frac{C - \delta}{2} - m_0, (мм) \qquad (2.21)$$

где n_i - число промежуточных пролетов под передним вылетом рамного рельса.

В курсовом проекте принимается: при марке крестовины N до 1/9, n_i =5; при марке N от 1/9 до 1/11, n_i =7; при марке N более 1/11 n_i =9.

C – нормальный стыковой пролет, принимается равным при рельсах Р65 *C*=420 мм, при рельсах Р50 *C*=440 мм;

δ - величина стыкового зазора (10 мм);

m_0 - расстояние от оси первого флюгарочного бруса до острия остряка, принять равным 41 мм.

Далее принимается длина рамного рельса. Она должна быть больше суммы m_1+l_0'' на величину (α+420) мм и более и быть кратной 6,25 м до большего значения:

$$l_{\text{рр}} = m_1 + l_0'' + a + 420 \qquad (2.22)$$

Количество пролетов под остряком определяется по выражению:

$$n_0 = \frac{l_0'' - 41 - C/2}{a}, \qquad (2.23)$$

где l_0'' - проекция остряка на рамный рельс определяется по выражению

$$l_0'' = R_0'(\sin\varepsilon - \sin\beta_H) + R_0''(\sin\beta - \sin\varepsilon) \qquad (2.24)$$

Количество пролетов под задним вылетом рамного рельса:

$$n_з = \frac{l_{pp} - (m_1 + l_0'') - \frac{C-\delta}{2}}{a} \qquad (2.25)$$

Дробная часть числа пролетов n_0 и $n_з$ распределяется так между шпальными пролетами, чтобы соблюдалось условие $\alpha=(0,8 \div 0,95)\alpha_{пер}$.

2.5 Основные размеры для разбивки стрелочного перевода

Основные разбивочные параметры стрелочного перевода приведены на рисунке 2.6.

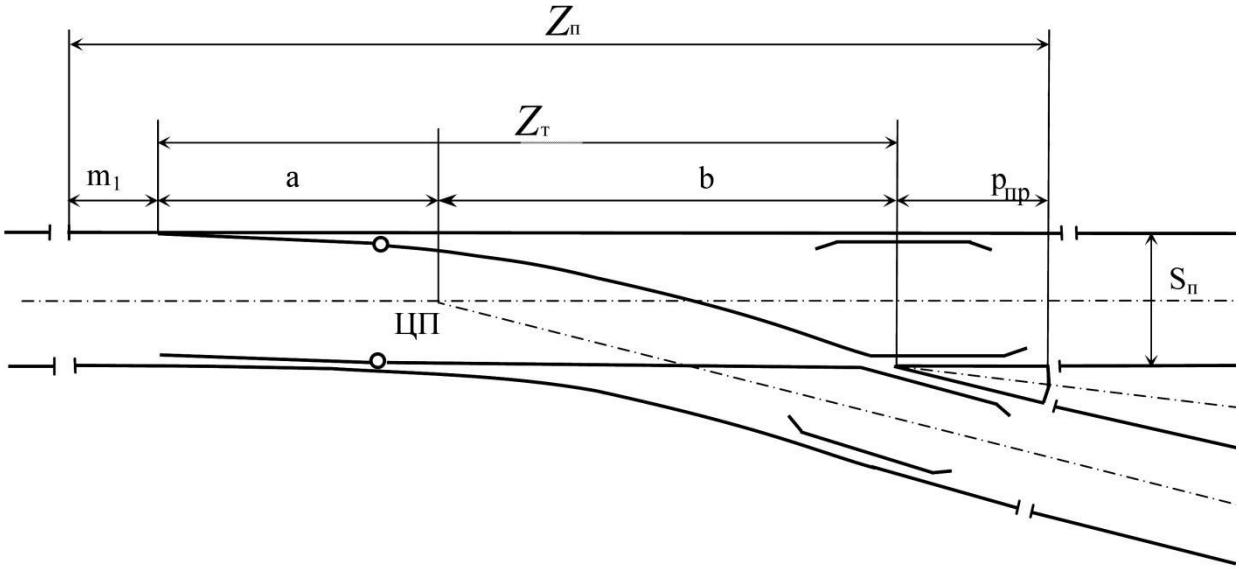


Рисунок 2.6 Основные разбивочные параметры стрелочного перевода

Теоретическая длина перевода определяется по формуле:

$$Z_m = l_0'' + R_0''(\sin\alpha - \sin\beta) + \left(d_0 + \frac{G}{tg\alpha}\right)\cos\alpha \qquad (2.26)$$

Практическая длина перевода определяется по выражению:

$$Z_{пр} = m_1 + Z_m + p_{пр} \qquad (2.27)$$

Малые полуоси перевода: расстояние от математического острия крестовины до центра перевода и расстояние от острия до центра перевода, соответственно равны:

$$b_0 \approx \frac{S}{tg\alpha} = \frac{1,52}{tg\alpha}, \qquad (2.28)$$

$$a_0 = Z_m - b_0 \qquad (2.29)$$

Большие полуоси перевода:

$$\left.\begin{aligned} a &= a_0 + m_1 \\ b &= b_0 + p_{пр} \end{aligned}\right\} \qquad (2.30)$$

Ординаты переводной кривой определяются для разбивки ее при укладке перевода. За начало координат принимается точка на рабочей грани рамного рельса против корня остряка (т. *А* на рисунке 2.7).

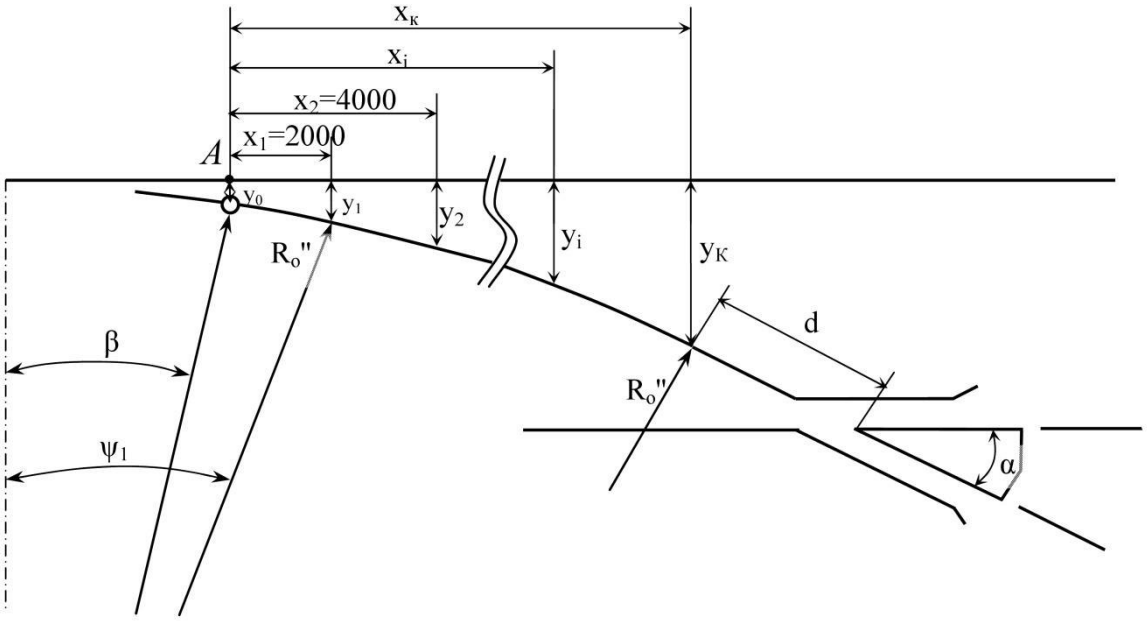


Рисунок 2.7 Схема переводной кривой

Абсциссы определяются вдоль рамного рельса в точках, расположенных через два метра друг от друга. Конечная абсцисса определяется по формуле:

$$x_k = R_0^{''}(\sin\alpha - \sin\beta) \tag{2.31}$$

Начальная ордината в корне остряка:

$$y_0 = R_0^{'}(\cos\beta_h - \cos\varepsilon) + R_0^{''}(\cos\varepsilon - \cos\beta) \tag{2.32}$$

Текущие ординаты определяются по формуле:

$$y_i = y_0 + R(\cos\beta - \cos\gamma_i), \tag{2.33}$$

где R - радиус переводной кривой (принимаем $R = R_0^{''}$);

γ_i - угол, соответствующий данной абсциссе x_i.

$$\sin\gamma_i = \sin\beta + \frac{x_i}{R_0^{''}} \tag{2.34}$$

Таким образом:

$$y_i = y_0 + R_0^{''}\left(\cos\beta - \cos(\arcsin(\sin\beta + \frac{x_i}{R_0^{''}})\right) \tag{2.35}$$

Конечную ординату в этой таблице необходимо проверить по выражению:

$$\arcsin(\sin\beta + \frac{x_к}{R_0^{''}}) = \alpha \qquad (2.36)$$

2.6 Определение длины рельсов соединительной части

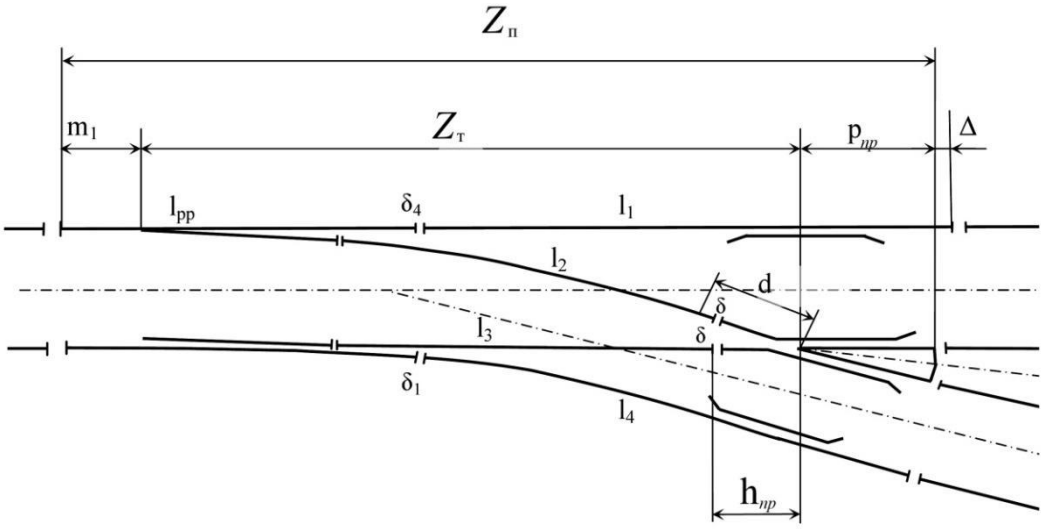


Рисунок 2.8 Схема рельсовых нитей соединительной части перевода

На рисунке 2.8, длины рельсовых нитей соединительной части обозначены l_1, l_2, l_3, l_4. Они определяются по формулам:

$$l_1 = Z_{пр} - l_{рр} \qquad (2.37)$$

$$l_2 = \left(R_0^{''} + \frac{v_0}{2}\right)(\alpha - \beta) + d - h_{пр} \qquad (2.38)$$

$$l_3 = Z_m - l_0^{''} - h_{пр} \qquad (2.39)$$

$$l_4 \cong l_1 \qquad (2.40)$$

Эти длины являются исходными для раскроя рельсовых нитей на отдельные рельсы. При раскрое необходимо учитывать следующие требования:

1. Возможность разборки его на три отдельных блока: стрелочная часть, соединительная, крестовинная часть;

2. В переводе должны максимально использоваться рельсы стандартной длины 12,5 и 25 м.

3. В соединительной части перевода при необходимости должны быть устроены изолирующие стыки. Изолирующие стыки на внешних рельсовых нитях перевода должны находиться в одном пролете между брусьями, и смещены до 1,5 м относительно изолирующих стыков на внутренних нитях, которые также устраивают “на весу” в одном пролете.

4. Стыковые зазоры принимают равными 8-10 мм, кроме зазоров в стыках крестовины которые равны нулю, и зазоров в корне остряков, которые принимают равными 0-5 мм.

5. Длина рельсовых рубок меньше 4,5 м не допускается.

2.7 Указания к проектированию эпюры

Эпюра стрелочного перевода марки M = 1/N представляет собой схему укладки и разбивки, вычерченную в масштабе. На ней указаны основные размеры, необходимые для разбивки на пути, длины и порядок раскладки рельсов в увязке с раскладкой стрелочных брусьев, даны ординаты переводной кривой и ширина колеи в контрольных сечениях перевода. Делают две отдельные схемы: схему укладки и схему разбивки.

В зависимости от длины брусья делятся на группы, каждая из которых отличается от соседней на 25 см (от 3,00 до 5,50).

Первоначально раскладывают брусья у всех стыков, у острия остряка, на крестовине, а также флюгарочные. На остальной части брусья распределяются возможно равномернее. Величина стыковых пролетов C=420 мм при рельсах Р65 и C=440 мм при Р50.

По длине брусья располагаются так, чтобы расстояние, мм, от рабочей грани рельса до торца брусьев было не меньше, чем в пути:

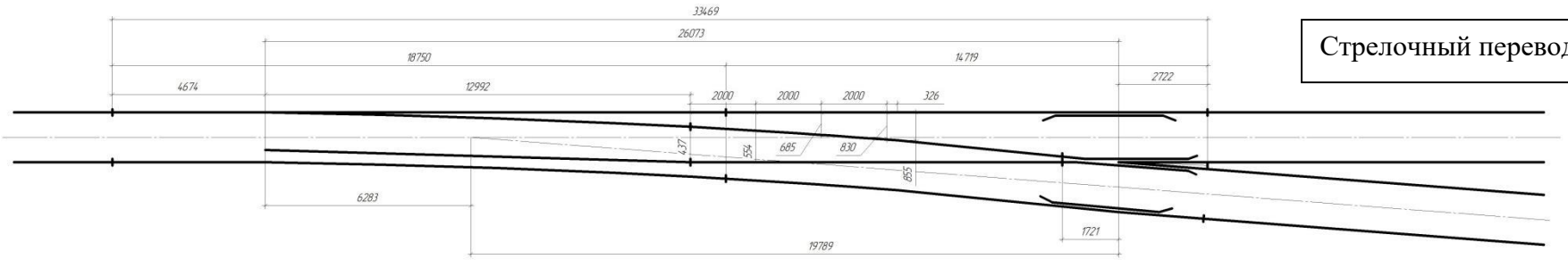
$$e = \frac{2750-1520}{2} = 615 \text{ (мм)}, \qquad (2.50)$$

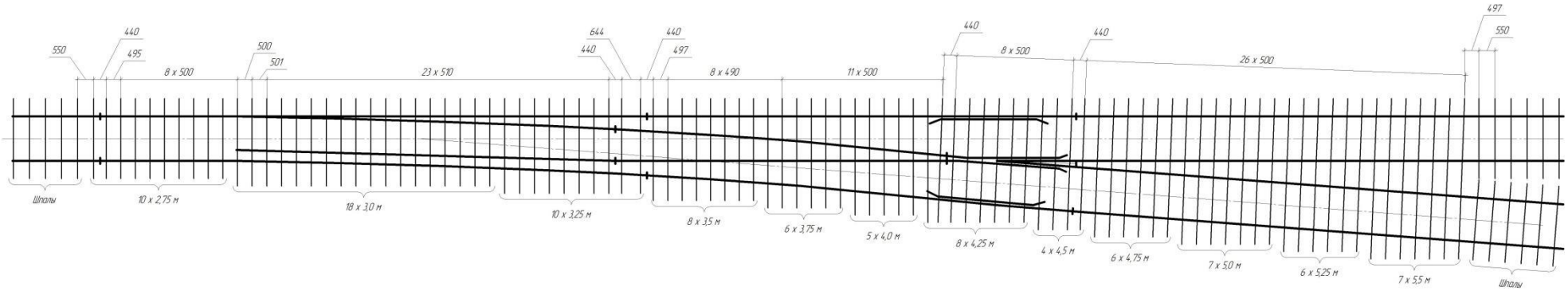
где 2750 - длина деревянной шпалы, мм;

1520 - ширина колеи, мм.

Схема разбивки стрелочного перевода и раскладка брусьев под переводом показаны на рисунке 2.9.

Стрелочный перевод марки 1/13





Спецификация рельсов

Длина, мм	Тип рельса	Количество, шт
18750	Р50	2
13000	Р50	2
14709	Р50	2
11393	Р50	1
11351	Р50	1

Спецификация брусьев

Длина брусьев, м	Тип	Количество, шт
2,75	дерево	10
3,0	дерево	18
3,25	дерево	10
3,5	дерево	8
3,75	дерево	6
4,0	дерево	5
4,25	дерево	8
4,5	дерево	4
4,75	дерево	6
5,0	дерево	7
5,25	дерево	6
5,5	дерево	7