## 1. Проектирование и расчет рельсовой колеи

В данном разделе курсового проекта определяются необходимое возвышение наружной рельсовой нити, ширина рельсовой колеи в круговой кривой при разных видах вписывания подвижного состава, разбивочные параметры переходной кривой, количество и порядок укладки укороченных рельсов на внутренней рельсовой нити.

Исходными данными для выполнения первой части курсового проекта являются:

- тип подвижного состава;
- радиус кривой, м;
- угол поворота линии, град.;
- вес, количество и скорость движения скоростных, пассажирских и грузовых поездов, т.

Пример задания представлен далее:

| Тип подв. ед. | Радиус | Угол пов. | Вес поезда | | | Кол. поездов | | | Скор. движ. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Скор | Пасс | Груз | Скор | Пасс | Груз | Скор | Пасс | Груз |
| ВЛ60 | 1001 | 20 | 634 | 986 | 3426 | 2 | 5 | 12 | 139 | 75 | 53 |

### 1.1 Определение возвышения наружного рельса в кривой

При движении экипажа по кривой появляется центробежная сила. Эта сила создает дополнительное давление колес на наружную рельсовую нить, в связи с чем рельсы на ней изнашиваются быстрее, возникают отбои нитей, увеличивается напряжение в рельсах, пассажиры испытывают неприятные ощущения. С целью нейтрализации вредного влияния центробежной силы на путь и на пассажиров наружная рельсовая нить приподнимается (возвышается) над внутренней. Возвышение наружного рельса в кривой заданного радиуса R производим по формуле:

$$h = K \cdot \frac{12.5 \cdot v_{\text{ср}}^2}{R}, \qquad (1.1)$$

где $K$ – коэффициент увеличения, возвышения наружного рельса, учитывающий смещения центра тяжести экипажа в сторону кривой. В курсовом проекте принимаем $K$=1;

$\upsilon_{cp}$ – среднеквадратическая средневзвешенная по тоннажу скорость, км/ч;

$R$ – радиус кривой, в м;

$$\upsilon_{cp} = \sqrt{\frac{\sum Q_i \cdot n_i . v_i{}^2}{\sum Q_i \cdot n_i}} \qquad (1.2)$$

где $n_i$ – число поездов одинакового веса, движущихся с одинаковой скоростью, в шт.;

$Q_i$ – масса поездов, в т.;

$\upsilon_i$ – фактические скорости движения поездов, км/ч;

Полученное возвышение наружного рельса проверяем по условию обеспечения комфортабельности езды пассажиров по формуле:

$$h = \frac{12.5 \cdot \upsilon_{max}^2}{R} - 115, \qquad (1.3)$$

$\upsilon_{max}$ – максимальная скорость поездов.

За окончательное значение возвышения принимаем большее из двух, но не более 150 мм. Величину расчетного возвышения округляем до значения кратного 5мм в большую сторону.

## 1.2 Определение оптимальной ширины колеи

### *1.2.1 Двухосная тележка*

*Определение оптимальной ширины колеи.*

При определении оптимальной ширины колеи за исходную принимают схему свободного вписывания. На рисунке 1.1 представлена схема такого вписывания для двухосной тележки.

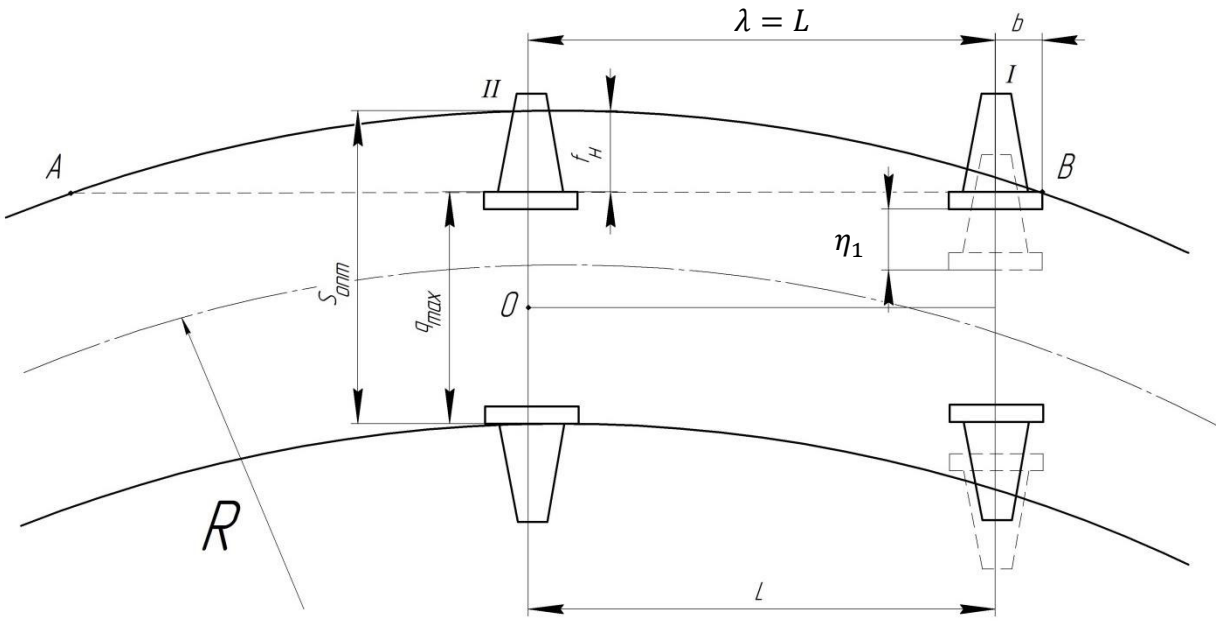



Рисунок 1.1 Схема свободного вписывания двухосной тележки в кривую

Для двухосной тележки принципиальная схема сохраняется такой же (без средней оси). Точкой 0 обозначен центр вращения тележки. При свободном вписывании он находится на задней оси и внутреннее колесо этой оси своим гребнем касается внутренней нити кривой, не взаимодействуя с ней. Оптимальная ширина колеи, $S_{опт}$ мм определяется по формуле:

$$S_{опт} = q_{max} + f_н - \eta_1 + 4, \qquad (1.4)$$

где $q_{max}$ – максимальная ширина колесной пары (для локомотивов и тепловозов $q_{max}=1509$ *мм*);

$f_н$ – стрела изгиба, мм, наружного рельса при хорде АВ;

*4* – допуск на сужение колеи.

Таблица 1.1 Параметры ходовых частей подвижного состава

| Тип экипажа | Конструкционная скорость V, км/ч | Радиус колеса по кругу катания r, см | Число осей в жесткой базе | Длина жесткой базы L, см | Поперечные разбеги $\eta$, мм, осей | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | крайних $\eta_1$ | средней у трехосной тележки $\eta_2$ |
| Электровозы переменного тока | | | | | | |
| ВЛ 60 | 120 | 62,5 | 3 | 460 | 1,0 | 15,5 |
| ВЛ 60$^{к}$ | 100 | 62,5 | 3 | 460 | 1,0 | 15,5 |
| ВЛ 80,ВЛ80$^{к}$ | 110 | 62,5 | 2 | 300 | 1,0 | - |
| ВЛ82$^{м}$ | 110 | 62,5 | 2 | 300 | 1,0 | - |
| Ф | 110 | 62,5 | 3 | 467 | 0 | 0 |
| Ф$^{п}$ | 160 | 62,5 | 3 | 484 | 0 | 0 |
| ЧС4$^{т}$ | 160 | 62,5 | 3 | 460 | 1,3 | 1,3 |
| К | 100 | 62,5 | 3 | 495 | - | - |
| ВЛ65 | 120 | 62,5 | 2 | 290 | 1 | - |
| Электровозы постоянного тока | | | | | | |
| ВЛ23 | 100 | 60 | 3 | 440 | 0 | 14 |
| ВЛ8 | 80 | 60 | 2 | 320 | 2,9 | - |
| ВЛ10 | 100 | 62,5 | 2 | 300 | 1,0 | - |
| ЧС1 | 120 | 62,5 | 2 | 333 | 0 | 0 |
| ЧС2$^{м}$,ЧС2$^{т}$ | 160 | 62,5 | 3 | 460 | 0 | 0 |
| ЧС3 | 120 | 62,5 | 2 | 333 | 0 | 0 |
| ЧС200 | 220 | 62,5 | 2 | 320 | 0 | 0 |
| Тепловозы | | | | | | |
| ТЭ7 | 140 | 52,5 | 3 | 420 | 1,5 | 14 |
| ТЭ3,ТЭ30 | 100 | 52,5 | 3 | 420 | 1,5 | 14 |
| 2ТЭ10Л | 100 | 52,5 | 3 | 420 | 1,5 | 14 |
| 2ТЭ10В | 100 | 52,5 | 3 | 370 | 1,5 | 14 |
| 2ТЭ116 | 100 | 52,5 | 3 | 370 | 1,5 | 14 |
| 2ТЭ121 | 100 | 52,5 | 3 | 440 | 1,5 | 14 |
| ТЭП10 | 140 | 52,5 | 3 | 420 | 1,5 | 14 |
| ТЭП60 | 160 | 52,5 | 3 | 460 | 0 | 19 |
| ТЭП70 | 160 | 52,5 | 3 | 430 | 1,5 | 14 |
| ТЭП75 | 160 | 61,0 | 3 | 430 | 1,5 | 14 |
| ТГ102К | 120 | 61,0 | 2 | 250 | 1,5 | - |

$$f_{н} = \frac{(\lambda+b)^2}{2R}, \qquad (1.5)$$

где $\lambda$ – расстояние от центра О вращения тележки до геометрической оси первой колесной пары, равное в данном случае длине жесткой базы L, мм;

R – радиус кривой, мм;

b – расстояние от оси первой колесной пары до точки касания гребня колеса с рельсом, определяемое по формуле:

$$b = \frac{\lambda(r+t)tg\tau}{R+S/2-(r+t)tg\tau}, \qquad (1.6)$$

где $r$ – радиус колеса, мм;

$t$ – расстояние от поверхности катания до точки прижатия гребня к боковой грани головки рельса (глубина касания); принимается равным 10 мм;

$\tau$ – угол наклона рабочей поверхности гребня колеса к горизонту, равный для нового вагонного колеса 60°, для локомотивных бандажей – 70°;

$S$ = 1520 мм.

Значения величин $L$, $r$, $\eta_1$, представлены в таблице 1.1.

Полученное значение $S_{опт}$ сравнивают с нормативным [$S$]. Если $S_{опт}$ < [$S$], то принимают нормативную ширину колеи. Если же $S_{опт}$ окажется больше [$S$], то необходимо определить минимально допустимую ширину колеи.

*Определение минимально допустимой ширины колеи.*

В этом случае за исходную принимают схему заклиненного вписывания (см. рис. 1.2).

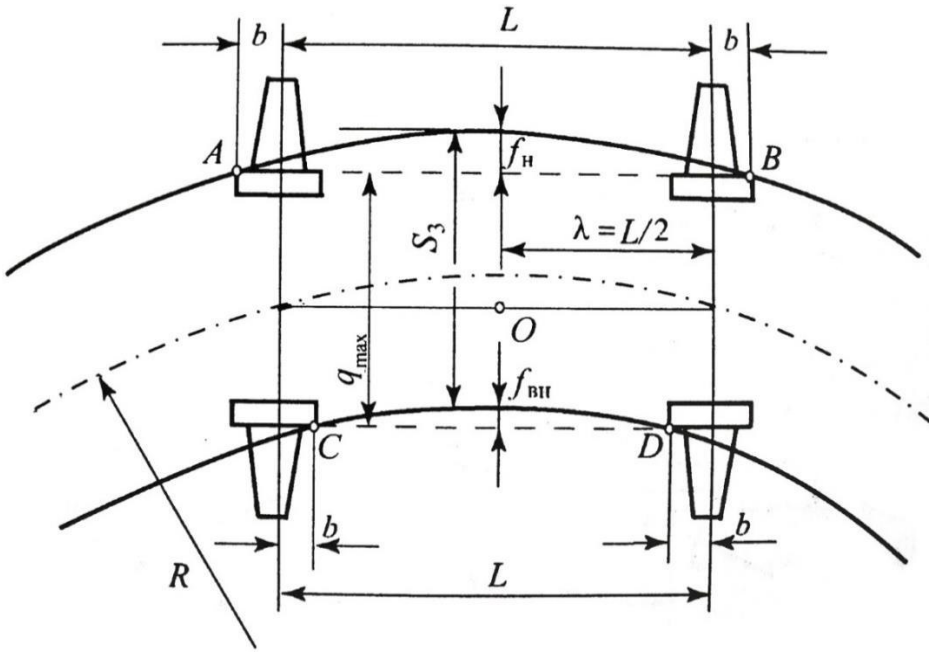



Рисунок 1.2 Схема заклиненного вписывания двухосной тележки в кривую

Учитывая, что заклиненное вписывание не допускается, к полученной по этим схемам ширине $S_з$ прибавляют величину зазора $\delta_{min}/2$ между боковой рабочей гранью рельса и гребнем колеса ($\delta_{min}$ = 5 мм для вагонных колес, $\delta_{min}$ = 7 мм для локомотивных колес). Для двухосной тележки (см. рис. 1.2) минимально допустимую ширину колеи $S_{min}$, мм, определяют из выражения:

$$S_з = q_{max} + f_н - f_в - \sum\eta_1 + \delta_{min}/2 + 4, \qquad (1.7)$$

где $f_н$ и $f_в$ – стрелы изгиба наружной и внутренней нитей кривой, отсчитываемые соответственно от хорд AB и CD, проведенных через точки касания колес с наружной и внутренней нитями;

4 – допуск на сужение колеи.

Величины их определяются по формулам:

$$f_н = \frac{(L+2b)^2}{8R}, \qquad (1.8)$$

$$f_в = \frac{(L-2b)^2}{8R}, \qquad (1.9)$$

$$b = \frac{L \cdot r}{2R} tg\tau. \qquad (1.10)$$

*1.2.2 Трехосная тележка*

*Определение оптимальной ширины колеи.*

Оптимальная ширина колеи, $S_{опт}$ мм определяется по формуле, аналогичной формуле при определении оптимальной ширины колеи для двухосной тележки (рисунок 1.3):

$$S_{опт} = q_{max} + f_н - \eta_1 + 4, \qquad (1.11)$$

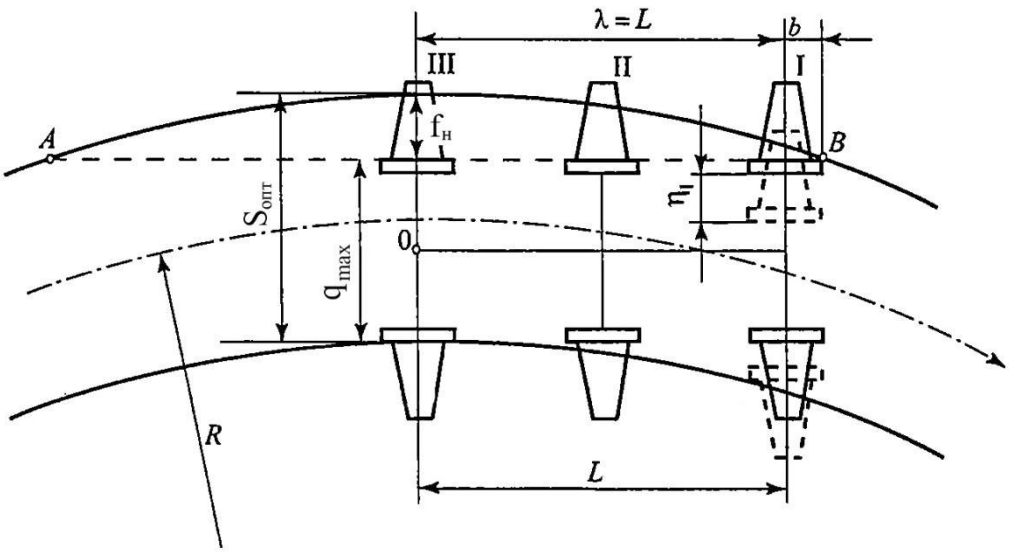



Рисунок 1.3 Схема свободного вписывания трехосной тележки в кривую

Полученное значение $S_{опт}$ сравнивают с нормативным [$S$]. Если $S_{опт}$ < [$S$], то принимают нормативную ширину колеи. Если же $S_{опт}$ окажется больше [$S$], то необходимо определить минимально допустимую ширину колеи.

*Определение минимально допустимой ширины колеи.*

Для трехосной тележки следует рассматривать два случая.

1. Трехосная тележка не имеет разбегов (рисунок 1.4).

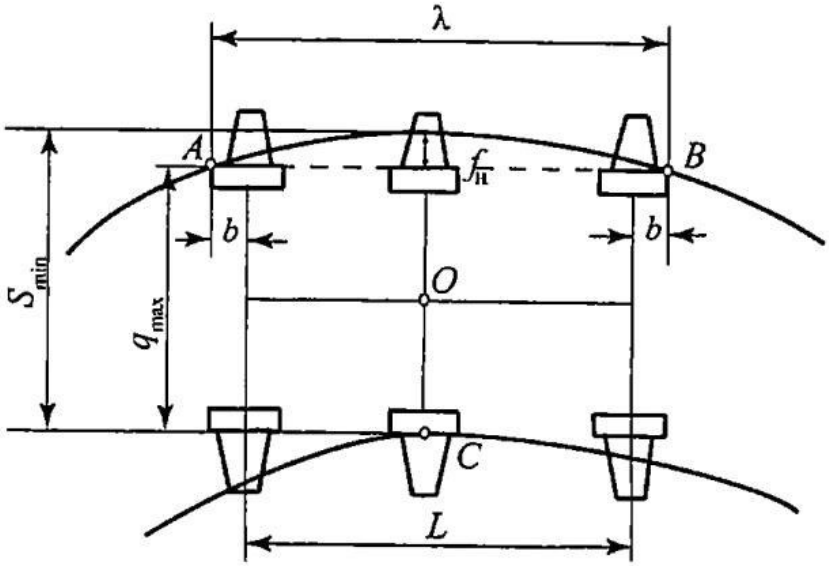



Рисунок 1.4 Схема заклиненного вписывания трехосной тележки в кривую без поперечных разбегов осей

В этом случае трехосная тележка будет заклинена в точках А, В и С и ширина колеи $S_{min}$ определится выражением:

$$S_{min} = q_{max} + f_н + 4 + \frac{\delta_{min}}{2} \leq [S] \quad (1.12)$$

2. Трехосная тележка имеет разбеги (рисунок 1.5).

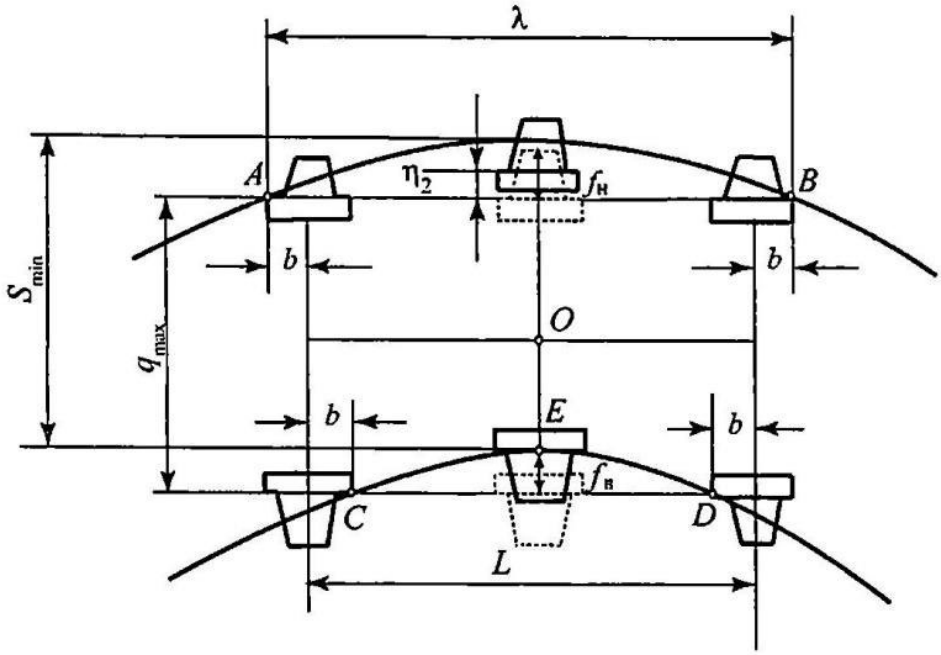



Рисунок 1.5 Схема заклиненного вписывания трехосной тележки в кривую с поперечными разбегами осей

Сумма разбегов определится по формуле:

$$\sum \eta_i = \eta_1 + \eta_2, \quad (1.13)$$

Где $\eta_1$- разбег крайних осей тележки, мм;

$\eta_2$- разбег средней оси тележки, мм.

Если $\sum \eta \geq f_в$, то тележка будет заклинена в точках А, В, С и D. Ширина колеи $S_{min}$ в этом случае определится выражением:

$$S_{min} = q_{max} + f_н - f_в + 4 + \frac{\delta_{min}}{2} \leq [S] \quad (1.14)$$

Если $\sum \eta < f_в$, то тележка будет заклинена в точках А, В и С. Ширина колеи $S_{min}$ в этом случае определится выражением:

$$S_{min} = q_{max} + f_н + 4 + \frac{\delta_{min}}{2} \leq [S] \quad (1.15)$$

Полученное значение $S_{min}$ необходимо сравнить с нормативной шириной колеи [$S$] для принятого радиуса R кривой. Если $S_{min}$ < [$S$], то принимается нормативная ширина колеи. Во всех случаях минимально допустимая ширина колеи $S_{min}$ не должна превышать максимальную ширину $S_{max}$, установленную ПТЭ и равную 1535 мм. Если же по расчетам окажется, что $S_{min}$ > [$S_{max}$ ], то необходимо увеличить радиус кривой, а при R ≤ 150 м предусмотреть установку контррельсов.

## 1.3 Проектирование переходных кривых

Прямые и круговые кривые во избежание внезапного возникновения центробежной силы плавно сопрягают с помощью переходных кривых (ПК). Основное назначение переходных кривых заключается в обеспечении плавного изменения центробежных сил при входе и выходе экипажа из круговой кривой (КК). На их протяжении осуществляются плавные отводы, вызванные наружной рельсовой нитью и уширением колеи в круговой кривой.

Длина переходной кривой $l_0$ определяется из условия равномерного отвода возвышения:

$$l_0 = \frac{h}{i}, \tag{1.16}$$

где $h$ – расчетное возвышение, мм;

$i$ – нормативный уклон отвода возвышения, выбирается в зависимости от скорости движения поездов по таблице 1.2.

Таблица 1.2 Допускаемые уклоны отвода возвышения наружного рельса в кривых

| Максимальный уклон отвода возвышения ($i$), мм/м | Допускаемая скорость движения поездов, км/ч | |
|---|---|---|
| | Пассажирских | Грузовых |
| 0,9 | 200 | 90 |
| 1,0 | 180 | 90 |
| 1,1 | 160 | 90 |
| 1,2 | 140 | 90 |
| 1,4 | 120 | 90 |
| 1,5 | 110 | 90 |
| 1,6 | 100 | 90 |

| Максимальный уклон отвода возвышения ($i$), мм/м | Допускаемая скорость движения поездов, км/ч | |
|---|---|---|
| | Пассажирских | Грузовых |
| 1,7 | 95 | 85 |
| 1,8 | 90 | 80 |
| 1,9 | 85 | 80 |
| 2,1 | 80 | 75 |
| 2,3 | 75 | 70 |
| 2,5 | 70 | 65 |
| 2,7 | 65 | 60 |
| 2,9 | 55 | |
| 3,0 | 50 | |
| 3,1 | 40 | |
| 3,2 | 25 | |
| более 3,2 | Закрытие движения | |

Расчетная длина переходной кривой округляется в большую сторону до значения кратного 10 м.

Определяем угол поворота линии в пределах переходной кривой:

$$\varphi = \frac{l}{2R}, \text{ (рад)} \tag{1.17}$$

Проверяем возможность разбивки ПК по зависимостям:

$$2\varphi < \beta \tag{1.18}$$

$$L_{кк} = R(\beta - 2\varphi) > 30 \tag{1.19}$$

Определяем обобщенный параметр переходной кривой

$$C = R \cdot l \tag{1.20}$$

Координаты $x$ и $y$ определяем по формуле:

$$x_к \approx l \tag{1.21}$$

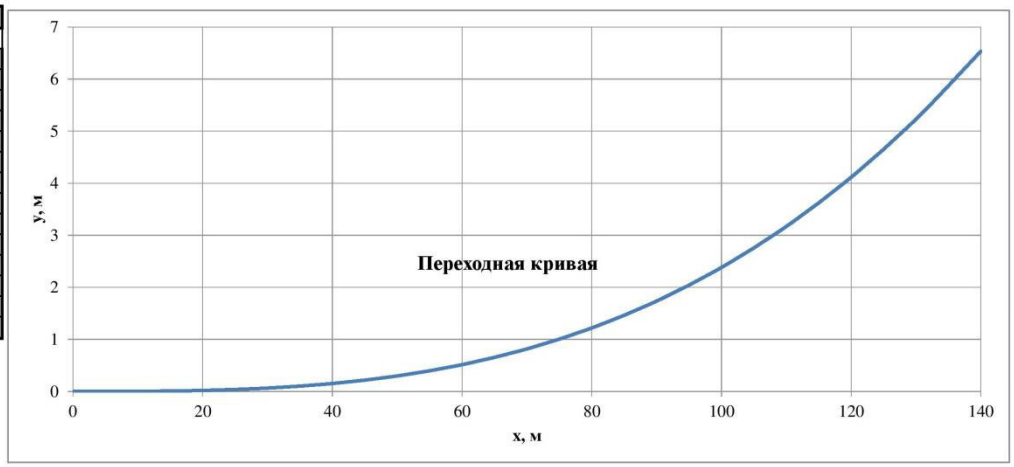
$$y_к \approx \frac{l^3}{6C} \tag{1.22}$$

Расчет промежуточных координат ПК ведется в табличной форме.

По результатам расчетов строим график переходной кривой.

Пример расчета промежуточных координат и графика ПК представлен далее:

| x | y |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 10 | 0.00238095 |
| 20 | 0.01904762 |
| 30 | 0.06428571 |
| 40 | 0.15238095 |
| 50 | 0.29761905 |
| 60 | 0.51428571 |
| 70 | 0.81666667 |
| 80 | 1.21904762 |
| 90 | 1.73571429 |
| 100 | 2.38095238 |
| 110 | 3.16904762 |
| 120 | 4.11428571 |
| 130 | 5.23095238 |
| 140 | 6.53333333 |




## 1.4 Расчет числа и порядка укладки укороченных рельсов на внутренней нити кривой

В связи с тем, что в пределах кривых радиус внутренней рельсовой нити несколько меньше радиуса наружной рельсовой нити, то длина внутренней нити меньше наружной рельсовой нити.

Для компенсации этой разницы и обеспечения укладки рельсовой нитей с положением стыков по одной нормали к продольной оси пути по внутренней нити кривой укладывают укороченные рельсы.

В виду невозможности обеспечить точное расположение «понаугольнику» стыков по внутренней и наружной нитям допускается забег на величину не более половины принятого стандартного укорочения $\pm K_i$.

В курсовом проекте для выбора величины $K_i$ руководствуются длиною рельса и величиной $R$ кривой.

В РФ при длине рельса 25м приняты следующие типы укорочения:

$К_1$=80 мм, $К_2$=160 мм;

Минимальная величина стандартного укорочения $К_1$=80 мм соответствует R≥500 м, а при R<500 м – $К_2$=160 мм.

Рассмотрим расчет количества рельсов нормальной длины, укладываемых на наружную рельсовую нить.

Точка НПК$_1$ делит рельс на две части, где $a_1$ – это часть рельса находящегося в прямом участке, $a_2$ – это часть рельса, находящаяся в переходной кривой.

В учебных целях $a_2$ принимаем в пределах 1–24 м ($a_2$=5 м), тогда

$$a_1=25,01 - a_2 \quad (1.23)$$

$$a_1 = 25,01 - 5 = 20,01 \text{ (м)}$$

Определяем количество рельсов нормальной длины на наружной нити, укладываемых в пределах 1$^{\underline{ой}}$ переходной кривой по формуле:

$$n_1 = (L - a_2)/25,01 \text{(шт.)} \quad (1.24)$$

$$n_1 = (120\text{-}5)/25,01 = 4,6 \text{ (шт.)}$$

Остаток при делении 0,6 есть $b_1$ – это часть длины последнего рельса переходной кривой. $b_1$= 25,01·0,6=15 (м).

$b_2$ – длина последнего рельса переходной кривой, перешедшая на круговую кривую.

$$b_2 = 25,01 - b_1, \text{ (м)} \quad (1.25)$$

$$b_2 = 25,01 - 15 = 10,01 \text{ (м)}$$

Определяем количество рельсов в пределах круговой кривой:

$$n_2 = (L_{кк.} - b_2)/25,05 \text{ (шт.)} \quad (1.26)$$

$$n_2 = (345 - 10,01)/25,01 = 13,39 \text{ (шт.)}$$

Остаток при делении 0,39 есть $c_1$ – часть длины последнего рельса круговой кривой, находим $c_2$ – длину последнего рельса круговой кривой, перешедшую на вторую переходную кривую.

$$c_1 = 25,01 \cdot 0,39 = 9,75 \text{ (м)}$$

$$c_2 = 25,01 - 9,75 = 15,26 \text{ (м)}$$

Определяем количество рельсов нормальной длины на наружной нити, укладываемых в пределах 2$^{\underline{ой}}$ переходной кривой по формуле:

$$n_3 =(L - C_2)/25,01 \text{ (шт.)} \quad (1.27)$$

$$n_3 = (120 - 15,26)/25,01 = 4,19 \text{ (шт.)}$$

Остаток при делении 0,19 есть $d_1$ – часть длины последнего рельса второй переходной кривой. Находим $d_2$ – вторая часть рельса, находящаяся на прямом участке пути.

$d_1 = 25{,}01 \cdot 0{,}19 = 4{,}75$ (м)

$d_2 = 25{,}01 - d_1$, (м)

$d_2 = 25{,}01 - 4{,}75 = 20{,}06$ (м)

Проверяем правильность расчета и укладки количества рельсов стандартной длины:

$$N = (a_1 + L_{кк} + 2l_o + d_2)/25{,}01 \text{ (шт.)} \quad (1.28)$$

$N = (20{,}01+345+2 \cdot 120+20{,}06)/25{,}01 = 25$ (шт.)

Для определения количества и порядка укладки укороченных рельсов по внутренней нити в начале определяем суммарное укорочение внутренней нити на рассматриваемой системе кривых по формуле:

$$E_П = \frac{S_0}{R}(L_0 + L_{КК}) \text{ (мм)}, \quad (1.29)$$

где $S_0$ – расстояние между осями головок рельсов (1600 мм).

$$N_y = E_n / K \quad (1.30)$$

где $E_n$ -полное суммарное укорочение в пределах ветки;

$K$ – стандартное укорочение.

Пример расчета порядка укладки укороченных рельсов представлен в таблице 1.3.

Для расчета укорочения в пределах переходной кривой применяется формула:

$$E_{пк} = S_0 \frac{l_{пк}^2 - l_{пк-1}^2}{2C}, \quad (1.31)$$

где $l_{пк}$ – участок ПК от начала или конца ее, включая рельс, для которого определяется укорочение;

$l_{пк-1}$ – участок ПК от начала или конца ее, за вычетом длины этого рельса.

Для расчета укорочения в круговой кривой применяется формула:

$$E_{кр} = S_0(L/R) \quad (1.32)$$

Забег или отставание считается по формуле

$$З_n = З_{n-1} + E - K, \qquad (1.33)$$

где $З_n$ – это забег в рассматриваемом стыке;

$З_{n-1}$ – это забег в предыдущем стыке со своим знаком, («+», «-»);

$E$ – расчетное укорочение рельса или его части на рассматриваемом участке;

$K$ – стандартное укорочение рельса.

Если $\sum(З_{n-1}+E)$ не превышает половины стандартного укорочения, то величина $K$ в данную формулу не вводится, и в этом случае на внутреннюю нить укладывается нормальный рельс.

Таблица 1.3 Расчет числа и порядка укладки укороченных рельсов

| Границы элементов пути в плане | Номера рельсов | Длина рельсов, м | Расчетные укорочения элементов пути, мм | Забеги или отставания стыков, мм | Порядок укладки рельсов |
|---|---|---|---|---|---|
| Прямая | 1($a_1$) | - | - | - | - |
| НПК$_1$ | 1($a_2$) | 5 | $1{,}6(5^2 - 0^2)/120=0{,}3$ | 0,3 | норм |
| | 2 | 25,01 | $1{,}6(30{,}01^2 - 5^2)/120=11{,}7$ | 0,3+11,7= 12 | норм |
| | 3 | 25,01 | $1{,}6(55{,}02^2 - 30{,}01^2)/120=28{,}4$ | 12+28,4-80= -39,6 | укор |
| | 4 | 25,01 | $1{,}6(80{,}03^2 - 55{,}02^2)/120=45{,}0$ | -39,6+45= 5,4 | норм |
| | 5 | 25,01 | $1{,}6(105{,}04^2 - 80{,}03^2)/120=61{,}7$ | 5,4+61,7-80= -12,9 | укор |
| КПК$_1$ | 6($b_1$) | 15 | $1{,}6(120{,}04^2 - 105{,}04^2)/120=45{,}0$ | -12,9+45+ 16,9-80 = -31 | укор |
| НКК | 6($b_2$) | 10,01 | 1,6(10,01/0,95)=16,9 | | |
| ККК | 7 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -31+42,1= 11,1 | норм |
| | 8 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 11,1+42,1-80 = -26,8 | укор |
| | 9 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -26,8+42,1= 15,3 | норм |
| | 10 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 15,3+42,1-80 = -22,6 | укор |
| | 11 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -22,6+42,1= 19,5 | норм |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 19,5+42,1 -80 = -18,4 | укор |
| | 13 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -18,4+42,1= 23,7 | норм |
| | 14 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 23,7+42,1- 80 = -14,2 | укор |
| | 15 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -14,2+42,1= 27,9 | норм |
| | 16 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 27,9+42,1- 80 = -10 | укор |
| | 17 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -10+42,1= 32,1 | норм |
| | 18 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | 32,1+42,1- 80 = -5,8 | укор |
| | 19 | 25,01 | 1,6(25,01/0,95)=42,1 | -5,8+42,1= 36,3 | норм |
| | 20($c_1$) | 9,75 | 1,6(9,75/0,95)=16,4 | 36,3+16,4+ 3,1-80 = - 24,2 | укор |
| НПК$_2$ | 20($c_2$) | 15,26 | 1,6(15,26$^2$ – 0$^2$)/120=3,1 | | |
| | 21 | 25,01 | 1,6(40,27$^2$ – 15,26$^2$)/120=18,5 | -24,2+18,5= -5,7 | норм |
| | 22 | 25,01 | 1,6(65,28$^2$ – 40,27$^2$)/120=35,2 | -5,7+35,2= 29,5 | норм |
| | 23 | 25,01 | 1,6(90,29$^2$ – 65,28$^2$)/120=51,9 | 29,5+51,9- 80 = 1,4 | укор |
| КПК$_2$ | 24 | 25,01 | 1,6(115,3$^2$ – 90,29$^2$)/120=68,6 | 1,4+68,6- 80 = -10 | укор |
| | 25($d_1$) | 4,75 | 1,6(120,05$^2$ – 115,3$^2$)/120=14,9 | -10+14,9= 4,9 | норм |
| Прямая | 25($d_2$) | 20,06 | - | - | - |

$\mathbf{N_y}$ = 12 – число укороченных рельсов

Вывод: в кривой данного радиуса на внутреннюю рельсовую нить укладывается 12 укороченных рельсов.

Схема раскладки укороченных рельсов показана на рисунке 1.6.

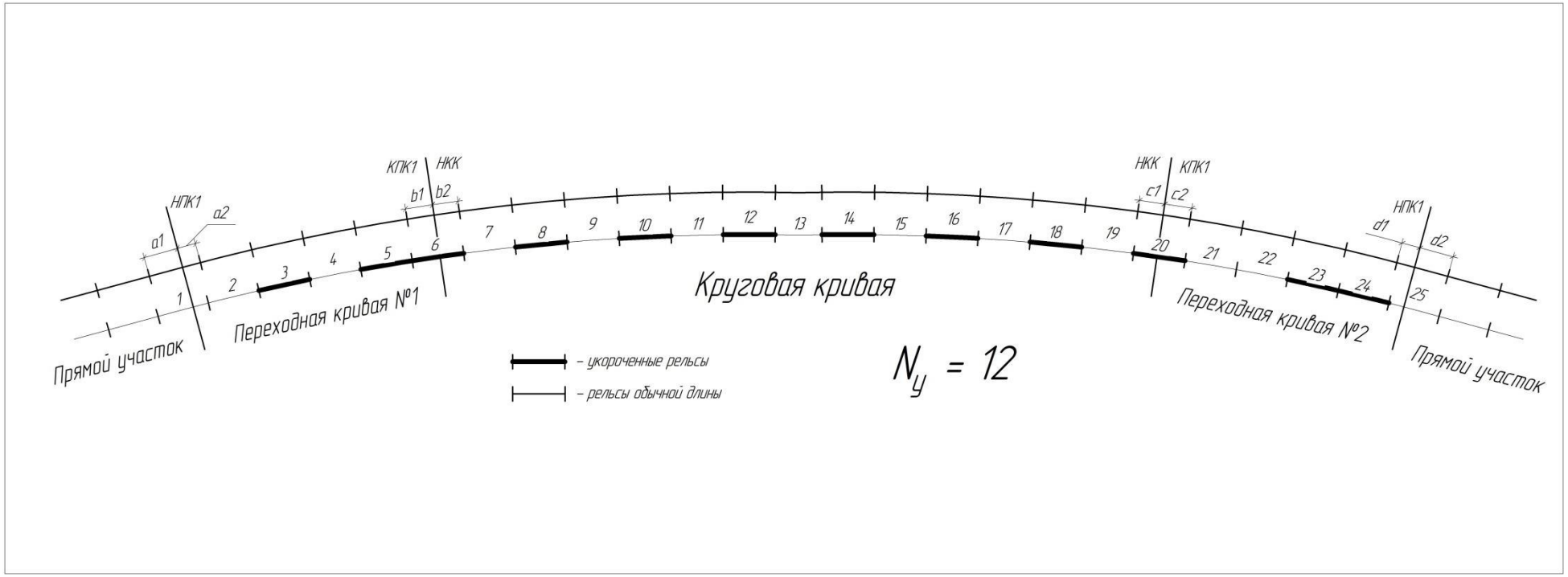



Рисунок 1.6 Схема раскладки укороченных рельсов