

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ
Расчет и проектирование обыкновенного одиночного
стрелочного перевода

Методические указания к выполнению курсового проекта и практических заданий для студентов IV курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород
2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ
Расчет и проектирование обыкновенного одиночного
стрелочного перевода

Методические указания к выполнению курсового проекта и практических заданий для студентов IV курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород
2012

УДК 625(07)
ББК 39.211 я 7
Ж51

Составители: канд. техн. наук, ст. преп. Н.В. Селицкая
асс. А.В. Сачкова

Рецензент: канд. техн. наук, доц. А.Н. Котухов

Ж51 Расчет и проектирование обыкновенного одиночного стрелочного перевода: методические указания к выполнению курсового проекта и практических заданий для студентов IV курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта» / сост.: Н.В. Селицкая, А.В. Сачкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 33 с.

Методические указания составлены по дисциплине «Железнодорожный путь» в соответствии с учебной программой на базе учебной литературы и нормативных документов по проектированию и расчету стрелочного перевода.

В методических указаниях кратко изложены теоретические основы расчетов и индивидуального проектирования обыкновенного одиночного стрелочного перевода. Порядок изложения материала соответствует последовательности написания и расчетов в курсовом проекте.

Методические указания предназначены для студентов IV курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625(07)
ББК 39.211 я 7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2012

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях изложены теоретические основы и, на конкретных примерах, методика расчета и проектирования одиночного обыкновенного стрелочного перевода.

Соединение путей осуществляется стрелочными переводами - одиночными, двойными и перекрестными. Геометрические параметры конструкций соединения путей должны быть такими, чтобы обеспечивать безопасное и бесперебойное движение поездов с установленными скоростями движения и нагрузками на оси подвижного состава. Проектируемые конструкции должны быть экономически рациональными, а их длины минимальными.

При проектировании соединений путей должны быть строго выполнены требования Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [1].

В данных указаниях рассматривается проектирование одиночного обыкновенного стрелочного перевода.

Порядок изложения материала в указаниях соответствует последовательности написания и расчетов курсового проекта, включающего в себя:

- расчет основных параметров стрелки, крестовины и контррельсов, геометрических размеров стрелочного перевода;
- разработку эпюры стрелочного перевода.

На основании расчета вычерчивается эпюра стрелочного перевода, где указывается спецификация переводных брусьев и рельсов.

Исходные данные к курсовому проекту выдаются на отдельном бланке руководителем.

Тип рельсов стрелочного перевода принимается согласно выбранной конструкции пути при выполнении курсовой работы предыдущего семестра.

В курсовом проекте при расчетах следует выполнять округление:

- линейные размеры (длины элементов стрелочного перевода) – до миллиметров;
- углы (в радианах) – до четвертого знака после запятой.

Результаты расчетов и проектирования рельсовой колеи должны быть представлены в виде пояснительной записки, выполненной на компьютере. В тексте делаются необходимые ссылки на рисунки и таблицы, указываются окончательные результаты расчетов и является их анализ.

Построение пояснительной записки выполняется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- содержание;
- цель расчета и проектирования;
- расчетные схемы и методики расчетов и проектирования с обоснованием применяемых формул;
- анализ полученных результатов и сравнение их с типовыми аналогичными решениями;
- список литературы.

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОДИНОЧНОГО ОБЫКНОВЕННОГО СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА

К основным частям одиночного обыкновенного стрелочного перевода (рис. 1) относят: стрелку, соединительную часть, крестовинную часть и комплект переводных брусьев.

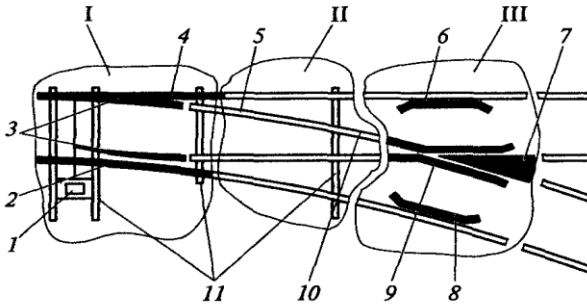


Рис. 1 — Основные части одиночного обыкновенного стрелочного перевода:

I — стрелка; II — соединительные пути; III — комплект крестовинной части; 1 — переводной механизм; 2, 4 — рамные рельсы; 3 — остряки; 5 — упорная нить переводной кривой; 6, 8 — контррельсы; 7 — сердечник крестовины; 9 — усовик; 10 — конец переводной кривой; 11 — переводные брусья

1.1 Основные параметры стрелки

1.1.1 Выбор формы криволинейного остряка

Криволинейные остряки могут быть касательного и секущего типов. Остряк касательного типа примыкает к рамному рельсу по касательной прямой. Рабочий кант остряка секущего типа (рис. 2) пересекает рабочий кант рамного рельса под углом β_n , который называется *начальным углом остряка*. Угол β , образованный рабочим кантом рамного рельса и касательной к рабочему канту остряка в его корне, называется *стрелочным углом*. Остряки касательного типа имеют более тонкое и менее мощное острие, чем остряки секущего типа. В связи с этим отечественные стрелки имеют остряки секущего типа.

Остряки могут быть одинарной кривизны с радиусом R_0 0, равным радиусу переводной кривой R , но наибольшее применение находят остряки с двойной кривизной, у которых радиус начальной части R_0 больше радиуса второй части R_0 , а радиус второй части остряка R_0 обычно равен радиусу переводной кривой (т.е. $R_0 = R$).

В курсовом проекте следует применять остряки двойной кривизны.

1.1.2 Расчет радиусов остряков и стрелочных углов

Расчетная схема для установления геометрических размеров стрелки приведена на рисунке 2.

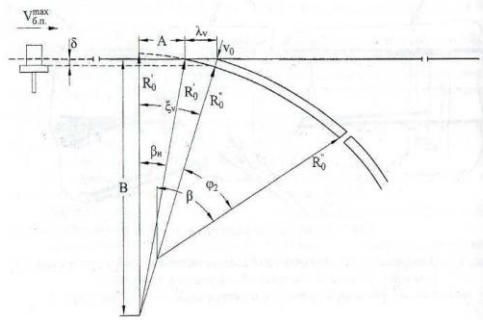


Рис. 2 – Схема геометрических параметров стрелки

Синус начального стрелочного угла определяется по формуле:

$$\sin \beta_n = \frac{1}{V_{\delta.n.}^{\max}} \cdot \sqrt{W_0^2 - 2 \cdot \delta_{\max} \cdot \gamma_0'}, \quad (1)$$

где $V_{\delta.n.}^{\max}$ – наибольшая скорость движения на боковой путь, м/с;

W_0 – допустимое значение кинетической энергии при соударении реборды колеса и остряка, м/с;

$\delta_{\max}$ – максимально вероятный зазор между гребнем колеса и рамным рельсом, (при ширине колеи 1520 мм $\delta_{\max} = 0,036$ м), м;

γ_0' – наибольшее допускаемое значение центробежного ускорения, возникающего в начале остряка при переходе к очертанию остряка с радиусом R_0' , м/с².

Начальный стрелочный угол равен

$$\beta_n = \arcsin(\beta_n) \rightarrow \cos \beta_n. \quad (2)$$

Пример перевода величины угла из радианной меры в градусную и наоборот приведен в приложении 2.

Радиус в начальной части остряка

$$R_0' = \frac{V_{\delta.n.}^{\max 2}}{\gamma_0'}. \quad (3)$$

Радиус во второй части остряка

$$R_0'' = \frac{V_{б.п.}^{\max 2}}{\gamma_0''}, \quad (4)$$

где γ_0'' – наибольшее допускаемое значение центробежного ускорения, возникающего в начале остряка при переходе к очертанию остряка с радиусом R_0'' , м/с².

Величина вертикальной проекции радиуса R_0'

$$B = R_0' \cos \beta_n. \quad (5)$$

Величина горизонтальной проекции радиуса R_0'

$$A = R_0' \sin \beta_n. \quad (6)$$

Угол конца боковой строжки остряка ξ_V

$$\cos \xi_V = \frac{B}{R_0' + V_0}, \quad (7)$$

$$\xi_V = \arccos(\xi_V) \rightarrow \sin \xi_V, \quad (8)$$

где V_0 – полная ширина головки острякового рельса на уровне, определяемом вершиной прижатого к рамному рельсу остряка в его начале, для рельсов типа Р50, Р65 и Р75 значение принимается соответственно равным 0,070, 0,0728 и 0,0724 м.

Величина горизонтальной строжки головки остряка

$$\lambda_V = (R_0' + V_0) \sin \xi_V - A. \quad (9)$$

Угол между концом боковой строжки остряка и его корнем:

$$\varphi_2 = \frac{180 \cdot (l_{остр} - \lambda_V)}{\pi \cdot R_0''}, \quad (10)$$

где $l_{остр}$ – длина криволинейного остряка, м.

Полный стрелочный угол β равен:

$$\beta = \xi_V + \varphi_2, \sin \beta \rightarrow \cos \beta. \quad (11)$$

1.1.3 Определение марки стрелочного перевода

Основным параметром стрелочного перевода является его марка, которая связана с углом крестовины α . Угол крестовины α можно определить из уравнения проекции расчетного контура ABCD (рис. 3) на вертикальную ось:

$$S_{II} = R_0' \cdot (\cos \beta_n - \cos \xi_V) + R_0'' \cdot (\cos \xi_V - \cos \alpha) + d \cdot \sin \alpha, \quad (12)$$

где S_{II} – ширина колеи по прямому участку пути, $S_{II} = 1520$ мм;

d – ямой вставки, м.

Минимальная длина прямой вставки d назначается из конструктивных соображений (рис. 4).

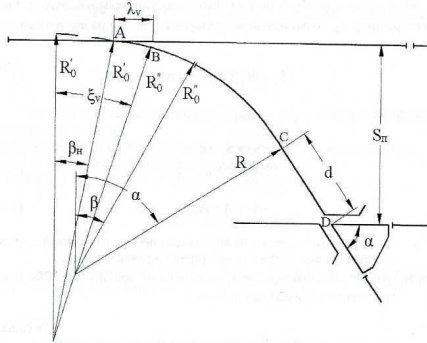


Рис. 3 – Схема определения марки крестовины

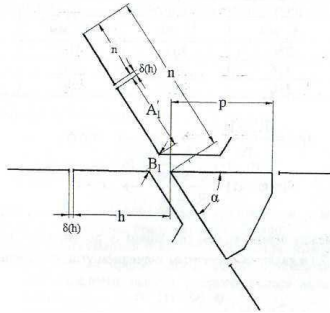


Рис. 4 – Схема определения минимальной длины прямой вставки

Угол крестовины α находится через дополнительный угол φ . Определяют ординату δ_R точки изменения радиуса R_0' на R_0'' по следующей формуле:

$$\delta_R = R_0' \cdot (\cos \beta_n - \cos \xi_V), \quad (13)$$

Для контроля: $\delta_R \approx V_0$,

$$S_1 = S_{II} - \delta_R, \quad (14)$$

$$C = R_0'' \cdot \cos \xi_V - S_1, \quad (15)$$

$$A_1 = n + A_1', \quad (16)$$

где n – размер прямой вставки между концом переводной кривой и стыком в переднем вылете крестовины (принять равным $n = 2$ м);

$A_1' B_1$ – расчетные характеристики, зависящие от конструкции крестовины, их значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные характеристики для определения марки крестовины

Тип перевода	Конструкция крестовин			
	Сборная с литым сердечником		Цельнолитая	
	A_1' , мм	B_1 , мм	A_1 , мм	B_1 , мм
P50	356	263	416	64
P65	316	283	406	64
P75	316	299	406	64

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_0'' - B_1}{A_1} \rightarrow \varphi \rightarrow \sin \varphi, \quad (17)$$

$$\sin(\varphi - \alpha) = \frac{C \cdot \sin \varphi}{R_0'' - B_1} \rightarrow \varphi - \alpha. \quad (18)$$

Разность между вычисленным значением φ (17) и $\varphi - \alpha$ (18) и является расчетным значением угла крестовины α :

$$\varphi - (\varphi - \alpha) = \alpha. \quad (19)$$

Значение $\operatorname{tg} \alpha$ в виде правильной дроби и представляет собой марку стрелочного перевода M :

$$M = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{N}. \quad (20)$$

Знаменатель марки стрелочного перевода N округляют в большую сторону до целого значения.

По принятой марке стрелочного перевода M уточняют параметры:

- угол α определяется по табл. 1 прил. 2;
- длина прямой вставки d определяется по формуле:

$$d = \frac{S_1 - R_0''(\cos \xi_v - \cos \alpha)}{\sin \alpha}. \quad (21)$$

Далее необходимо выполнить контроль правильности принятия значений α и d по формуле 13, при условии, что $S_{\pi} = 1520$ мм.

1.1.4 Расчет длины рамного рельса

Длина рамного рельса l_{pp} в стрелочных переводах с двойной кривизной (рис. 5) определяется по формуле:

$$l_{pp} = m_1 + l'_0 + m_2. \quad (22)$$

Передний вылет рамного рельса m_1 находится из условия рациональной раскладки переводных брусьев по формуле:

$$m_1 = \frac{C - \delta}{2} + n_1 \cdot b - m_0, \quad (23)$$

где C – нормальный стыковой пролет, принимается равным при рельсах Р75 и Р65 $C = 420$ мм, при Р50 $C = 8$ мм;

δ – нормальный стыковой зазор, принимается равным 8 мм;

b – промежуточный пролет между осями брусьев под стрелкой, при расчете переднего вылета рамного рельса, принимается равным $b = 500$ мм;

m_0 – расстояние от оси первого флюгарочного бруса до острия остряка, принять равным 41 мм;

n_1 – число промежуточных пролетов под передним вылетом рамного рельса. В курсовом проекте принимается: при марке крестовины M до 1/9, $n_1 = 5$; при марке M от 1/9 до 1/11, $n_1 = 7$; при марке M более 1/11, $n_1 = 9$.

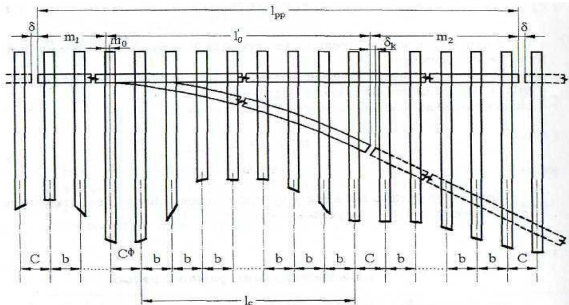


Рис. 5 – Схема определения длины рамного рельса

Задний выступ рамного рельса m_2 устанавливается исходя из возможности и удобства монтажа корневого крепления остряка и стыкового крепления рамного рельса по формуле:

$$m_2 = \frac{(C_k - \delta_k)}{2} + n_2 \cdot b + \frac{(C - \delta)}{2},$$

(24)

где C_k – расстояние между осями в корне остряка, принимается равным C ;

δ_k – стыковой зазор в корне остряка, принимается равным 4 – 6 мм и $\delta_k = 0$ мм;

n_2 – количество промежуточных пролетов под задним вылетом рамного рельса, принимается, $n_2 = 2$.

Проекция криволинейного остряка l_0 на рабочую грань рамного рельса, определяется по формуле:

$$l_0' = R_0' \cdot (\sin \xi_V - \sin \beta_H) + R_0'' \cdot (\sin \beta - \sin \xi_V), \quad (25)$$

при этом обязательно должно выполняться условие $l_0' \leq l_{остр}$.

Причем, разница между l_0' и $l_{остр}$ должна быть несколько миллиметров.

1.1.5 Проектирование раскладки переводных брусев под стрелкой

Для распределения переводных брусев считается только часть рамного рельса l_C , в остальных геометрических элементах стрелки (m_1 и m_2) количество пролетов и их величина принята согласно расчетам. Длина l_C определяется по формуле:

$$l_C = l_{pp} - m_1 - m_2 - m_0 - C_\phi - \frac{(C - \delta_k)}{2}, \quad (26)$$

где C_ϕ – расстояние между осями флюгарочных брусев, $C_\phi = 675$ мм.

Число пролетов под этой частью стрелки определяется по табл. 2 прил. 2. Число пролетов n_C должно быть целым числом, величина b_C должна быть кратна 5 мм и находиться в пределах 500 – 545 мм. Часть пролетов может быть не кратной 5 мм. В трудных условиях разрешается устанавливать предстыковые пролеты b_C меньше 500 мм, но не меньше величины C .

1.2 Расчет крестовины и контррельсов

1.2.1 Минимальная длина сборной крестовины с литым сердечником

Длина крестовины (рис. 6) складывается из минимальных длин ее передней $h_{\min}$ и $p_{\min}$ хвостовой частей. Математическим центром крестовины C называется точка пересечения продолжения рабочих пролетов сердечника крестовины.

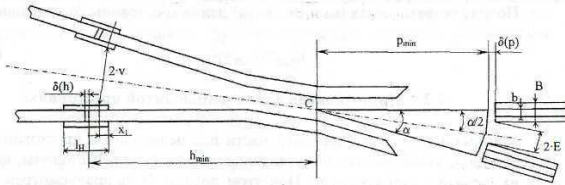


Рис. 6 – Схема определения минимальной длины сборной крестовины с литым сердечником

Значения $h_{\min}$ и $p_{\min}$ находят из условия, чтобы выступающие за головку рельса детали стыка на одной рельсовой нити не мешали расположению деталей стыка на другой нити, и чтобы были возможности установки, смены и содержания в исправности этих деталей и стыка в целом. При этом не допускается строжка путевых рельсов, примыкающих к крестовине. При расчете передней части крестовины $h_{\min}$ определяющим является условие постановки первого болта в переднем стыке крестовины при двухголовых накладках.

$$h_{\min} = (B - b + 2v) \cdot N + \frac{l_H}{2} - x_1 - \frac{\delta(h)}{2}, \quad (27)$$

$$p_{\min} = (B + b + 2E) \cdot N, \quad (28)$$

где B – ширина подошвы рельса, мм;

b – ширина головки рельса, мм;

$2v$ – расстояние между подошвами усовых рельсов, обеспечивающих нормальную постановку или снятие первого болта, мм;

l_H – длина двухголовой накладки, мм;

x_1 – расстояние от торца накладки до оси первого стыка отверстия, мм;

$2E$ – конструктивное расстояние между подошвами рельсов в хвосте крестовины, $2E = 5$ мм;

N – показатель марки крестовины.

При расчетах $h_{\min}$ и $p_{\min}$ величины стыковых зазоров $\delta(h)$ и $\delta(p)$ принимаются равными нулю для уменьшения ударного эффекта при проходе колес по крестовине. Геометрические размеры, необходимые для расчета, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Данные для расчета минимальных размеров крестовин

Тип рельсов	B , мм	b , мм	$2v$, мм	l_H , мм	x_1 , мм
P50	132	70	185	920	50
P65	150	73	173	800	80
P75	150	72	200	800	80

Полная теоретическая (минимальная) длина крестовины будет равна:

$$l_{теор} = h_{\min} + p_{\min}. \quad (29)$$

1.2.2 Минимальная длина цельнолитой крестовины

Минимальную длину передней части $h_{\min}$ цельнолитой крестовины принимают такой, чтобы накладки, устанавливаемые с внешней стороны, не заходили на первый изгиб усовиков. При этом должен быть предусмотрен конструктивный запас $\lambda_{\min}$, обеспечивающий свободную установку накладок с учетом допусков в изготовлении, как накладок, так и усовиков (рис. 7). Расстояние между рабочими гранями усовиков в месте их первого изгиба называется *горлом крестовины* и обозначается t_r .

Минимальная длина хвостовой части цельнолитой крестовины находится из тех же условий, что и сборной крестовины с литым сердечником (по формуле 28).

Согласно расчетной схеме $h_{\min}$ определяется по формуле:

$$h_{\min} = N \cdot t_r + \lambda_{\min} + \frac{(l_H - \delta(h))}{2}, \quad (30)$$

где t_r – горло крестовины, $t_r = 62$ мм;

$\lambda_{\min}$ – конструктивный запас, $\lambda_{\min} = 15$ мм.

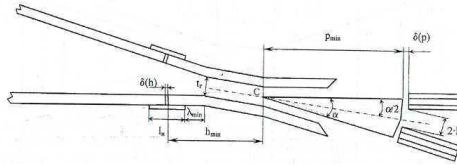


Рис. 7 – Схема определения минимальной длины цельнолитой крестовины

Полная теоретическая (минимальная) длина крестовины определяется по формуле 29.

1.2.3 Практическая длина крестовины

Полученные значения $h_{\min}$ и $p_{\min}$ должны быть откорректированы исходя из равномерного распределения переводных брусков и рационального размещения крепежных деталей. При этом практическая длина крестовины l_{np} должна быть не меньше теоретической длины, но не более чем на величину одного пролета или одного расстояния между осями брусков b_i и должны выполняться условия:

$$l_{теор} \leq l_{np} \leq l_{теор} + b_i, \quad (31)$$

$$h_{\min} \leq h; p_{\min} \leq p \quad (32)$$

При определении практической длины крестовины должны быть выполнены следующие условия:

- бруска в пределах крестовины располагаются по нормали к биссектрисе угла крестовины α ;
- расстояние между осями брусков b_i принимается равным в пределах 500 – 545 мм (кратно 5 мм);
- бруска под крестовиной должны располагаться так, чтобы сечение сердечника в 20 мм располагалось на оси переводного бруса;
- расстояние между осями стыковых брусков C принимают равным 440 мм при рельсах Р50 и 420 мм при рельсах Р65 и Р75.

Расчетная схема раскладки переводных брусков в пределах крестовины показана на рис. 8.

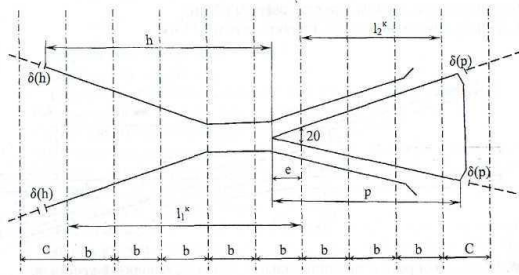


Рис. 8 – Расчетная схема раскладки переходных брусьев в пределах крестовины

Практическая длина крестовины равна:

$$l_{np} = h + p; \quad (33)$$

Передний и задний вылет крестовины равны:

$$h = \frac{[C - \delta(h)] / 2 + l_1^k - e}{\cos(\alpha / 2)} < h_{\min}, \quad (34)$$

$$p = \frac{[C - \delta(p)] / 2 + l_2^k + e}{\cos(\alpha / 2)} < p_{\min}, \quad (35)$$

$$l_1^k = h_{\min} + e - \frac{C}{2}, \quad (36)$$

$$l_2^k = p_{\min} - e - \frac{C}{2}, \quad (37)$$

$$e = 20 \cdot N. \quad (38)$$

Далее необходимо определить количество брусьев под крестовиной.

$$n_1 = \frac{l_1^k}{b_i}, \quad n_2 = \frac{l_2^k}{b_i}. \quad (39)$$

Количество брусьев n может быть только целым числом.

1.2.4 Размеры усовиков

Геометрические размеры усовиков устанавливаются исходя из их взаимосвязи с размерами крестовины и возможности стыкования типовыми элементами (накладками), особенно в хвосте крестовины. Разбивочные размеры усовика X_{yi} определяются по зависимостям, составляемым по расчетной схеме (рис. 9).

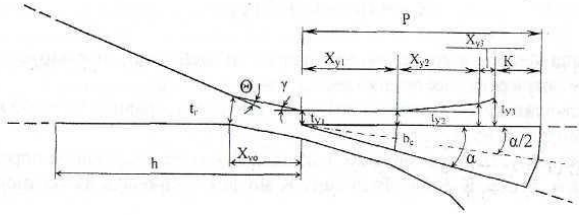


Рис. 9 – Размеры усиков

Проекция отрезка усовика в пределах «вредного» пространства X_{yo} равна:

$$X_{yo} = t_r \cdot N, \quad (40)$$

Обозначим через угол γ угол удара колеса в усовик крестовины при движении экипажа по прямому пути в противошерстном движении. Величина этого угла может быть определена:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{t_r - t_{y1}}{X_{yo}} \rightarrow \gamma, \quad (41)$$

где t_{y1} – ширина желоба в крестовине, мм.

Ширина желоба устанавливается из условия обеспечения безопасности прохождения колесных пар подвижного состава. Критерием безопасности служит предотвращение заклинивания колесных пар между рабочими гранями контррельса и усовика, т.е. t_{y1} – величина нормируемая. В расчетах принимают $t_{y1} = 45$ мм.

Длина участка X_{y2} устанавливается из условия, что ширина желоба, равная 45 мм, сохраняется от математического центра крестовины до точки сердечника, где его ширина b_c равна 50 мм. С достаточной степенью точности величину X_{y1} можно определить по формуле:

$$X_{y1} = 50 \cdot N. \quad (42)$$

На участке X_{y2} производится отвод усовика под углом удара γ_y . На основании опыта эксплуатации принимают $\gamma_y = 0.8\gamma$.

При принятом значении γ_y , длина участка X_{y2} определяется по формуле:

$$X_{y2} = \frac{(t_{y2} - t_{y1})}{\sin \gamma_y}, \quad (43)$$

где t_{y2} – ширина желоба в конце участка направляющей части, нормируется в пределах 64 – 68 мм, в расчетах принимаем $t_{y2} = 64$ мм.

Длина улавливающей (раструбной) части усовика X_{y3} равна 150 – 200 мм, а ширина желоба, $t_{y3} = 86 – 90$ мм.

Возможность установки типовых накладок в хвосте крестовины определяется условием, чтобы $K \geq 0,5 \cdot l_H$. Величину K можно установить из соотношения:

$$K = p - X_{y1} - X_{y2} - X_{y3}. \quad (44)$$

1.2.5 Размеры контррельса

Контррельсы направляют колеса подвижного состава в соответствующий желоб и предохраняют сердечник у острия от горизонтальных давлений и ударов. Размеры контррельса также связаны с размерами отдельных частей крестовины. Расчетная схема для определения размеров контррельса составлена исходя из следующих условий:

- прямолинейная часть контррельса должна перекрывать расстояние от горла крестовины t_r до сечения сердечника, имеющего ширину $b_c = 40$ мм, с запасом в каждую сторону 150 – 300 мм;
- направляющая часть контррельса должна иметь угол удара;
- возможность стыкования контррельса с путевым рельсом типовыми креплениями.

Расчетная схема представлена на рис. 10.

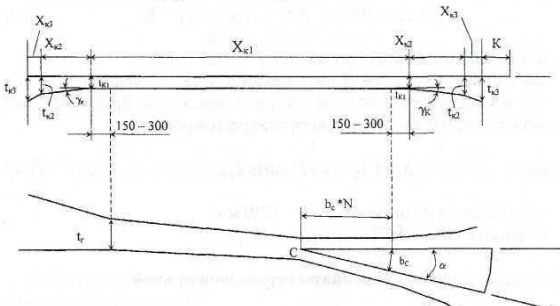


Рис. 10 – Размеры контррельса

Ширина желоба t_{k1} на прямолинейном участке X_{k1} устанавливается из условия ненабегания гребня колеса на рабочую часть сердечника крестовины, является величиной нормированной и равняется 44 мм.

Длина прямолинейного участка согласно расчетной схеме определяется по формуле:

$$X_{k1} = \frac{(t_r + b_c)}{\operatorname{tg} \alpha} + 2 \cdot (150 \div 300). \quad (45)$$

Длина отводов контррельса на участке X_{k2} будет равна:

$$X_{k2} = \frac{(t_{k2} - t_{k1})}{\operatorname{tg} \lambda_k}, \quad (46)$$

где t_{k2} – ширина желоба в конце участка направляющей контррельса, принимается такой же, как в усовиках, т.е. 64 – 68 мм.

Величина γ_k для типовых конструкций стрелочных переводов принята на основе экспериментальных исследований в зависимости от скорости движения и рекомендуется:

- при скорости движения по прямому участку пути до 140 км/ч значение $\gamma_k = 0^\circ 56' 36''$;
- при скорости движения по прямому участку пути до 160 км/ч значение $\gamma_k = 0^\circ 34' 13''$.

Размеры улавливающей части контррельса принимаются: $X_{k3} = 150$ мм, $t_{k3} = 86$ мм.

Принятые разбивочные размеры необходимо проверить на соответствие конструктивным соображениям, а именно: чтобы длина от трубной части стыка K была бы не меньше половины типовой двухголовой накладки, т.е. $K \geq 0,5l_n$. Величину K можно определить по формуле:

$$p + \Delta = 40 \cdot N + X_{k2} + X_{k3} + K, \quad (47)$$

где p – длина хвостовой части крестовины, $p = 3728$ мм;

Δ – забег стыка по рельсовой нити прямого пути по сравнению со стыком хвоста крестовины из-за того, что переводные брусья размещаются по нормали к биссектрисе угла крестовины, α .

$$\Delta = (S_{II} + \frac{v_0}{2}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha / 2), \quad (48)$$

где S_{II} – ширина колеи по прямому пути, $S_{II} = 1520$ мм;

v_0 – ширина головки рельса.

1.2.6 Координаты переходной кривой

Практически решение задачи состоит в определении координат переходной кривой. При расчетах за начало координат принимается точка, лежащая на рабочей грани рамного рельса прямого пути напротив корня острьяка. Ординаты устанавливаются через каждые 2000 мм от начала до конца переходной кривой. Концом переходной кривой является начало прямой вставки (рис. 11).

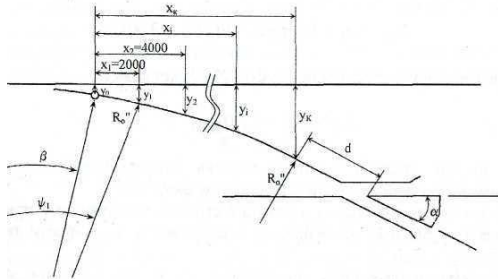


Рис. 11 – Координаты переходной кривой

До начала расчета ординат нужно проверить правильность принятых параметров стрелочного перевода по фиксированным точкам.

Ординату в начале переходной кривой y_0 определяют по формуле:

$$y_0 = R_0' \cdot (\cos \beta_n - \cos \xi_v) + R_0'' \cdot (\cos \xi_v - \cos \beta_n), \quad (49)$$

конечную абсциссу x_k по формуле:

$$x_k = R_0'' \cdot (\sin \alpha - \sin \beta), \quad (50)$$

конечную ординату y_k по формуле:

$$y_k = y_0 + R_0'' \cdot (\cos \beta - \cos \alpha). \quad (51)$$

При известной величине прямой вставки d , значение y_k проверяют по формуле:

$$y_k = S_{II} - d \cdot \sin \alpha. \quad (52)$$

Согласно принятой расчетной схеме промежуточное значение ординат определяется по формулам:

$$\sin \psi_1 = \sin \beta + \frac{x_i}{R_0''} \rightarrow \psi_i = \arcsin \psi_i \rightarrow y_i = y_0 + R_0'' \cdot (\cos \beta - \cos \psi_i). \quad (53)$$

Расчеты ординат переходной кривой необходимо выполнить в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Определение координат переводной кривой

x_i	$\frac{x_i}{R_0''}$	$\sin \psi_1$	$\cos \psi_i$	$\cos \beta - \cos \psi$	$R_0'' \cdot (\cos \beta - \cos \psi_i)$	y_i	ψ_i
$x_0 = 0$	0.0	0.0386	0.9993	0.0000	0.000	229.4580	2.2115
$x_1 = 2000$	0.0062	0.0448	0.9990	0.0003	83.4713	312.9294	2.5683
$x_2 = 4000$	0.0124	0.0510	0.9987	0.0006	179.4220	408.8800	2.9251
....							
....							
$x_k = 122251$	0.0381	0.0767	0.09971	0.0022	707.4812	936.4812	4.3986

Правильность выполнения расчетов: $\psi_k = \alpha$.

1.3 Геометрические размеры стрелочного перевода

Знание геометрических размеров необходимо для разбивки стрелочного перевода на местности (рис. 12).

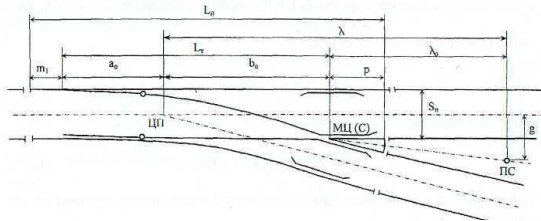


Рис. 12 – Геометрические размеры стрелочного перевода

Теоретическая длина стрелочного перевода (расстояние от острия острья до математического центра) равна проекции расчетного контура на горизонтальную ось и определяется по формуле:

$$L_T = R_0' \cdot (\sin \zeta_v - \sin \beta_H) + R_0' \cdot (\sin \alpha - \sin \zeta_v) + d \cos \alpha. \quad (54)$$

Практическая длина стрелочного перевода (расстояние от переднего вылета рамного рельса до хвостового стыка крестовины) будет равна:

$$L_{\pi} = m_1 + L_T + p. \quad (55)$$

Для определения положения начала остряков и математического центра крестовины (МЦ) относительно центра стрелочного перевода (ЦП) необходимо знание размеров a_0 и b_0 . Согласно расчетной схеме, их значения будут равны:

$$b_0 = \frac{S_{II}}{2tg(\alpha / 2)}, \quad (56)$$

$$a_0 = L_T - b_0. \quad (57)$$

Соответственно расстояния от центра стрелочного перевода до переднего вылета рамного рельса a и до стыка хвоста b будут равны:

$$a = a_0 + m_1, \quad (58)$$

$$b = b_0 + p. \quad (59)$$

На рис. 12 через ПС обозначен *предельный столбик*, который располагается на биссектрисе угла крестовины там, где расстояние между осями смежных путей равно 4100 мм. Следовательно, расстояние от оси прямого пути до предельного столбика, $g = 2050$ мм.

Расстояния, определяющие положение предельного столбика (ПС), устанавливаются по формулам:

$$\lambda_0 = \frac{g - \frac{S_{II}}{2}}{tg(\alpha / 2)}, \quad (60)$$

$$\lambda = \lambda_0 + b_0. \quad (61)$$

1.4 Расчет эпюры стрелочного перевода

Эпюра стрелочного перевода (см. прил. 1 рис. 1) представляет собой схематический чертеж, на котором указаны все размеры, необходимые для разбивки стрелочного перевода на местности. Для удобства расположения разбивочных размеров эпюра должна быть представлена в виде двух схем – схемы раскладки переводных брусьев и схемы разбивки. Эпюра стрелочного перевода и схема его разбивки вычерчиваются в масштабе 1:50, 1:100, 1:200 (в зависимости от полученных геометрических размеров стрелочного перевода) натуральной величины. Кроме общего чертежа с двумя схемами, на листе должны быть выполнены спецификации переводных брусьев.

1.4.1 Расчет длины соединительных рельсов

Расчет начинается с определения длины соединительных рельсовых нитей между элементами стрелки и примыкающими путевыми рельсами или элементами крестовины (рис. 13).

Обозначим через:

l_1 – расстояние от стыка рамного рельса по прямому пути до стыка примыкания путевого рельса;

l_2 – расстояние от корня криволинейного остряка до стыка переднего вылета крестовины по прямому пути;

l_3 – расстояние от прямого остряка до стыка переднего вылета крестовины по прямому пути;

l_4 – расстояние от стыка рамного рельса по боковому пути до стыка примыкания путевого рельса.

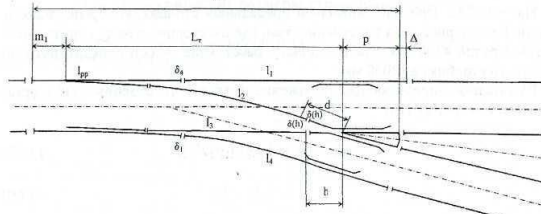


Рис. 13 – Расчет длины соединительных рельсов

С учетом расчетных параметров стрелочного перевода, его разбивочных размеров и стыковых зазоров, длины рельсовых соединительных нитей будут равны:

$$l_1 = l_{II} + \Delta - l_{pp} - \delta_1, \quad (62)$$

$$l_2 = (R'_0 + \frac{V_0}{2}) \cdot (\alpha - \beta) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} + d - h - \delta_2 - \delta(h), \quad (63)$$

$$l_3 = L_T - l'_0 - h - \delta_3 - \delta(h), \quad (64)$$

$$l_4 = m_1 + (R'_0 - S_R - \frac{V_0}{2}) \cdot \sin(\zeta_v - \beta_H) + (R''_0 - S_R - \frac{V_0}{2}) \cdot \sin(\alpha_v - \zeta_v) + d + p + \Delta - l_{pp} - \delta_4, \quad (65)$$

где S_R – ширина колеи по боковому пути в пределах остряков и переводной кривой, мм. При расчетах можно ориентировочно принимать требования нормативных документов к ширине колеи в кривой, а именно:

$$\text{при } R \geq 350 \text{ м } S_R = 1520 \text{ мм};$$

при $R = 349 - 300$ м $S_R = 1530$ мм;

при $R \leq 299$ м $S_R = 1535$ мм;

$\delta_1 = \delta_4$ – стыковые зазоры, принимаются равными 8 мм;

$\delta_2 = \delta_3$ – стыковые зазоры в корне остряка, мм. При вкладышево-накладочном креплении остряков принять равными 4 мм,

при гибких остряках нулю.

$\delta(h)$ – стыковой зазор в переднем вылете крестовины. Для улучшения условий взаимодействия и снижения ударного воздействия, величина стыкового зазора в переднем вылете крестовины принимается равной нулю.

1.4.2 Расчет длины рельсов

При определении длин рельсов в пределах стрелочного перевода необходимо руководствоваться следующими общими требованиями:

- следует стремиться к возможно большему числу рельсов нормальной длины (12,5 или 25,0 м);
- длина рельсовых рубок должна быть не менее 4,5 м;
- стыковые зазоры по рельсовым нитям внешнего и внутреннего контуров должны располагаться «по наугольнику» (в одном сечении) в середине шпального ящика;
- на стрелочных переводах, включаемых в централизованное управление, забег стыков посередине переводной кривой по наружному и внутреннему контуру не должен превышать 1,5 м. Это связано с постановкой изолирующих стыков в пределах соединительных путей;
- стыковые зазоры в пределах соединительных путей устанавливаются в пределах 6 – 8 мм.

Длина и количество рельсов зависит от геометрических размеров стрелочного перевода. В курсовом проекте можно также руководствоваться следующими рекомендациями:

- длина рамного рельса бокового направления принимается равной длине рамного рельса прямого направления;
- в централизованное управление включаются стрелочные переводы марки 1/9 и положе;
- путевые рельсы и контррельсы как по прямому, так и по боковому пути l_k принимаются кратными 6,25 из условия, что:

$$l_k > X_{k1} + 2 \cdot X_{k2} + 2 \cdot X_{k3} + K + \frac{l_H}{2}. \quad (66)$$

1.4.3 Раскладка переводных брусьев

Под раскладкой понимается установление расстояния между осями переводных брусьев по рабочей грани рельсов прямого пути. В зависимости от длины деревянные брусья делятся на группы, каждая из которых отличается от соседней на 0,25 м (от 3,00 м до 5,50 м). Брусья, на которых располагается переводной механизм и закрепляются переводные тяги, называются *флюгарочными*. Их длина 3,25 м. при раскладке переводных брусьев под стрелкой и крестовиной их количество и расстояние между ними принимать согласно п.п. 1.1.5 и 1.2.3. На остальных участках стрелочного перевода раскладка производится исходя из их размеров и конструктивных особенностей, с выполнением следующих требований:

- в стыках переводные брусья укладываются с пролетом $C = 420$ м, при рельсах Р65 и $C' = 440$ м, при рельсах Р50;
- расстояние между осями смежных брусьев принимают по возможности одинаковыми и равными 500 – 545 мм (под стрелкой и крестовиной брусья укладывают с пролетами на 10 % меньшими, чем между шпалами);
- пролет между флюгарочными брусьями C_{ϕ} принимают равным 600 мм;
- первый флюгарочный брус устанавливается на расстоянии $m_0 = 41$ мм от начала остряка;
- на стрелочных переводах марки 1/18 и положе устанавливается два переводных механизма. Вторая переводная тяга располагается между 14 и 15 переводными брусьями от начала остряка. Пролет между указанными флюгарочными брусьями также принимается равным $C_{\phi} = 600$ мм;
- брусья с пролетом меньше 500 мм укладывают рядом со стыковым пролетом.

На установление длины переводных брусьев влияют следующие факторы:

- концы брусьев со стороны прямого пути располагаются по шнуру с вылетом 615 мм от рабочей грани рельсов прямого пути до торца переводного бруса;
- для экономии брусьев минимальный вылет со стороны бокового пути установлен равным 490 мм;
- на участке от переднего вылета рамного рельса стрелочного перевода до центра стрелочного перевода брусья укладываются по нормали к оси прямого пути;

- на участке крестовинного узла (от начала прямой вставки до конца укладки брусьев с длиной 5,5 м) переводные брусья укладываются по нормали к биссектрисе угла крестовины;
- за крестовиной переводные брусья укладывают до тех пор, пока на двух соседних путях возникнет возможность уложить шпалы.

Необходимость укладки следующей группы брусьев определяется исходя из обеспечения минимального вылета со стороны бокового пути и чаще всего графически при выполнении чертежа эпюры стрелочного перевода в принятом масштабе.

В настоящее время широко укладываются стрелочные переводы на железобетонном подрельсовом основании. Железобетонные брусья изготовлены из предварительно напряженного железобетона с высокопрочной проволокой периодического профиля. Точность укладки таких брусьев должна быть очень высокой, так как их выправка в плане очень трудоемка. Выправка в профиле возможна с применением подрельсовых подкладок-регуляторов. Особенностью эпюры раскладки железобетонных брусьев по сравнению с деревянными является то, что она осуществляется не ступенчато, а веерообразно, начиная с острия остряка.

1.4.4 Порядок построения эпюры раскладки переводных брусьев под стрелочным переводом

После того как построена схема разбивки стрелочного перевода, начинают построение эпюры раскладки переводных брусьев под стрелочным переводом. Порядок построения следующий:

1. Раскладывают брусья у всех стыков, у острия остряка, флюгарочные брусья, на крестовине;
2. Раскладывают брусья под стрелкой (перед передним вылетом рамного рельса на расстоянии m_1 разрешается укладывать шпалы). Брусья располагаются перпендикулярно оси пути прямого направления в пределах стрелки до центра перевода (пересечение осей путей прямого и бокового направлений);
3. После центра перевода брусья постепенно разворачиваются на 10 пролетах и укладываются перпендикулярно биссектрисе угла крестовины α ;
4. За крестовиной переводные брусья укладываются до тех пор, пока на двух соседних путях не возникнет возможность уложить шпалы.

Этюра стрелочного перевода и схема его разбивки вычерчиваются в масштабе 1:50, 1:100, 1:200 (в зависимости от полученных геометрических размеров стрелочного перевода). Можно принять искаженный масштаб ($M_r=1:50$, $M_b=1:100$). Конструктивные детали стрелочного перевода (контррельс, усовик) вычерчиваются в масштабе 1:10, 1:5 или 1:2 натуральной величины. Схема расположения чертежей на листе формата А1 приведена в прил. 2, 3.

Чертежи можно выполнять в графическом редакторе AutoCAD, CorelDraw, Visio, КОМПАС.

Приложение 1

Таблица 1

Углы крестовин

Марка стрел. перев.	α	$\alpha/2$	$\sin \alpha$	$\sin (\alpha/2)$	$\cos \alpha$	$\cos (\alpha/2)$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{tg}(\alpha/2)$
1/10	5°42'62"	2°51'32"	0,0995	0,0498	0,9950	0,9988	0,1000	0,0499
1/11	5°11'66"	2°35'83"	0,0905	0,0453	0,9959	0,9990	0,0909	0,0454
1/12	4°45'81"	2°22'91"	0,0830	0,0416	0,9965	0,9991	0,0833	0,0416
1/13	4°23'92"	2°11'92"	0,0767	0,0384	0,9971	0,9993	0,0769	0,0384
1/14	4°05'13"	2°02'57"	0,0712	0,0356	0,9975	0,9994	0,0714	0,0357
1/15	3°48'84"	1°54'42"	0,0665	0,0333	0,9978	0,9994	0,0667	0,0333
1/16	3°34'58"	1°47'29"	0,0624	0,0312	0,9981	0,9995	0,0625	0,0312
1/17	3°21'98"	1°40'99"	0,0587	0,0294	0,9983	0,9996	0,0588	0,0294
1/18	3°10'78"	1°35'39"	0,0555	0,0277	0,9985	0,9996	0,0556	0,0278
1/19	3°00'76"	1°30'38"	0,0526	0,0263	0,9986	0,9997	0,0526	0,0263
1/20	2°51'74"	1°25'87"	0,0499	0,0250	0,9988	0,9997	0,0500	0,0250
1/21	2°43'57"	1°21'79"	0,0476	0,0238	0,9989	0,9997	0,0476	0,0238
1/22	2°36'15"	1°18'08"	0,0454	0,0227	0,9990	0,9997	0,0455	0,0227

Пример перевода величины угла из радианной меры в градусную и наоборот.

Значение угла в радианах для $\sin \alpha = 0,0995$ будет равно:

$$\alpha = \arcsin (0,0995) = 0,099665.$$

Затем для перевода в градусы результат следует умножить на 180 и разделить на π :

$$0,099665 * 180 / 3,142539 = 5,710379.$$

Получили значение угла в градусах в десятичной системе. Для перевода в шестидесятеричную систему необходимо отделить целую часть числа от дробной и затем дробную часть умножить на 0,6:

$$0,710379 * 0,6 = 0,426227.$$

Таким образом, получили значение угла в градусах в шестидесятеричной системе. Затем добавляем целую часть и получаем – 5 градусов 42 минуты 62 секунды, что совпадает со значением угла α для марки крестовины 1/10.

Перевод из градусов в радианы выполняют в следующей последовательности:

$$0,4262 * 1,67 + 5 = 5,711754;$$

$$5,711754 * 3,141539 / 180 = 0,099687;$$

$$\sin (0,099687) = 0,0995.$$

В курсовом проекте значение углов в радианах следует округлять до четвертого знака после запятой.

Приложение 1
Таблица 2

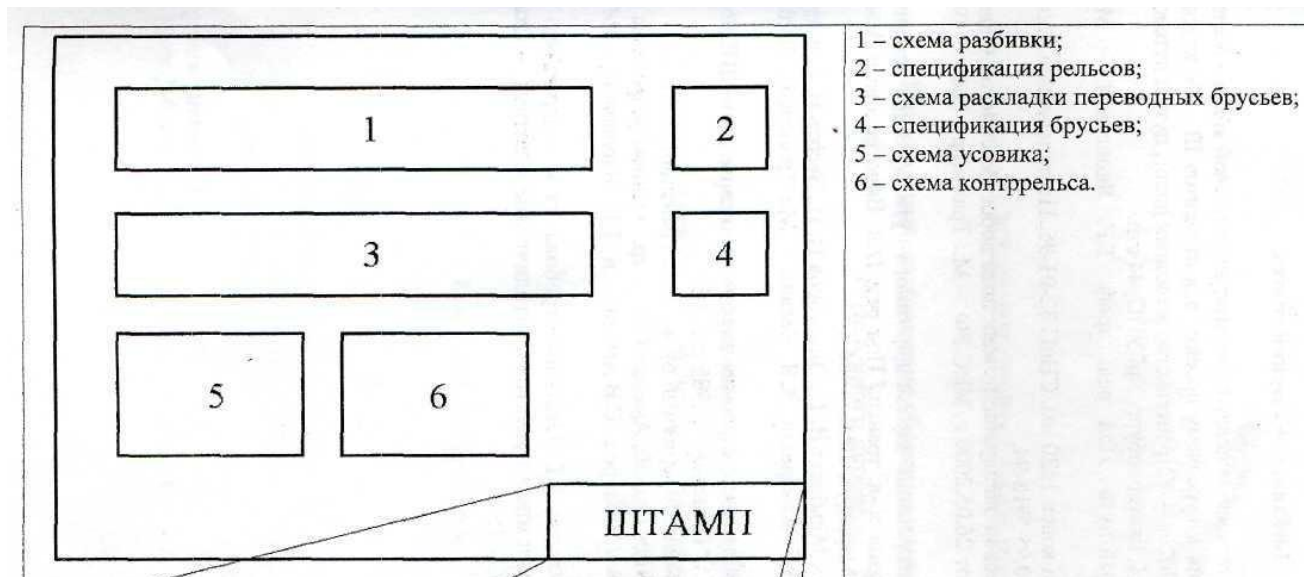
Определение числа пролетов под средней частью стрелки

b _c	l _c при n _c равном																
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000
505	5050	5555	6060	6565	7070	7575	8080	8585	9090	9595	10100	10605	11110	11615	12120	12625	13130
510	5100	5610	6120	6630	7140	7650	8160	8670	9180	9690	10200	10710	11220	11730	12240	12750	13260
515	5150	5665	6180	6695	7210	7725	8240	8755	9270	9785	10300	10815	11330	11845	12360	12875	13390
520	5200	5720	6240	6760	7280	7800	8320	8840	9360	9880	10400	10920	11440	11960	12480	13000	13520
525	5250	5775	6300	6825	7350	7875	8400	8925	9450	9975	10500	11025	11550	12075	12600	13125	13650
530	5300	5830	6360	6890	7420	7950	8480	9010	9540	10070	10600	11130	11660	12190	12720	13250	13780
535	5350	5885	6420	6955	7490	8025	8560	9095	9630	10165	10700	11235	11770	12305	12840	13375	13910
540	5400	5940	6480	7020	7560	8100	8640	9180	9720	10260	10800	11340	11880	12420	12960	13500	14040
545	5450	5995	6540	7085	7630	8175	8720	9265	9810	10355	10900	11445	11990	12535	13080	13625	14170

Пример:

Определим число и величины пролетов под средней частью стрелки при $l_c = 11678$ мм.

1. Выбираем по таблице ближайшее меньшее значение (для нашего случая это 11660 мм).
2. Затем в этом же столбце находим ближайшее меньшее значение для $l'_c = l_c - b_c = 11678 - 545 = 11133$ мм (для нашего случая это 11110 мм). Если в этом столбце нет такого значения, то оно определяется по ближайшему левому столбцу.
3. Определяем область, ограниченную найденным значением. Если значения, найденные в 1 и 2 пункте, лежат в одной строке, то искомая величина находится в области, расположенной ниже.
4. После этого в ограниченной области находим величину l_c^* , которая будет удовлетворять следующим условиям: $-l_c - l_c^* \leq 545$; $-l_c - l_c^* \geq C$.
5. В нашем случае этим условиям удовлетворяет значение $l_c^* = 11220$ мм. Таким образом, окончательно принимаем 22 пролета по 510 мм и один пролет 458 мм, который необходимо расположить рядом со стыковым пролетом.

Приложение 2

Эпюра стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11

Схема разбивки

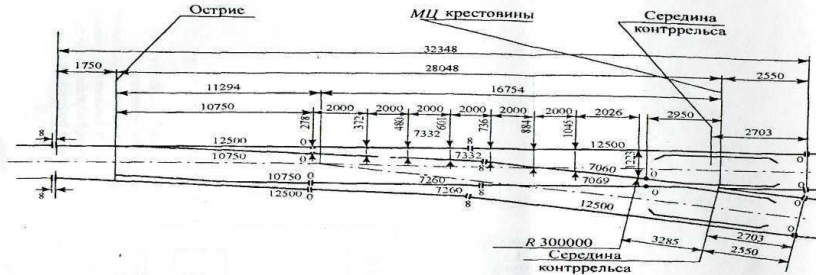
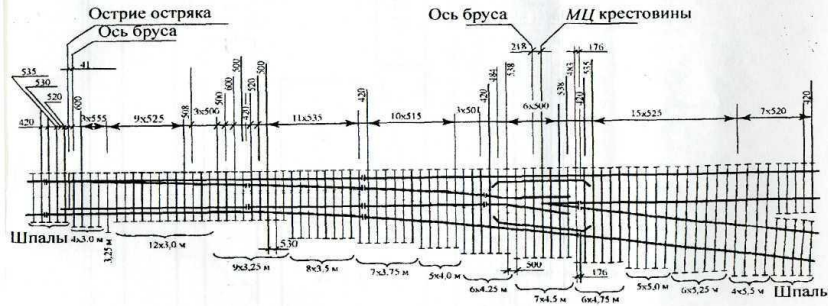


Схема раскладки переводных брусьев



Спецификация рельсов

Длина, мм	Тип	Количество, шт
12500	P65	4
10250	P65	2
7332	P65	2
7260	P65	2
7060	P65	1
7069	P65	1

Спецификация брусьев

Длина брусьев, м	Тип	Количество, шт
2,75	дерево	15
3,00	дерево	16
3,25	дерево	9
3,50	дерево	8
3,75	дерево	7
4,00	дерево	5
4,25	дерево	7
4,50	дерево	6
4,75	дерево	7
5,00	дерево	5
5,25	дерево	6
5,50	дерево	4

Оглавление

Введение.....	3
1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ОДИНОЧНОГО ОБЫКНОВЕННОГО СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА.....	5
1.1 Основные параметры стрелки.....	5
1.1.1 Выбор формы криволинейного острьяка.....	5
1.1.2 Расчет радиусов острьяков и стрелочных углов.....	6
1.1.3 Определение марки стрелочного перевода.....	7
1.1.4 Расчет длины рамного рельса.....	10
1.1.5 Проектирование раскладки переводных брусьев под стрелкой.....	11
1.2 Расчет крестовины и контррельсов.....	12
1.2.1 Минимальная длина сборной крестовины с литым Сердечником.....	12
1.2.2 Минимальная длина цельнолитой крестовины.....	13
1.2.3 Практическая длина крестовины.....	14
1.2.4 Размеры усювиков.....	15
1.2.5 Размеры контррельса.....	17
1.2.6 Координаты переводной кривой.....	19
1.3 Геометрические размеры стрелочного перевода.....	20
1.4 Расчет эюры стрелочного перевода.....	21
1.4.1 Расчет длины соединительных рельсов.....	22
1.4.2 Расчет длины рельсов.....	23
1.4.3 Раскладка переводных брусьев.....	24
1.4.4 Порядок построения эюры раскладки переводных брусьев под стрелочным переводом.....	25
Приложение 1.....	27
Приложение 2.....	29
Приложение 3.....	30

Библиографический список

1. Железнодорожный путь./Т.Г. Яковлева, Н.И. Карпущенко и др. М.: Транспорт, 2001. 223 с.
2. Прогноз состояния земляного полотна / Л.А. Смоляницкий. Монография. Воронеж: ВГУ, Научно-исследовательский институт геологии. 2006 г. – 143 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути. З.Л. Крейнис, Н.П. Коршикова. М.: УМЦ России, 2001. – 768 с.
4. Земляное полотно железных дорог. В.И. Грицык. Краткий курс лекций. М.: - Маршрут, 2005- 246 с.
5. Возможные деформации земляного полотна. В.И. Грицык. Учебное иллюстрированное пособие для студентов вузов, техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. М.: Маршрут, 2003- 64 с.
6. Бесстыковой путь со сверхдлинными рельсовыми плетями: Учебное пособие.- г. Москва: Маршрут, 2005 – 235 с.

Учебное издание

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Расчет и проектирование обыкновенного одиночного стрелочного перевода

Методические указания к выполнению курсового проекта и практических заданий для студентов IV курса специальности 270204 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Составители: **Селицкая** Наталья Владимировна
Сачкова Алиса Вадимовна

Подписано в печать 07.09.12 Формат 60×84/16. Усл.печ.л. 2,9 Уч.-изд.л. 3,0

Тираж 44 экз.

Заказ

Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46