

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Транспортные узлы»
Кафедра «Высшая математика»**

А. К. ГОЛОВНИЧ, С. П. НОВИКОВ

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ НА СТАНЦИИ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2017

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Транспортные узлы»
Кафедра «Высшая математика»

А. К. ГОЛОВНИЧ, С. П. НОВИКОВ

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ НА СТАНЦИИ

Одобрено методическими комиссиями факультетов управления процессами перевозок и заочного в качестве учебно-методического пособия по дисциплине «Железнодорожные станции и узлы» для студентов специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»

Гомель 2017

УДК 656.211.25.001.2(075.8)
ББК 39.213
Г61

Рецензент – зав. кафедрой «Управление грузовой и коммерческой работой» канд. техн. наук, д-р экон. наук, профессор
И. А. Еловой (БелГУТ)

Головнич, А. К.

Г61 Расчет основных параметров устройств на станции : учеб.-метод. пособие / А. К. Головнич, С. П. Новиков; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.– Гомель : БелГУТ, 2017. – 70 с.
ISBN 978-985-554-660-4

Приведена методика и примеры расчёта различных соединений и пересечений путей. По всем разделам пособия даны задачи, их решения и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» факультетов «Управление процессами перевозок» и заочного.

УДК 656.211.25.001.2(075.8)
ББК 39.213

ISBN 978-985-554-660-4

© Головнич А. К., Новиков С. П., 2017
© Оформление. БелГУТ, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование железнодорожных станций является важнейшей сферой транспортной деятельности, направленной на разработку эффективных схем путевого развития и технического оснащения. Проектные решения, содержащие рациональные конструкции соединений и пересечений путей в горловинах парков, оптимальное взаимное расположение устройств, позволяют в дальнейшем обеспечить производительную работу по обслуживанию поездо- и вагонопотоков на станции. Системные начальные сведения по сооружаемым станционным объектам рассматриваются как этап исключительной важности на пути получения профессиональных знаний в области проектирования. Следует обратить внимание на то, что укладка новых путей и переустройство существующих станционных подсистем основывается на технологических требованиях более эффективной обработки потоков по сравнению с тем, что существует на станции в настоящее время. В основе всех принимаемых проектных решений лежит незыблемое правило безусловного выполнения требований безопасности перевозок и охраны труда. Технические конструкции элементов железнодорожного пути должны быть надежны в эксплуатации. Поэтому важно знать их особенности, специфику применения, отечественный и мировой опыт использования.

Технический прогресс ориентирует проектную работу в направлении использования передовых методов организации работы, внедрения более совершенных устройств, средств контроля и управления. Конкурентная борьба с другими видами транспорта, и в первую очередь – с автомобильным, приводит к необходимости постоянной модернизации путевого развития станций, способствующей наращиванию пропускных и перерабатывающих мощностей, позволяющих исполнять перевозки с высоким качеством транспортных услуг. Только в этом случае железнодорожный транспорт сможет выдержать конкуренцию в борьбе за клиента.

Данное пособие представляет методические основы для расчета необходимых параметров станционных устройств, в полной мере соответствующих заданному объему перевозок. По всем разделам пособия представлен ряд задач с полными решениями.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

1.1 Устройство и назначение стрелочных переводов

Стрелочный перевод является устройством, которое обеспечивает перемещение подвижного состава с одного пути на другой. Переключение движения происходит благодаря изменению маршрута состава при прохождении стрелок с плотным прилеганием одного остряка к рамному рельсу и наличием зазора между другим остряком с соответствующим рамным рельсом (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Маршрут передвижения через стрелочный перевод:
а – по прямому пути; *б* – на боковой путь

Оба остряка связаны тягой, фиксирующей одно из двух положений остряков. Управление стрелочным переводом осуществляется переводным устройством (см. рисунок 1.1, *а*) или ручным приводом (см. рисунок 1.1, *б*).

Дальнейшее движение вагона по стрелочному переводу связано с прохождением крестовины, где наблюдается разрыв рельсовой цепи в виде так называемого «вредного пространства», где гребень колеса теряет опору с рельсом (рисунок 1.2).

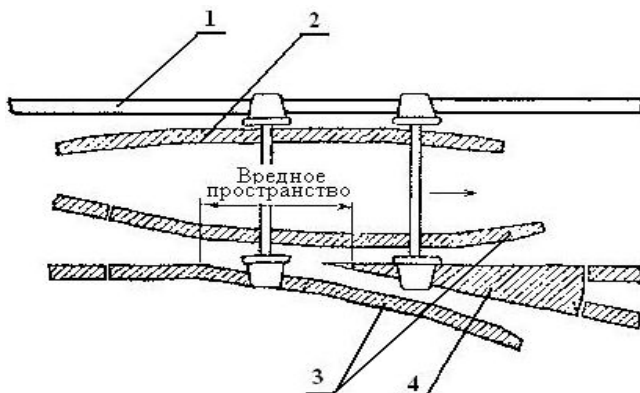


Рисунок 1.2 – Движение экипажа по прямому пути крестовинной части стрелочного перевода:
 1 – рамный рельс; 2 – контроллерь; 3 – усовики; 4 – сердечник

Крестовина является наиболее ответственным элементом стрелочного перевода, безопасность функционирования которого обеспечивается контролем с внутренней стороны рельсов напротив участка вредного пространства (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Крестовина стрелочного перевода

Вредное пространство может быть исключено посредством конструкции подвижного сердечника, который может перемещаться дополнительной тягой с плотным прилеганием сердечника к одному или другому усовику (рисунок 1.4).

В стрелочных переводах с подвижным сердечником контроллеры в крестовинной части не укладываются.

Движение по стрелочному переводу со стороны остяков к крестовине называется противощерстным (остяки навстречу движению), а со стороны крестовины к остякам – пощерстным.



Рисунок 1.4 – Устройство стрелочного перевода с подвижным сердечником

Различают левосторонние и правосторонние обыкновенные стрелочные переводы. Если при противошерстном направлении движения примыкание бокового пути слева, то стрелочный перевод является левосторонним, иначе – правосторонним. Все стрелочные переводы, изображенные на рисунке 1.1, правосторонние.

1.2 Изображения стрелочных переводов в рельсах и в осях путей

Общее представление стрелочного перевода дано на рисунке 1.5.

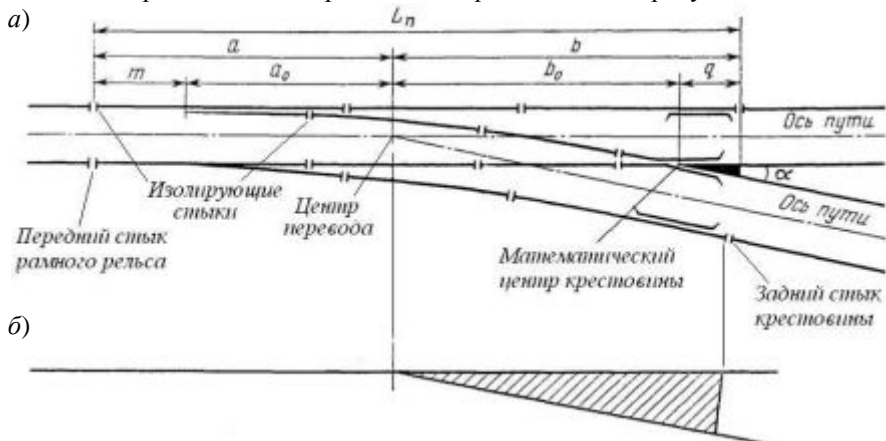


Рисунок 1.5 – Схема обыкновенного стрелочного перевода:
 a – в рельсах; b – в осях путей

Основные параметры перевода указываются по прямому пути. Полная длина стрелочного перевода L_n определяется от переднего стыка рамного рельса до заднего стыка крестовины. L_n включает расстояния от переднего стыка рамного рельса до начала острьяков t , от начала острьяков до центра перевода a_0 , от центра перевода до математического центра крестовины b_0 и

от математического центра крестовины до заднего стыка крестовины q . Наиболее важными размерами стрелочного перевода, используемыми в проектировании, являются параметры a и b .

$$a = m + a_0, b = b_0 + q.$$

При проектировании железнодорожных станций стрелочные переводы и станционные пути вычерчиваются в осях (см. рисунок 1.5, б). Осевое представление стрелочного перевода получается при выносе только осей прямого и бокового путей, пересекающихся в центре перевода (см. рисунок 1.5, а). Схема стрелочного перевода в осях считается правильной, если на ней изображены две осевые линии с фиксированной крестовинной частью (заштрихована на рисунке 1.5, б) и указанием центра перевода в виде визуально распознаваемого штриха.

Важно получить соответствующие навыки в вычерчивании стрелочного перевода в рельсах (двухниточном исполнении). Для этого весь процесс изображения перевода можно разбить на шесть этапов (рисунок 1.6).

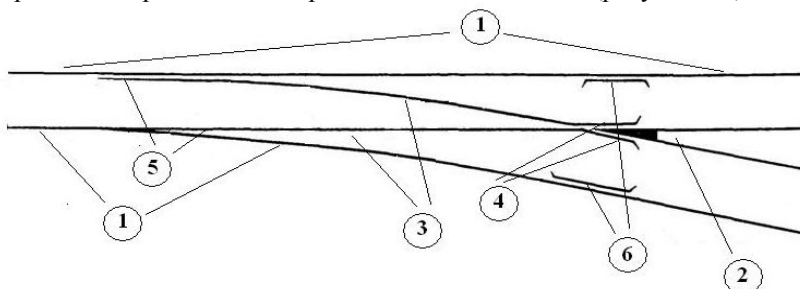


Рисунок 1.6 – Этапы вычерчивания стрелочного перевода в рельсах

Последовательно вычерчиваются:

1 Рамные рельсы, которые в стрелочном переводе всегда наружные. Один рамный рельс определяет направление движения по прямой (он изображается прямой линией), второй рамный рельс – криволинейный, указывающий направление движения на боковой путь.

2 Крестовинная часть перевода. Справа чертежа на линии начала криволинейного рамного рельса до предполагаемого математического центра крестовины и под углом бокового пути рисуется небольшой треугольник с фиксацией штрихованной области положения сердечника.

3 Соединительные участки, расходящиеся от математического центра крестовины к рамным рельсам и параллельны им.

4 Усовики, связанные с соединительными участками предыдущего этапа построения перевода. Следует обратить внимание на тот факт, что между усовиками и сердечником крестовины должны быть видимы зазоры для прохода бандажа колеса.

5 Остряки, один из которых должен быть прижат к рамному рельсу, а другой отжат от другого рамного рельса. Остряки всегда располагаются внутри рамных рельсов.

6 Контррельсы напротив математического центра крестовины.

1.3 Типы стрелочных переводов

Стрелочные переводы бывают трех типов: одиночные, двойные и перекрестные. Одиночные обыкновенные стрелочные переводы, в которых один выход на путь всегда прямолинейный, рассматривались в предыдущих пунктах данного пособия. Если оба соединительных участка перевода имеют определенную кривизну, то стрелочный перевод называется криволинейным (рисунок 1.7).

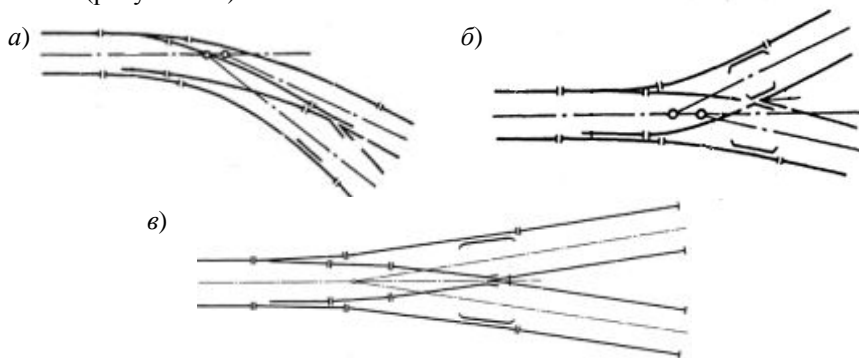


Рисунок 1.7 – Криволинейные стрелочные переводы:
а – несимметричный односторонний; б – несимметричный разносторонний;
в – симметричный

Симметричный перевод имеет один центр, в котором пересекаются все оси подходящих к нему двух путей. Оси боковых путей в несимметричных переводах пересекаются с основным путем в различных точках на его оси.

Двойные стрелочные переводы имеют достаточно сложную конструкцию соединения трех путей и могут применяться в стесненных условиях (рисунок 1.8).

Перекрестный стрелочный перевод обеспечивает связь двух пересекающихся путей по различным маршрутам движения поездов на прямые и боковые направления. Он заменяет собой два обыкновенных стрелочных перевода, укладываемых навстречу друг другу остряками, но длиной значительно меньшей, чем полная длина двух обыкновенных переводов (рисунок 1.9). Благодаря двум острякам, укладываемым внутри колеи, обеспечивается движение с прямого на боковой путь.

Применение перекрестных стрелочных переводов сокращает длину горловин. Данные переводы укладывают в стесненных условиях на приемоотправочных и прочих путях.

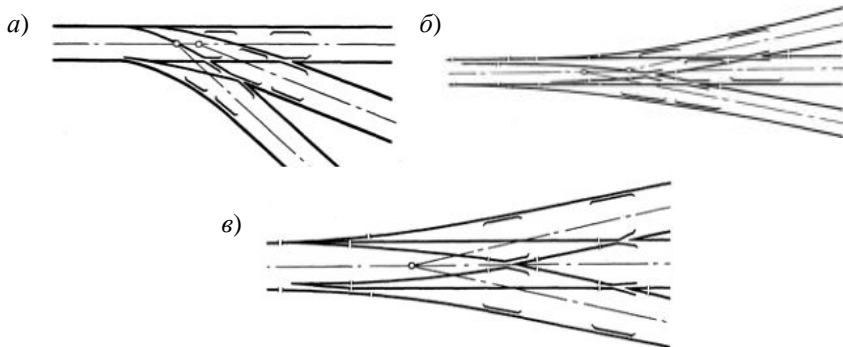


Рисунок 1.8 – Двойные стрелочные переводы: *a* – несимметричный односторонний; *б* – несимметричный разносторонний; *в* – симметричный

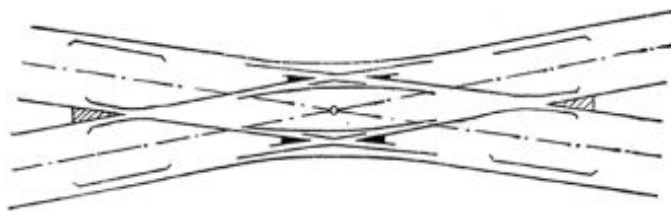


Рисунок 1.9 – Перекрестный стрелочный перевод

1.4 Технические характеристики стрелочных переводов

Стрелочные переводы характеризуются определенной маркой крестовины, определяемой как тангенс угла α , образуемого пересечением осей путей в центре перевода (см. рисунок 1.5, *a*). В практике проектирования применяются марки переводов 1/6 (как правило, симметричные), 1/9, 1/11. На скоростных линиях для мягкого вписывания экипажа при следовании на боковой путь укладывают стрелочные переводы пологих марок 1/18, 1/22, 1/33. Чем меньше угол крестовины, тем большую полную длину имеет стрелочный перевод. Так как существуют многие типоразмеры различных стрелочных переводов, то разработаны эпюры – типовые схемы взаимного расположения элементов (стрелок, крестовин) с указанием основных размеров.

Размеры стрелочных переводов зависят от типа рельсов, укладываемых на путях, которые соединяются стрелочными переводами. Различают основные типы Р50, Р65, Р75, где числа указывают вес погонного метра рельса. Тип Р50 укладывают, как правило, на станционных путях, а Р65 и Р75 – на главных. В зависимости от типа рельсов переводы отличаются по длине своих элементов. Каталог эпюр стрелочных переводов содержит данные по конкретным типам одиночных, двойных, перекрестных стрелочных переводов определенных марок крестовин, укладываемых на главных, приемоотправочных и прочих путях с соответствующими типами рельсов.

1.5 Задачи по разделу

Задача 1 Вычертить схему двойного несимметричного разностороннего стрелочного перевода в рельсах, пользуясь рекомендациями этапного построения подобных объектов (см. рисунок 1.6).

Задача 2 Рассчитать полную длину стрелочного перевода по предлагаемой эпоре рисунка 1.10.

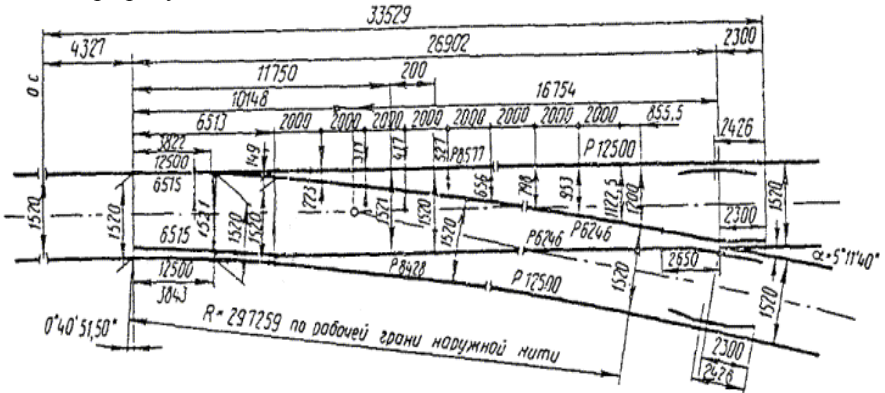


Рисунок 1.10 – Эпора стрелочного перевода типа P50 марки 1/11 колеи 1520 мм

Задача 3 Рассчитать радиус переводной кривой стрелочного перевода по эпоре рисунка 1.10.

Задача 4 Как в практических условиях определить марку крестовины стрелочного перевода с достаточной точностью?

Задача 5 Предложить вариант изображения стрелочного перевода в осях без использования центра перевода.

1.6 Решение задач

Решение задачи 1. Размечают оси путей (рисунок 1.11, а). На основном пути указывают точки пересечения с осями боковых путей. Далее вычерчивают положение наружных рамных (см. рисунок 1.11, б) и внутренних (см. рисунок 1.11, в) рельсов. Два пересечения внутренних рельсов образуют положение сердечника и усювиков (см. рисунок 1.11, г). На следующем этапе вычерчивают положения остяжков (см. рисунок 1.11, д). Следует заметить, что для двойного стрелочного перевода требуется две пары остяжков. Пересечение внутренних рельсов определяют положение третьего сердечника и пары усювиков (см. рисунок 1.11, е). Три пары контррельсов (см. рисунок 1.11, ж) завершают построение схемы двойного несимметричного разностороннего стрелочного перевода в рельсах.

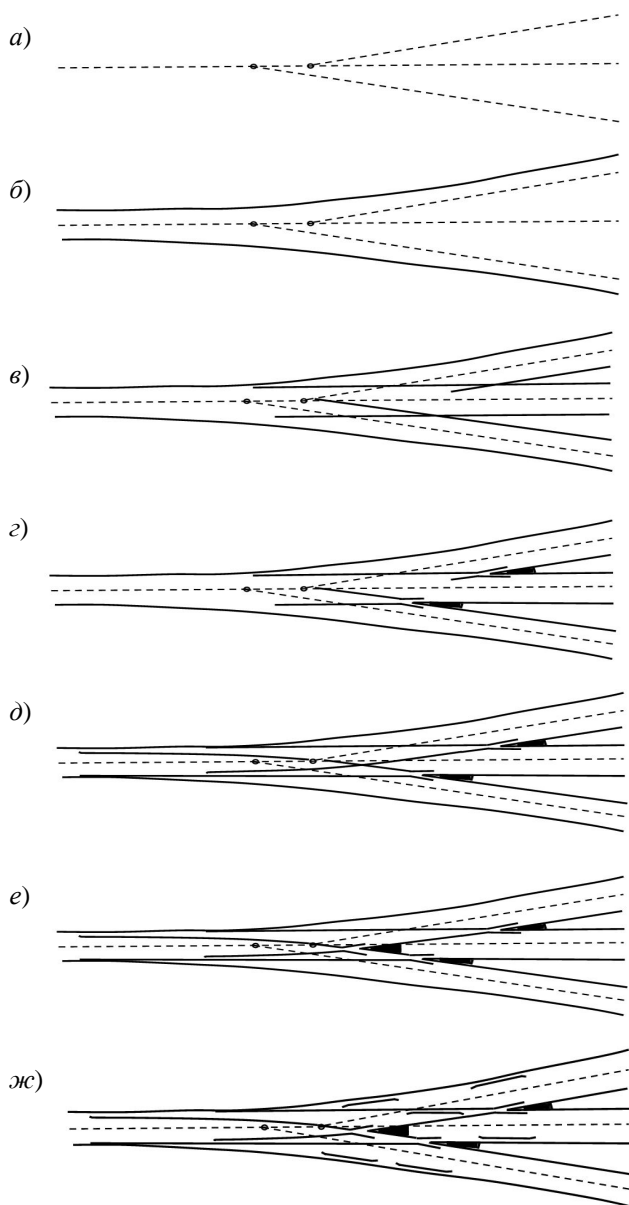


Рисунок 1.11 – Этапы построения схемы двойного несимметричного разностороннего стрелочного перевода в рельсах

Решение задачи 2. Согласно рисунку 1.10 полная длина стрелочного перевода $L_{\pi} = 33,529$ м. В приведенной эпюре указаны параметры $m = 4,327$ м и $q = 2,3$ м.

Решение задачи 3. Радиус переходной кривой стрелочного перевода марки 1/11 с рельсами Р50 эпюры рисунка 1.10 определяют согласно расчетной схеме (рисунок 1.12) по трем контрольным точкам A (начало острька), B и C (переводная кривая) с координатами

$$\begin{aligned}x_1 &= 0,00, \\y_1 &= 0,00 \text{ (начало кривой)}, \\x_2 &= 6,513 + 2,00 + 2,00 + 2,00 = 12,513, \\y_2 &= 0,417, \\x_3 &= 6,513 + 7 \cdot 2,00 = 20,513, \\y_3 &= 0,953.\end{aligned}$$

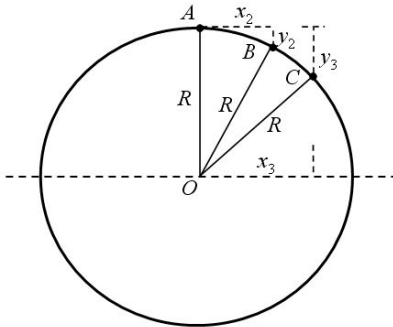


Рисунок 1.12 – Расчетная схема для определения радиуса переходной кривой стрелочного перевода

Так как точки $B(x_2, y_2)$ и $C(x_3, y_3)$ принадлежат окружности радиуса R , то

$$\begin{aligned}x_2^2 + (R - y_2)^2 &= R^2, \\x_3^2 + (R - y_3)^2 &= R^2,\end{aligned}$$

откуда

$$x_2^2 + (R - y_2)^2 = x_3^2 + (R - y_3)^2.$$

Данное выражение упрощают и получают расчетную формулу:

$$R = \sqrt{\frac{x_3^2 - x_2^2 - y_2^2 + y_3^2}{2(y_3 - y_2)}}.$$

В формулу подставляют исходные данные:

$$R = \sqrt{\frac{20,513^2 - 12,513^2 - 0,417^2 + 0,953^2}{2(0,953 - 0,417)}} = 247,15 \text{ м.}$$

Таким образом, аппроксимация кривой по выделенным ординатам A , B и C определяет величину радиуса переходной кривой $R = 247,15$ м. Согласно рисунку 1.10 радиус кривой по всей ее длине составляет $R_{\text{общ}} = 297,26$ м.

Решение задачи 4. Марка крестовины стрелочного перевода определена как тангенс угла α , образуемого пересечением осей двух сходящихся путей (см. рисунок 1.5, a). Сердечник крестовины также имеет данный угол с вершиной в математическом центре. Если от математического центра крестовины в направлении заднего стыка прямого пути по боковой грани сердечника многократно откладывать некоторое постоянное расстояние B , то после n раз отчета этого расстояния конечная точка будет иметь такое положение, что от нее до второй боковой грани сердечника окажется расстояние, равное B . Величина n является обратной марке крестовины данного стрелочного перевода.

Решение задачи 5. В настоящее время графическое изображение стрелочного перевода представляет собой пересекающиеся оси основного и бокового путей с фиксированным центром. Однако центр стрелочного перевода не является его физическим элементом и рассматривается как абстрактная точка, которую требуется расчетами определять на местности при укладке перевода. В качестве реальных точек привязки стрелочного перевода можно выделить передние стыки рамных рельсов, начала острьяков, математический центр крестовины, задние стыки крестовины (рисунок 1.13, a).

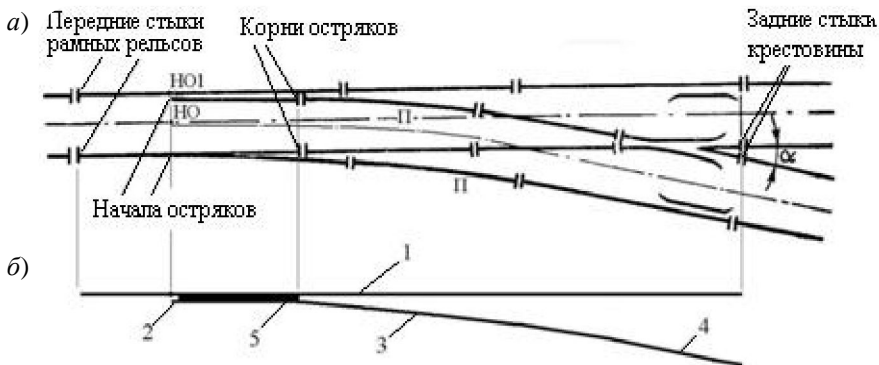


Рисунок 1.13 – Схема изображения перевода с привязкой к началу остряка:
 a – в рельсах; b – в осях путей

Удобным объектом привязки является точка прилегания остряка к рамному рельсу по прямому пути (НО1), которая легко фиксируется визуально и на нее можно достаточно точно установить вешку при съемке данного стрелочного перевода. Предлагаемое изображение перевода в осях (см. рисунок 1.13, b) представляет собой ось прямого пути 1 , остряк, примыкаю-

щий к рамному рельсу бокового пути 2, переводную кривую по оси 3, ось бокового пути 4, заливку между острьяками 5, определяющую включение перевода в ЭЦ. Если стрелочный перевод на ручном управлении, то заливка между острьяком и рамным рельсом не производится. Фиксируемые границы заливки острьяка поперек пути определяют соответственно положение тяги перевода и корня острьяка.

Таким образом изображают все оси существующих элементов стрелочного перевода (прямого и бокового путей, острьяков и переводной кривой). При этом точкой привязки на плане является пересечение продольной оси стрелочного перевода и линии, соединяющей начала двух острьяков (НО). При съемке станции осуществляется точная привязка к физическому объекту, а при изображении переводов на однопунктном плане переходят к его проекции на ось пути. Реализация данной схемы изображения стрелочного перевода приводит к тому, что центр стрелочного перевода не фиксируется и на масштабный план не наносится.

Реализация данной схемы представления стрелочных переводов без центров переводов изменяет геометрию их начертания, максимально приближая к реальному образу. Появление переводной кривой и острьяков как элементов однопунктного плана адекватно отражает положение отдельных точек на реальной схеме.

Интуитивно понятное изображение перевода с ответвлением на боковой путь посредством острьяка приводит масштабный план к более строгому, каноническому представлению объектов путевого развития станции, устраняющему привязку к отсутствующему в реальности, фиктивному элементу стрелочного перевода, каким является его центр.

1.7 Контрольные вопросы

- 1 Как изображается на масштабном плане стрелочный перевод в осях путей?
- 2 Какое положение острьяков обыкновенного стрелочного перевода по отношению к рамным рельсам определяет движение состава поезда по прямому пути?
- 3 Какое назначение контррельсов в стрелочном переводе?
- 4 Что такое «вредное пространство» в крестовине перевода?
- 5 Основные параметры стрелочного перевода.
- 6 Как определяется положение центра стрелочного перевода?
- 7 Как определяется полная длина стрелочного перевода?
- 8 Чем отличаются двойные от обыкновенных стрелочных переводов?
- 9 Сколько острьяков у перекрестного стрелочного перевода?
- 10 Что такое «марка стрелочного перевода»?
- 11 Назначение подвижного сердечника стрелочного перевода.

2 ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

2.1 Варианты взаимной укладки обыкновенных стрелочных переводов

Стрелочный перевод обеспечивает связь двух (или трех при использовании двойного) путей. При увязке трех, четырех и более путей требуется использование нескольких стрелочных переводов, которые могут соединяться между собой острями и крестовинами, элементами основных и боковых путей, левосторонними и правосторонними стрелками. При этом два смежных перевода соединяются между собой через прямую вставку – дополнительный участок прямолинейного пути, обеспечивающий плавность перехода подвижного состава с одного стрелочного перевода на другой. Поэтому возникает достаточно большое число различных вариантов соединений. В практике проектирования выделяют пять основных схем взаимного расположения стрелочных переводов (рисунок 2.1).

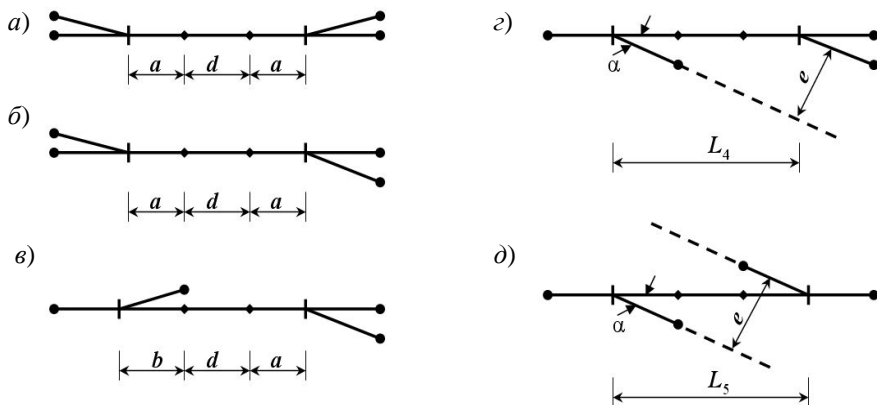


Рисунок 2.1 – Схемы взаимного расположения стрелочных переводов

Расчет расстояний между центрами двух переводов по первым трем схемам связан с суммированием отдельных длин элементов переводов (a и b – см. рисунок 1.5, а) и прямой вставки d , величина которой зависит от пути, на котором уложены данные стрелочные переводы (главный, станционный или прочий) и скоростей движения поездов, если переводы на главном пути. Для учебных целей принимают, что на главном пути всегда укладываются стрелочные переводы марки 1/11 с типом рельсов Р65, а на всех станционных – марки 1/9 с типом рельсов Р50. С целью решения учебных проектных задач выбирают такие эпюры переводов, что

$$\begin{aligned} a_{1/11} &= 14,06 \text{ м}, b_{1/11} = 19,31 \text{ м}, \\ a_{1/9} &= 15,46 \text{ м}, b_{1/9} = 15,64 \text{ м}. \end{aligned}$$

Величина прямой вставки на приемоотправочных путях $d = 12,5$ м, на прочих путях $d = 6,25$ м. При укладке стрелочных переводов на главных путях $d = 12,5$ м при скоростях движения поездов до 140 км/ч. Если скорость движения составляет 140 км/ч и более, то $d = 25$ м.

Схемы ε и δ (см. рисунок 2.1) отличаются от трех предыдущих тем, что боковые пути образуют параллельные участки, которые укладывают на определенном расстоянии e , называемом междупутьем. Оно устанавливается в каждом конкретном случае, определяемом технологией работы. Поэтому общая длина двух переводов

$$L_4 = e / \sin \alpha \approx e / \operatorname{tg} \alpha = e \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2.1)$$

где α – угол марки крестовины стрелочного перевода.

По приведенной выше формуле рассчитывают величину L_5 для схемы рисунка 2.1, δ .

2.2 Соединения симметричных стрелочных переводов

Использование симметричных стрелочных переводов приводит к сокращению общей длины соединений путей, что особенно важно при увязке значительного числа станционных путей (например, горочных горловин сортировочных парков крупных станций). Основные схемы приведены на рисунке 2.2.

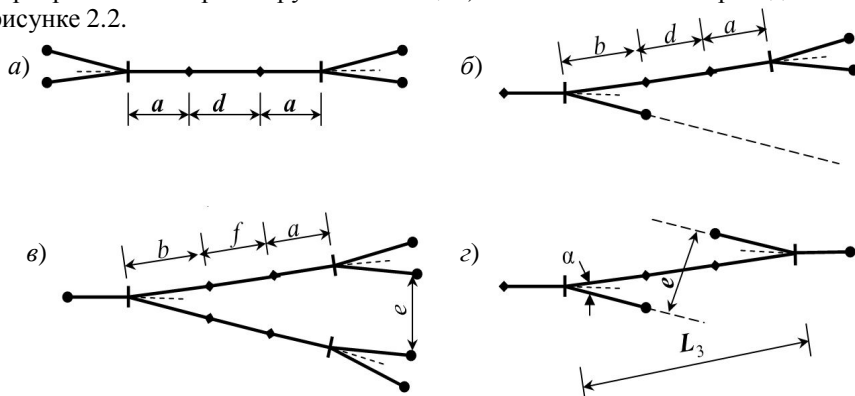


Рисунок 2.2 – Схемы взаимного расположения двойных симметричных стрелочных переводов

Расстояние между центрами стрелочных переводов по схемам a , \bar{b} (см. рисунок 2.2) рассчитывают по значениям их основных параметров, зависящих от конкретной эпоры. В учебных целях пользуются эпорой симметричного стрелочного перевода с $a_{1/6} = 6,93$ м и $b_{1/6} = 10,56$ м. Для двух первых схем величина прямой вставки d может приниматься равной 4,5 м. Особенностью расчета расстояния между центрами смежных переводов по третьей схеме является наличие междупутья e , что приводит к увеличению

величины прямой вставки до некоторой длины f , не равной 4,5 м или 6,25 м. Для схемы рисунка 2.2, e длина $L_3 = ectg \alpha$. При встречном соединении двух переводов (крестовинами друг к другу) возможно получение конструкций съездов (рисунок 2.3).

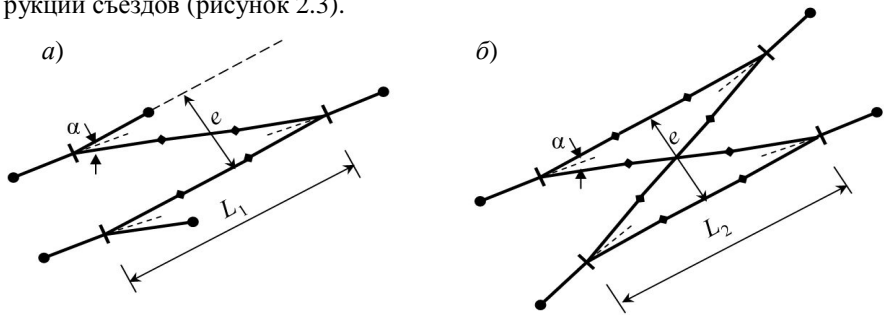


Рисунок 2.3 – Схемы съездов из одиночных симметричных переводов:
a – обыкновенного; *б* – перекрестного

Расчетное расстояние между центрами переводов для обеих схем взаимного расположения

$$L_1 = L_2 = ectg \alpha.$$

2.3 Взаимная сложная укладка нескольких стрелочных переводов

При соединении стрелочных переводов крестовинами навстречу друг другу могут возникать сложные конфликтные ситуации, которые способны формировать новые, технически реализуемые, связанные конфигурации (рисунок 2.4).

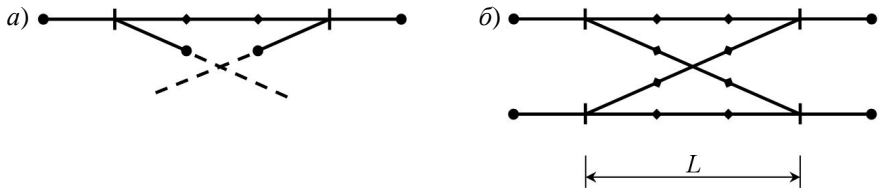


Рисунок 2.4 – Соединение стрелочных переводов:
a – потенциально конфликтное; *б* – перекрестный съезд

Расстояние между центрами стрелочных переводов L также определяется по формуле $L = ectg \alpha$.

Взаимная укладка левосторонних и правосторонних переводов позволяет получить ряд несколько отличных друг от друга соединений, образующих схемы несокращенных перекрестных съездов с одной маркой крестовины (рисунок 2.5).

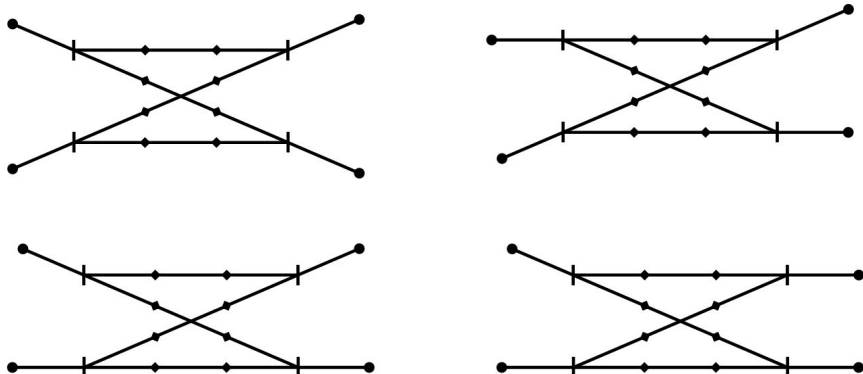


Рисунок 2.5 – Некоторые варианты конструкций перекрестных съездов из четырех обыкновенных переводов

Ряд взаимных сочетаний связи стрелочных переводов приводит к исключительным ситуациям с конфликтным их пересечением и невозможным соединениям (рисунок 2.6).

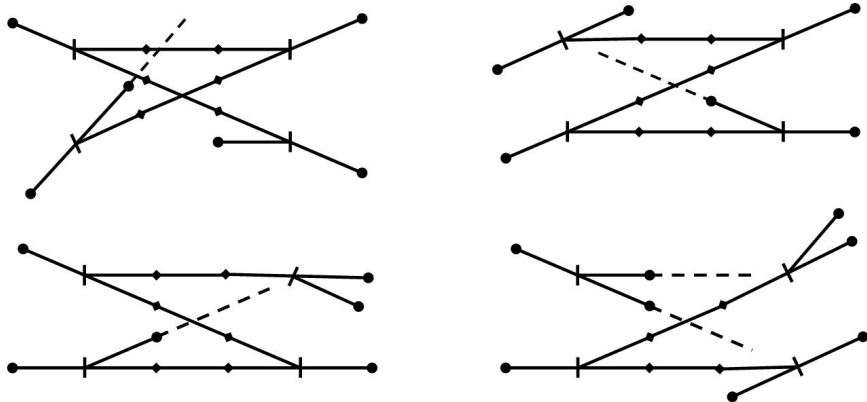


Рисунок 2.6 – Варианты конфликтных конструкций соединений обыкновенных стрелочных переводов

Кроме всех обыкновенных стрелочных переводов возможны соединения обыкновенных и симметричных переводов (рисунок 2.7).

Следует указать на типичность данных расчетных схем независимо от сочетаний различных марок стрелочных переводов и равенство значений прямых вставок d между стрелочными переводами марок 1/6 и 1/9 при прочих равных условиях проектирования.

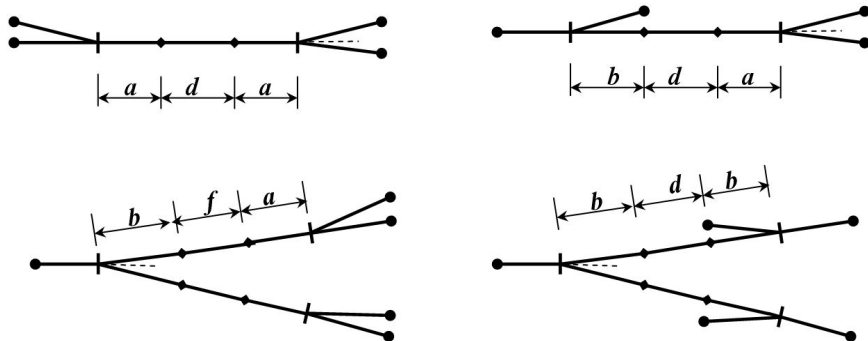


Рисунок 2.7 – Схемы взаимного размещения обыкновенных и симметричных стрелочных переводов

Сложные соединения стрелочных переводов с использованием различных типов и марок применяют в конструкциях горочных горловин, где требуется компактная увязка с соблюдением минимальных значений междупутий и кривизны соединительных круговых кривых.

2.4 Задачи по разделу

Задача 1 Рассчитать расстояние между центрами стрелочных переводов на прямоотправочном пути по схеме 3 (см. рисунок 2.1, в) при укладке переводов различных марок крестовины ($\text{tg } \alpha_1 = 1/11$, $\text{tg } \alpha_2 = 1/9$).

Задача 2 Почему для схем рисунка 2.1, г, д нельзя рассчитывать расстояния между центрами смежных переводов по формулам

$$L_4 = b + d + a, L_5 = b + d + b ?$$

Задача 3 Доказать, что формула (2.1) может быть использована для учебных расчетов с достаточной точностью.

Задача 4 Рассчитать длину вставки f для схемы рисунка 2.2, в.

Задача 5 Рассчитать длину вставки f между стрелочными переводами 1–2 и 1–3 по схемам рисунка 2.2, в при укладке стрелочных переводов различных типов.

2.5 Решение задач

Решение задачи 1. Расчет расстояния между центрами переводов производится по формуле

$$L_3 = b_{1/11} + d + a_{1/9} = 19,31 + 12,5 + 15,46 = 47,27 \text{ м.}$$

Решение задачи 2. Пусть все элементы путевого развития укладывают на прямоотправочном пути. Расстояния между центрами переводов по предлагаемому формулам

$$L_4 = 15,64 + 12,50 + 15,46 = 43,60 \text{ м, } L_5 = 15,64 + 12,50 + 15,64 = 43,78 \text{ м.}$$

Величины междупутий e_4 и e_5 , возникающих при таком соединении стрелочных переводов через прямую вставку d , равны

$$e_4 = L_4 \sin \alpha = 43,60 \cdot 0,110433 = 4,81 \text{ м};$$

$$e_5 = L_5 \sin \alpha = 43,78 \cdot 0,110433 = 4,83 \text{ м}.$$

Рассчитанные значения междупутий менее установленных на станции, равных 5,30 м. Поэтому по данным схемам взаимного расположения стрелочных переводов расстояния между их центрами необходимо рассчитывать по формуле (2.1).

Решение задачи 3. Рассмотрим окружность единичного радиуса, определяющую соотношение тригонометрических функций (рисунок 2.8).

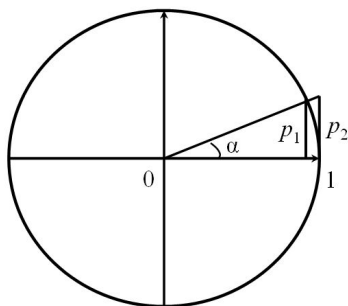


Рисунок 2.8 – Треугольники на единичной окружности для расчета тригонометрических функций $\sin \alpha$ и $\operatorname{tg} \alpha$

Согласно рисунку 2.8

$$\sin \alpha = p_1 / 1, \operatorname{tg} \alpha = p_2 / 1.$$

Так как углы марок крестовин малы ($\alpha_{1/11} = 5^\circ 11' 40''$, $\alpha_{1/9} = 6^\circ 20' 25''$), то

$$p_1 \approx p_2 \rightarrow \sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha.$$

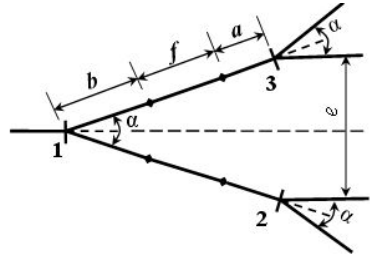
Для целей обучения проектированию станций замена тригонометрических функций позволяет с достаточной точностью и быстро выполнять соответствующие вычисления. Так, для схем 4 и 5 (см. рисунок 2.1, z , d) расстояние между центрами стрелочных переводов, оцениваемое формулой (2.1), при укладке стрелочных переводов марки 1/9 и междупутье $e = 5,30$ м равно $5,30 \cdot 9 = 47,70$ м (величина междупутья умножается на значение, обратное тангенсу угла крестовины, т. е. $\operatorname{ctg} \alpha$). Точный расчет приводит к результату $5,30 / \sin(6^\circ 20' 25'') = 5,30 / 0,110433 = 47,99$ м.

Погрешность составляет $47,99 - 47,70 = 0,29$ м. Если план станции вычерчивается в масштабе 1:1000, то ошибка в точности отметки центра перевода составляет 0,29 мм.

Для практики проектирования данная погрешность может быть критичной, так как привязку центров стрелочных переводов осуществляют в координатной системе с точностью до 1 мм.

Решение задачи 4. Полная расчетная схема приведена на рисунке 2.9.

Рисунок 2.9 – Расчетная схема соединения трех симметричных стрелочных переводов



Схему взаимного положения всех переводов ориентируют таким образом, что она симметрична относительно оси OX . Для расчета величины вставки f проецируют все элементы соединений между переводами 1 и 3 на ось OY .

$$b \sin \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} + a \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{2}, \quad \frac{e}{2} - (b + a) \sin \frac{\alpha}{2} = f \sin \frac{\alpha}{2},$$

$$f = \frac{\frac{e}{2} - (b + a) \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{e}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - b - a.$$

В результате расчетов получают

$$f = 5,30 / (2 \cdot 0,08248) - 10,56 - 6,93 = 14,64 \text{ м.}$$

Общая длина соединения двух симметричных переводов по данной схеме составляет

$$L = b + f + a = 10,56 + 14,64 + 6,93 = 32,13 \text{ м.}$$

Решение задачи 5. Определяем возможные основные схемы взаимного положения трех стрелочных переводов марок 1/9 и 1/6, образующих выходы на параллельные пути с требуемым междупутьем e (рисунок 2.10).

Расчет по схеме рисунка 2.10, a приводит к следующей последовательности вычислительных операций:

$$(b_{1/6} + a_{1/9}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + f \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} - (b_{1/9} + d + T) \sin \left(\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2} \right) = \frac{e}{2},$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2}}{2},$$

$$f = \frac{\frac{e}{2} - (b_{1/6} + a_{1/9}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + (b_{1/9} + d + T) \sin \left(\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2} \right)}{\sin \frac{\alpha_{1/6}}{2}}.$$

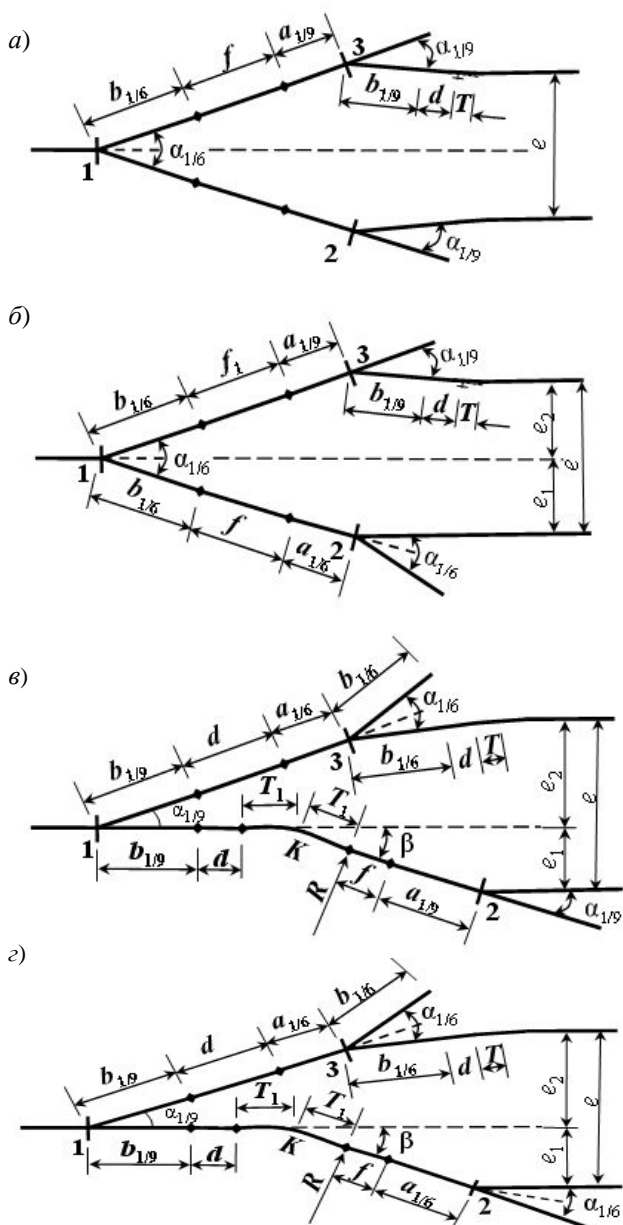


Рисунок 2.10 – Расчетные схемы соединения переходов различных типов:

a – 1/6-1/9-1/9; *б* – 1/6-1/6-1/9; *в* – 1/9-1/9-1/6; *з* – 1/9-1/6-1/6

По схеме рисунка 2.10, б определяют величину вставки f .

$$(b_{1/6} + a_{1/9}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + f_1 \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} - (b_{1/9} + d + T) \sin \left(\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2} \right) = e_2,$$

$$(b_{1/6} + a_{1/6}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + f \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} = e_1, \quad e = e_1 + e_2,$$

$$(b_{1/6} + a_{1/6}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + f \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} +$$

$$+ (b_{1/6} + a_{1/9}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + f_1 \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} - (b_{1/9} + d + T) \sin \left(\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2} \right) = e,$$

$$f = \frac{e - (b_{1/6} + a_{1/9}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2} + (b_{1/9} + d + T) \sin \left(\alpha_{1/9} - \frac{\alpha_{1/6}}{2} \right) - (b_{1/6} + f_1 + a_{1/6}) \sin \frac{\alpha_{1/6}}{2}}{\sin \frac{\alpha_{1/6}}{2}}.$$

Специфичность схемы рисунка 2.10, в заключается в том, что требуется укладка криволинейного участка пути для выхода на междупутье e . Угол β , образуемый из-за отворота пути, равен марке крестовины стрелочного перевода, укладываемого после данной кривой. Для рассматриваемого случая $\text{tg } \beta = 1/9$.

$$(T_1 + f + a_{1/9}) \sin \beta = e_1, \quad \beta = \alpha_{1/9}, \quad f = \frac{e_1 - (T_1 + a_{1/9}) \sin \beta}{\sin \beta}.$$

Если по результатам расчета $f < d$, укладываемой при данных условиях проектирования, то принимается, что $f = d$.

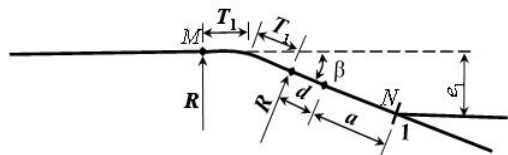
При укладке после кривой симметричного стрелочного перевода марки 1/6 формируется схема рисунка 2.10, г.

$$(T_1 + f + a_{1/6}) \sin \beta = e_1, \quad \beta = \frac{\alpha_{1/6}}{2},$$

$$f = \frac{e_1 - (T_1 + a_{1/6}) \sin \beta}{\sin \beta}.$$

В общей постановке задач рисунка 2.10, в, г требуется определить величину угла β , на который необходимо повернуть сегмент путевого развития от точки M (начала кривой) до точки N (ЦП), чтобы обеспечить требуемое значение e_1 (рисунок 2.11).

Рисунок 2.11 – Расчетная схема для определения величины угла β



Определяют следующую последовательность расчетов:

$$(T_1 + d + a) \sin \beta = e_1, \quad T_1 = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Известно, что

$$\sin \beta = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}.$$

Поэтому

$$\left(R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + d + a \right) \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} = e_1$$

Производим замену переменной $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = z$.

Получаем

$$\begin{aligned} (Rz + d + a) \frac{2z}{1 + z^2} &= e_1, \quad 2Rz^2 + 2zd + 2az = e_1(1 + z^2), \\ -e_1 - e_1 z^2 + 2Rz^2 + 2zd + 2az &= 0, \quad (2R - e_1)z^2 + (2d + 2a)z - e_1 = 0, \\ z_{1,2} &= \frac{-(2d + 2a) \pm \sqrt{4d^2 + 4a^2 + 8ad + 4(2R - e_1)e_1}}{2(2R - e_1)}. \end{aligned}$$

Так как $z > 0$, то вычисляют

$$z = \frac{-(2d + 2a) + \sqrt{4d^2 + 4a^2 + 8ad + 4(2R - e_1)e_1}}{2(2R - e_1)} = 0,0683367.$$

При обратной замене переменных и $e = 5,30$ м получают решение

$$\frac{\beta}{2} = \operatorname{arctg} z, \quad \beta = 2 \operatorname{arctg} z = 2 \cdot 3,90999 = 7,8^\circ.$$

2.6 Контрольные вопросы

- 1 Почему между стрелочными переводами укладывают прямую вставку?
- 2 Какие марки стрелочных переводов укладывают на главных путях?
- 3 От чего зависит величина прямой вставки между двумя смежными стрелочными переводами?
- 4 Как рассчитывается расстояние между центрами смежных переводов, если по схеме взаимной укладки боковые пути уложены через междупутье?
- 5 Чему равна величина прямой вставки d для простых схем соединения симметричных переводов (см. рисунок 2.2, а, б)?

3 СОЕДИНЕНИЯ ДВУХ ПУТЕЙ

3.1 Соединения двух параллельных путей

Два параллельных пути имеют постоянную величину междупутья и могут соединяться с помощью обыкновенного стрелочного перевода. Если значение междупутья не более 7,5 м, то оба пути имеют выход на стрелочный перевод под углом марки крестовины, а при большем междупутье – под таким же углом с сокращенным соединением (рисунок 3.1).

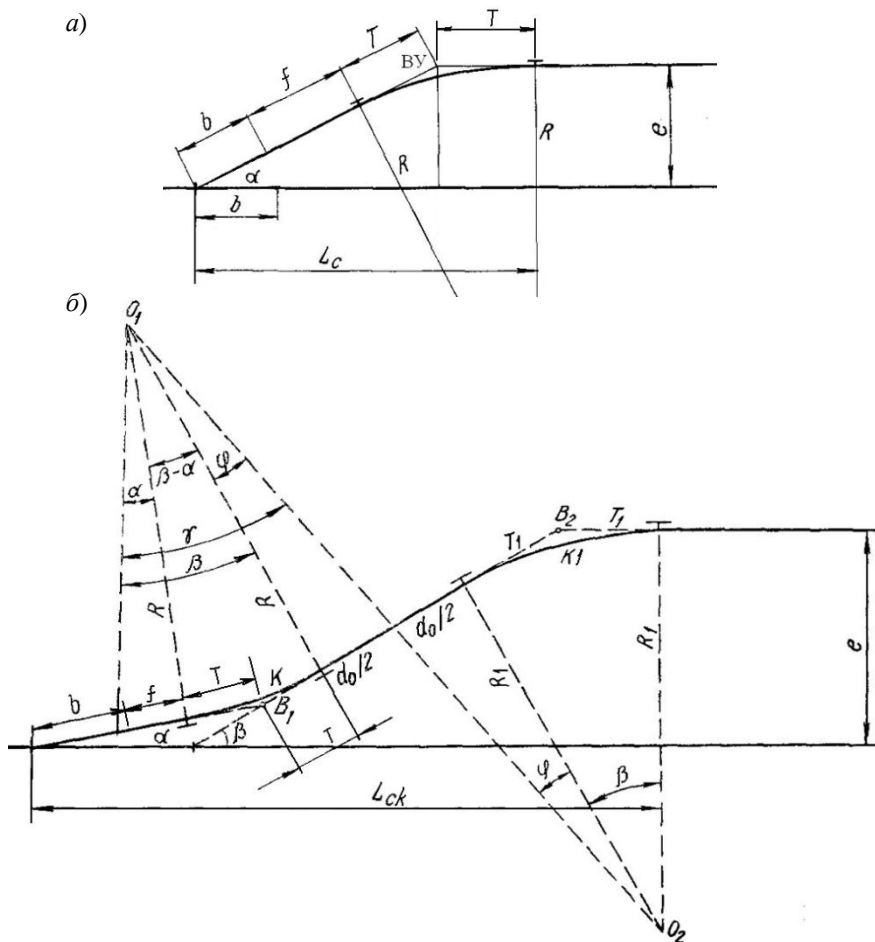


Рисунок 3.1 – Соединения двух параллельных путей:
 a – несокращенное; b – сокращенное

Длины соединений рассчитываются от центра связывающего два пути перевода до конца кривой. Для приведенных схем

$$L_c = (b + f + T)\cos \alpha + T;$$

$$L_{ck} = (b + f + T)\cos \alpha + (T + d_0 + T_1)\cos \beta + T_1.$$

Другими вариантами связи двух параллельных путей являются съезды (рисунок 3.2).

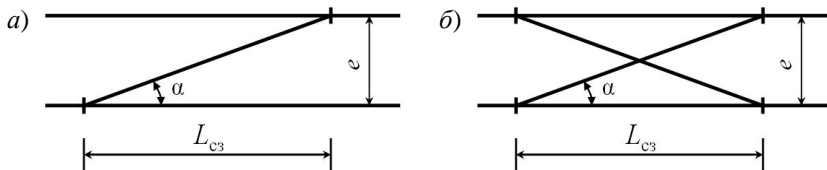


Рисунок 3.2 – Соединения двух параллельных путей посредством съездов:
а – простого; б – перекрестного

Данные схемы используются при междупутьях, не более 7,5 м.

$$L_{c3} = e \operatorname{ctg} \alpha.$$

При широких междупутьях рекомендуется использовать сокращенные съезды (рисунок 3.3).

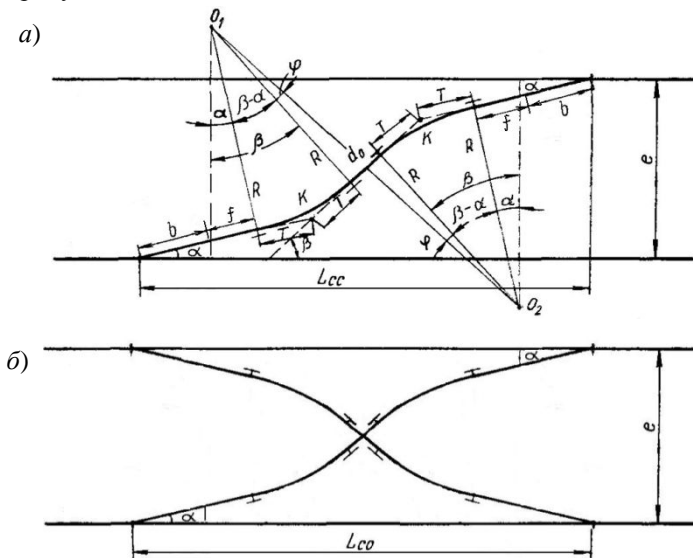


Рисунок 3.3 – Сокращенные съезды: а – простой; б – перекрестный

Расчетные длины съездов $L_{co} = L_{cc} = 2(b + f + T)\cos \alpha + (2T + d_0)\cos \beta.$

Съезд между двумя параллельными путями может быть запроектирован, когда стрелочные переводы укладываются с различными марками крестовин (рисунок 3.4).

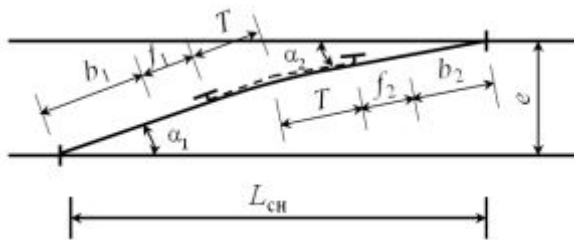


Рисунок 3.4 – Соединение параллельных путей съездом с различными марками стрелочных переводов

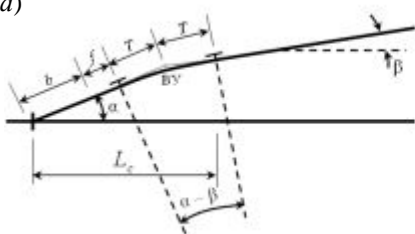
Расчетный параметр

$$L_{\text{сн}} = (b_1 + f_1 + T)\cos \alpha_1 + (T + f_2 + b_2)\cos \alpha_2.$$

3.2 Соединения двух непараллельных путей

В определенных условиях требуется обеспечить соединение двух непараллельных путей стрелочным переводом или съездом (рисунок 3.5).

а)



б)

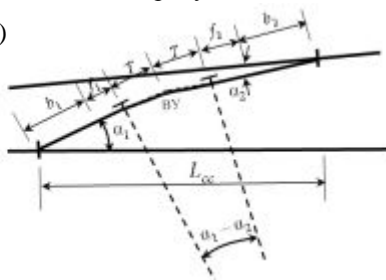


Рисунок 3.5 – Соединения непараллельных путей:

α – обыкновенным стрелочным переводом;

β – съездом со стрелочными переводами различных марок

Длины всех соединений (см. рисунок 3.5) определяются по формулам:

$$L_c = (b + f + T)\cos \alpha + T\cos (\alpha - \beta);$$

$$L_{\text{сс}} = (b_1 + f_1 + T)\cos \alpha_1 + (T + f_2 + b_2)\cos (\alpha_1 - \alpha_2).$$

3.3 Совмещение путей

Конструктивной особенностью совмещения является пересечение двух путей различной колеи e_1 и e_2 с совмещением одного рельса для движения по обоим путям (рисунок 3.6).

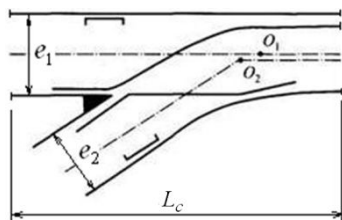


Рисунок 3.6 – Схема совмещения путей

Подобные схемы применяются на перегрузочных станциях при необходимости выгрузки и погрузки грузовых вагонов узкой и широкой колеи через повышенный путь в склад и обратно в вагоны. Оси двух путей (широкого и узкого) пересекаются в точке O_1 . Оси основного и бокового узкого пути пересекаются в точке O_2 . Длину соединения L_c определяют как расстояние от переднего стыка рамного рельса до заднего стыка крестовины стрелочного перевода, но только с одним острьяком.

3.4 Задачи по разделу

Задача 1 Согласно схеме рисунка 3.3, *a* вычислить величину междупутья e при $d_0 = 0, f = 0, \operatorname{tg} \alpha = 1/9, \beta = 2\alpha, R = 200$ м.

Задача 2 Определить длину соединения путей для схемы рисунка 3.4 при $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/9, \operatorname{tg} \alpha_2 = 1/11, f_1 = f_2 = 4,5$ м.

Задача 3 Вычислить величину междупутья e для схемы рисунка 3.4 и условий предыдущей задачи.

Задача 4 Вычислить величину прямой вставки f в соединении двух непараллельных путей (см. рисунок 3.5, *a*) при $\alpha_{1/9}, \beta = \alpha_{1/9}/2, T = 3$ м, $L_c = 30$ м.

Задача 5 Согласно схеме рисунка 3.1, *б* записать аналитические выражения для определения длины соединения двух параллельных путей L_{ck} и величины междупутья e при $R_1 = R$ и $d_0 = f$.

3.5 Решение задач

Решение задачи 1. Проецированием на ось OY всех перечисленных элементов сокращенного съезда рисунка 3.3, *a* получают выражение

$$2(b_{1/9} + T) \sin \alpha + 2T \sin 2\alpha = e,$$

где

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

При $b_{1/9} = 15,64$ м

$$e = 2 \left(15,64 + R \operatorname{tg} \frac{6,3402}{2} \right) \sin 6,3402 + 2R \operatorname{tg} \frac{6,3402}{2} \sin(2 \cdot 6,3402) = 6,01 \text{ м.}$$

Решение задачи 2. Согласно расчетной модели схемы рисунка 3.4

$$L_{\text{сн}} = (b_{1/9} + f + T)\cos \alpha_{1/9} + (T + f + b_{1/11})\cos \alpha_{1/11},$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha_{1/9} - \alpha_{1/11}}{2}.$$

$$L_{\text{сн}} = (15,64 + 4,5 + 1,998) \cdot \cos 6,3402 + (1,998 + 4,5 + 19,31) \times \\ \times \cos 5,1944 = 47,70 \text{ м.}$$

Решение задачи 3. При проецировании элементов соединения на ось OY величина междупутья

$$e = (b_{1/9} + f + T)\sin \alpha_{1/9} + (T + f + b_{1/9})\sin \alpha_{1/11} = \\ = (15,64 + 4,5 + 1,98) \cdot 0,110433 + (1,98 + 4,5 + 19,31) \cdot 0,090535 = 4,78 \text{ м.}$$

Решение задачи 4. По расчетной схеме рисунка 3.5, a

$$L_c = (b + f + T)\cos \alpha + T\cos (\alpha - \beta),$$

откуда

$$f = \frac{L_c - (b + T)\cos \alpha - T\cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \alpha} = \\ = \frac{30 - (15,64 + 3) \cdot 0,9939 - 3 \cdot 0,9985}{0,9939} = 8,64 \text{ м.}$$

Решение задачи 5.

$$L_{ck} = (b + f + T)\cos \alpha + (T + T_1 + d_0)\cos \beta + T_1,$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}, T_1 = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2},$$

$$e = (b + f + T_1)\sin \alpha + (T + T_1 + d_0)\sin \beta.$$

3.6 Контрольные вопросы

- 1 Чем отличается прямая вставка d_0 от вставки f (см. рисунок 3.1, б)?
- 2 Почему сокращенные соединения путей рекомендуют использовать при широких междупутьях?
- 3 Какие междупутья считаются нормальными на станции, а какие – уширенными?
- 4 Почему расстояние между центрами переводов обыкновенного съезда (см. рисунок 3.2, а) рассчитывают по формуле $L_{c3} = e \operatorname{ctg} \alpha$?
- 5 Когда возникает необходимость укладки в съезде стрелочных переводов различных марок крестовины?
- 6 Что представляет собой точка пересечения соединительных участков путей в перекрестном сокращенном съезде (см. рисунок 3.3, б)?
- 7 Чем конструкционно отличается совмещение от сплетения путей?

4 ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПУТЕЙ

4.1 Пересечение путей с помощью перекрестного стрелочного перевода

Перекрестный стрелочный перевод обеспечивает пересечение двух путей с минимальной длиной соединения (рисунок 4.1).

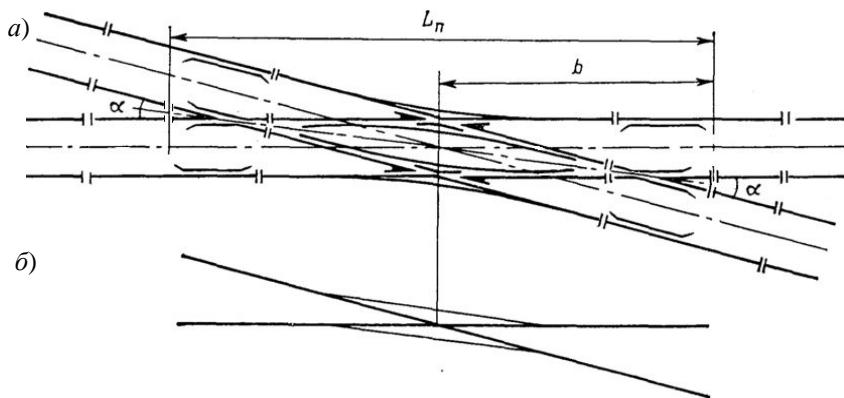


Рисунок 4.1 – Виды пересечения путей с помощью перекрестного перевода:
a – в рельсах; *б* – в осях путей

Перекрестный стрелочный перевод заменяет два обыкновенных перевода, укладываемых навстречу друг другу. Особенностью данного пересечения является возможность выхода с основного маршрута (по прямой) на боковой. Длина пересечения L_n ограничивается расстоянием между задними стыками крестовин.

4.2 Глухое пересечение путей

При исключении из перекрестного перевода стрелок, обеспечивающих переход на боковые пути, получается глухое пересечение (рисунок 4.2).

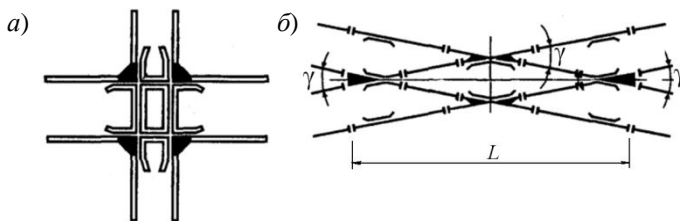


Рисунок 4.2 – Глухое пересечение:
a – прямоугольное; *б* – косоугольное

Прямой угол пересечения путей определяет прямоугольную конфигурацию пересечения. Если угол пересекающихся путей не равен 90° , то глухое

пересечение называется косоугольным. В этом случае углы пересечения путей $\text{tg} \gamma = 2/6, 2/9, 2/11$ и $30, 45, 60, 75^\circ$. Пересекаться пути могут одной или разной ширины колеи. Конструкция глухих пересечений включает крестовины и контррельсы. Длина пересечения определяется по задним стыкам крестовин. Глухие пересечения используются в горловинах станций и на подъездных путях. Между другими стрелочными переводами и глухими пересечениями рекомендуют укладывать прямые ставки длиной 4,5 м.

4.3 Устройства пути для поворота подвижного состава

Для связи путей в локомотивном депо, проектируемых по веерной схеме, используется поворотный круг (рисунок 4.3).

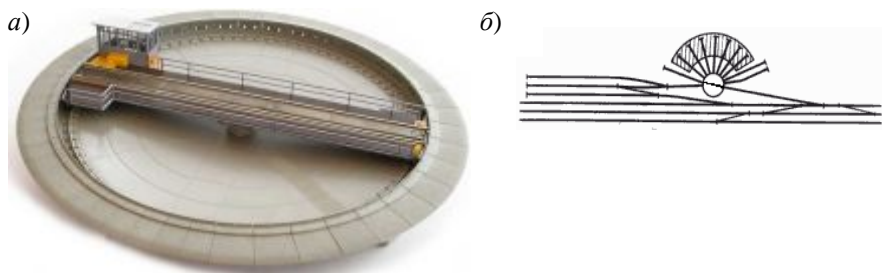


Рисунок 4.3 – Поворотный круг:
а – конструкция; б – схема связи путей в депо

При выполнении некоторых технологических операций по обслуживанию вагонов рабочего парка и испытанию новых вагонов требуется разворот подвижного состава. Основные конструкции данных устройств связаны с сооружением разворотных треугольников и петлевых ходов (рисунок 4.4).

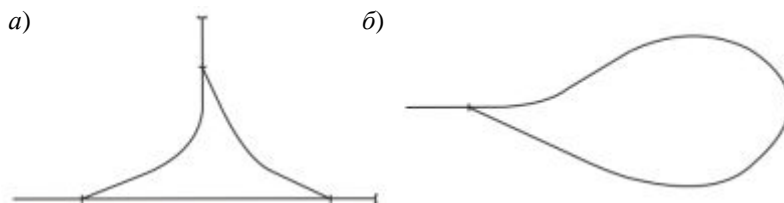


Рисунок 4.4 – Разворотные устройства пути: а – треугольник; б – петля

4.4 Сплетение путей

Сплетение рассматривается как пересечение путей по одному рельсу с переходом обоих путей на одно земляное полотно и сохранением всех четырех рельсовых нитей по длине всего пересечения (рисунок 4.5).

Сплетение путей характеризуется наличием двух крестовин и отсутствием остряков.

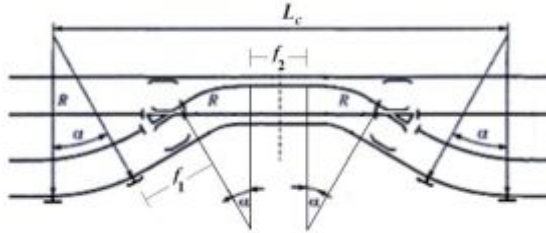


Рисунок 4.5 – Сплетение путей

Длина пересечения L_c определяется между концами кривых на пути, сплетающимся с основным путем.

4.5 Задачи по разделу

Задача 1 Рассчитать и сравнить длины перекрестного стрелочного перевода и пересечения пути с помощью двух стрелочных переводов по схеме взаимного расположения острьяками друг к другу.

Задача 2 Если полная длина косоугольного глухого пересечения марки 2/9 равна $L_{2/9}$, то чему равна длина косоугольного глухого пересечения марки 2/6 при равных значениях всех остальных параметров?

Задача 3 Определить максимальное количество путей, укладываемых по периметру поворотного круга с диаметром, равным длине локомотива.

Задача 4 Рассчитать длину маршрутов передвижения маневрового локомотива с одним вагоном по разворотным устройствам пути типа «треугольник» и «петля» (см. рисунок 4.4). Длины тупиковых участков треугольника принимать равной суммарной длине локомотива и вагона (плюс 10 м на неточность положения). Все разворотные устройства пути имеют кривые участки радиусом 200 м, которые могут укладываться без прямых вставок, и стрелочные переводы марки крестовины 1/9.

Задача 5 Записать общее аналитическое выражение длины сплетения путей.

4.6 Решение задач

Решение задачи 1. Согласно эюре перекрестного стрелочного перевода марки 1/9 типа Р65 (рисунок 4.6) его полная длина составляет 47,653 м.

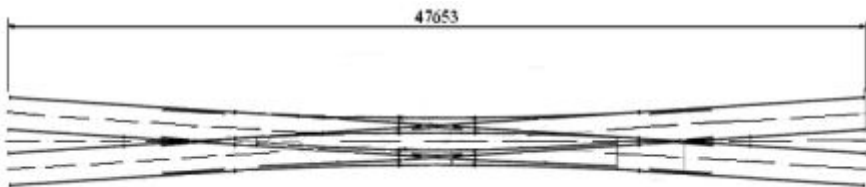


Рисунок 4.6 – Схема перекрестного стрелочного перевода с полной длиной пересечения

Длина соответствующего пересечения с помощью пары обыкновенных (см. рисунок 2.1, б) стрелочных переводов при укладке на станционных путях составляет:

$$L_{\text{обыкн}} = b_{1/9} + a_{1/9} + d + a_{1/9} + b_{1/9};$$

$$L_{\text{обыкн}} = 15,93 + 15,22 + 6,25 + 15,22 + 15,93 = 68,55 \text{ м.}$$

Таким образом, использование перекрестного стрелочного перевода по сравнению со взаимной укладкой двух обыкновенных стрелочных переводов приводит для конкретной схемы к сокращению общей длины пересечения путей на $68,55 - 47,65 = 20,90 \text{ м.}$

Решение задачи 2. Расчетная схема для решения данной задачи приведена на рисунке 4.7.

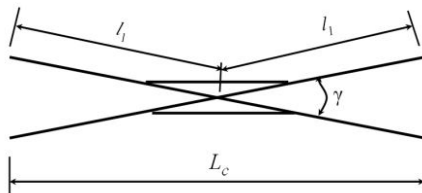


Рисунок 4.7 – Косоугольное глухое пересечение

Длина косоугольного соединения

$$L_{2/9} = 2l_1 \cos \frac{\gamma_{2/9}}{2}.$$

Согласно условию поставленной задачи все параметры глухого пересечения марки 2/6 сохраняются. Тогда

$$L_{2/6} = 2l_1 \cos \frac{\gamma_{2/6}}{2}.$$

Длина соединения марки 2/6 будет короче соединения 2/9 на величину

$$2l_1 \cos \frac{\gamma_{2/9}}{2} - 2l_1 \cos \frac{\gamma_{2/6}}{2}.$$

Решение задачи 3. Длина окружности с диаметром $l_{\text{лок}} = 17 \text{ м}$

$$L = \pi l_{\text{лок}} = 3,14 \cdot 17 = 53,38 \text{ м.}$$

На укладку одного пути требуется часть длины окружности

$$L_{\text{пут}} = e_{\text{к}} + 2b_{\text{рельс}},$$

где $e_{\text{к}}$ – ширина колеи, $e_{\text{к}} = 1,52 \text{ м}$,

$b_{\text{рельс}}$ – ширина подошвы рельса типа Р50, $b_{\text{рельс}} = 132 \text{ мм}$.

$$L_{\text{пут}} = 1,52 + 2 \cdot 0,132 = 1,784 \text{ м.}$$

Максимальное число укладываемых путей по всему периметру поворотного круга

$$n_{\text{пут}} = \left[\frac{\pi l_{\text{лок}}}{e + 2b_{\text{рельс}}} \right] = \left[\frac{53,38}{1,784} \right] = 29.$$

Решение задачи 4. Для решения задачи принимают следующие исходные данные:

- длина от переднего стыка рамного рельса до центра перевода $a = 15,64$ м;
- длина вагона $l_{\text{ваг}} = 15$ м;
- длина локомотива $l_{\text{лок}} = 17$ м.

1 *Проектирование разворотного устройства типа «треугольник».*

Расчетная схема разворотного треугольника приведена на рисунке 4.8.

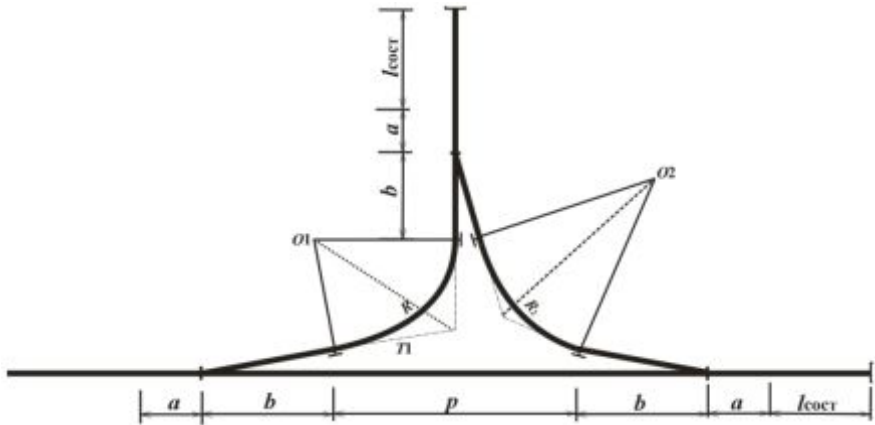


Рисунок 4.8 – Расчетная схема разворотного треугольника

Тангенс $T1$ кривой, укладываемой между переводами 1 и 2 от центра $O1$,

$$T1 = R \operatorname{tg} \frac{90 - \alpha}{2} = 200 \operatorname{tg} \frac{90 - 6,3402}{2} = 179 \text{ м.}$$

Длины участков прямых от стрелочных переводов 2 и 3 до упоров соответствующих тупиковых путей

$$L_{2\text{-уп}(3\text{-уп})} = a + l_{\text{соств}} = a + l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}} + 10 = 15,46 + 15 + 17 + 10 = 57,46 \text{ м.}$$

Тангенс $T2$ кривой, укладываемой между переводами 2 и 3 от центра $O2$,

$$T2 = R \operatorname{tg} \frac{90 - 2\alpha}{2} = 200 \operatorname{tg} \frac{90 - 2 \cdot 6,3402}{2} = 160 \text{ м.}$$

Полезная длина прямого участка пути между переводами 1 и 3

$$p = 2(l_{\text{пред}} - b) + T1 \cos \alpha + (b + T2) \cos (90 - \alpha) + (T2 + b) \cos \alpha,$$

где $l_{\text{пред}}$ – расстояние от центров переводов 1 и 3 до соответствующих положений предельных столбиков, $l_{\text{пред}} = 43$ м.

$$p = 2(43 - 15,64) + 179 \cdot \cos 6,3402 + (15,64 + 160) \cos (90 - 6,3402) + (160 + 15,64) \cos 6,3402 = 426,59 \text{ м.}$$

Общая длина маршрута передвижения локомотива с вагонов по разворотному треугольнику, начиная от стрелочного перевода 1 через стрелки 2, 3 к стрелочному переводу 1, составляет

$$L_{\text{маршрут}} = b + K_1 + b + a + l_{\text{сост}} + a + b + K_2 + b + a + l_{\text{сост}} + a + b + p + b + a = 6b + 5a + K_1 + 2l_{\text{сост}} + K_2 + p,$$

где $K_1 = \pi R(90 - \alpha) / 180 = 3,1416 \cdot 200(90 - 6,3402) / 180 = 292,03$ м,
 $K_2 = \pi R(90 - 2\alpha) / 180 = 3,1416 \cdot 200(90 - 2 \cdot 6,3402) / 180 = 269,90$ м.

$$L_{\text{маршрут}} = 6 \cdot 15,64 + 5 \cdot 15,46 + 292,03 + 2 \cdot 32 + 269,90 + 426,59 = 1224,56 \text{ м.}$$

2 Проектирование разворотного устройства типа «петля».

Схемы разворотного устройства приведены на рисунке 4.9.

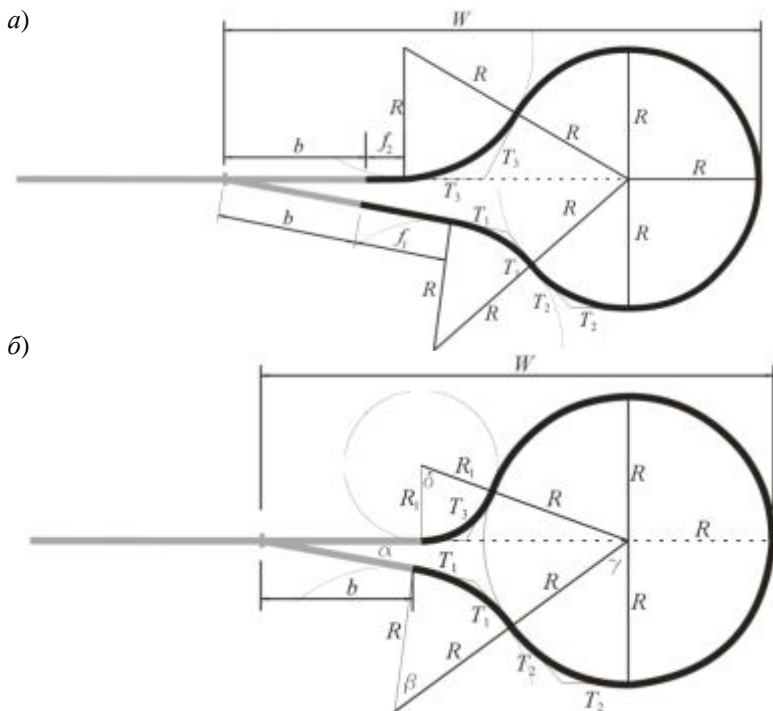


Рисунок 4.9 – Схемы петлевого разворотного устройства пути: *а* – с прямыми вставками и постоянным радиусом; *б* – без вставок с различными радиусами кривых

Вариант петли рисунка 4.9, *б* отличается от схемы рисунка 4.9, *а* укладкой соединительных вставок f_1 и f_2 между стрелочным переводом и криволинейными сегментами круговой кривой. Наличие данных вставок позволяет укладывать все кривые постоянного радиуса R .

Рассмотрим схему петлевого хода разворота вагона при $f_2 = 0$, $f_1 = f$ и $R_1 < R$ (рисунок 4.10).

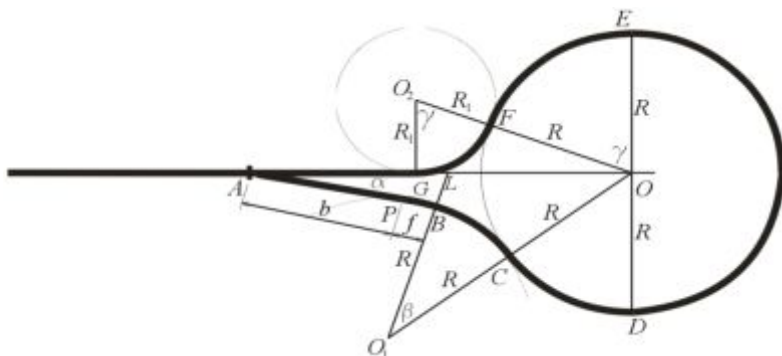


Рисунок 4.10 – Расчетная схема петлевого разворота для определения длины маршрута перемещения вагона

Длина маршрута перемещения вагона L_M с локомотивом по петлевому ходу определяется от точки G (начала кривой при движении по прямому пути за стрелку), по круговой кривой через точки E и D , до точки P (заднего стыка крестовины стрелочного перевода).

Согласно схеме

$$\angle O_1LO = \pi - \angle ALB = \pi - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{\pi}{2} + \alpha,$$

$$\angle LOO_1 = \pi - \angle O_1LO - \beta = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \beta), \quad \angle O_1OD = \frac{\pi}{2} - \angle LOO_1 = \alpha + \beta.$$

Из $\triangle LOO_1$

$$\frac{LO}{\sin \beta} = \frac{OO_1}{\sin \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right)} = \frac{LO_1}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - (\alpha + \beta) \right)}, \quad \frac{LO}{\sin \beta} = \frac{2R}{\cos \alpha} = \frac{LO_1}{\cos(\alpha + \beta)},$$

поэтому

$$\frac{LB + BO_1}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{2R}{\cos \alpha}, \quad \frac{R + (b + f)\operatorname{tg} \alpha}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{2R}{\cos \alpha}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{(R + (b + f)\operatorname{tg} \alpha)\cos \alpha}{2R} = \frac{R \cos \alpha + (b + f)\sin \alpha}{2R}$$

$$\alpha + \beta = \arccos \frac{R \cos \alpha + (b + f)\sin \alpha}{2R}, \quad \beta = \arccos \frac{R \cos \alpha + (b + f)\sin \alpha}{2R} - \alpha.$$

$$LO = \frac{2R \sin \beta}{\cos \alpha}.$$

Следовательно,

$$OG = AO - AG = AL + LO - AG = \frac{b + f}{\cos \alpha} + \frac{2R \sin \beta}{\cos \alpha} - b.$$

Из ΔOO_2G

$$O_2O^2 = O_2G^2 + OG^2, (R + R_1)^2 = R_1^2 + OG^2, OG^2 = (R + R_1)^2 - R_1^2, \\ OG^2 = 2RR_1 + R^2.$$

Значит,

$$R_1 = \frac{OG^2 - R^2}{2R} = \frac{\left(\frac{b+f}{\cos \alpha} + \frac{2R \sin \beta}{\cos \alpha} - b\right)^2 - R^2}{2R}, \gamma = \arccos\left(\frac{R_1}{R_1 + R}\right).$$

Таким образом, длина искомого маршрута

$$L_M = GF + FE + ED + DC + CB + BP, \\ L_M = \gamma R_1 + \gamma R + \pi R + (\alpha + \beta)R + \beta R + f.$$

Определим величину вставки f при $R_1 = R = 200$ м. Из расчетной схемы (см. рисунок 4.10)

$$\cos \gamma = \frac{R}{2R}, \gamma = \frac{\pi}{3}, OG = 2R \cos \frac{\pi}{3} = R\sqrt{3}, AL + LO = AG + GO, \\ \frac{b+f}{\cos \alpha} + \frac{2R \sin \beta}{\cos \alpha} = b + R\sqrt{3}.$$

Следовательно,

$$f = (b + R\sqrt{3}) \cos \alpha - 2R \sin \beta - b.$$

Из ΔLOO_1

$$\frac{LO_1}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{2R}{\cos \alpha},$$

$$2R \cos(\alpha + \beta) = (R + BL) \cos \alpha, 2R \cos(\alpha + \beta) = [R + (b + f) \operatorname{tg} \alpha] \cos \alpha, \\ 2R \cos(\alpha + \beta) = R \cos \alpha + (b + f) \sin \alpha,$$

$$2R \cos \alpha \cos \beta = R \cos \alpha + (b + R\sqrt{3}) \cos \alpha \sin \alpha, 2R \cos \beta = R + (b + R\sqrt{3}) \sin \alpha,$$

$$\cos \beta = \frac{R + (b + R\sqrt{3}) \sin \alpha}{2R}, \beta = \arccos \frac{R + (b + R\sqrt{3}) \sin \alpha}{2R} = 0,59996. \\ \beta = 0,8 \text{ рад} = 4,8^\circ, f = 24,18 \text{ м}.$$

Решение задачи 5. Длина сплетения путей (см. рисунок 4.5)

$$L_c = 2[2T + (2T + f_1) \cos \alpha + T + f_2/2].$$

4.7 Контрольные вопросы

- 1 Чем отличается глухое пересечение от перекрестного стрелочного перевода?
- 2 Как определить длину перекрестного стрелочного перевода?
- 3 Почему редко применяется перекрестный стрелочный перевод?
- 4 Какая стрелочная улица может обеспечить соединение путей по верней схеме поворотного круга?
- 5 Какие недостатки можно отметить в конструкции поворотного круга?

5 СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ

5.1 Стрелочные улицы под углом, кратным марке крестовины

При увязке путей в парках станций требуется использовать несколько стрелочных переводов, располагаемых относительно друг друга по определенным схемам взаимного расположения. Эти схемы рациональной увязки путей называются стрелочными улицами. Если в стрелочной улице укладываются переводы одной марки крестовины, то формируются сложные несокращенные и сокращенные соединения (рисунок 5.1).

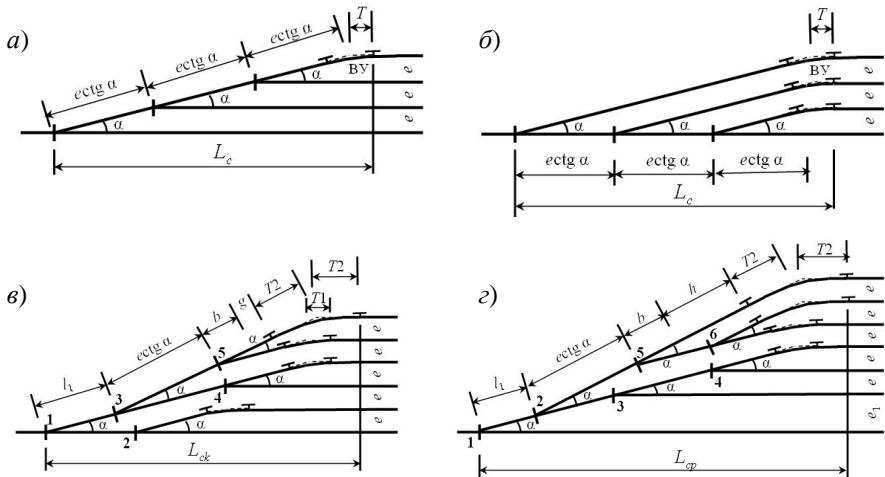


Рисунок 5.1 – Схемы укладки стрелочных улиц под углом α :
 а – несокращенная на боковом пути; б – несокращенная на основном пути;
 в, з – сокращенные

Несокращенные стрелочные улицы (см. рисунок 5.1, а, б) являются наиболее простыми по конструкции, отличающимися местами укладки стрелочных переводов (соответственно на боковом и основном путях). Длина каждого из этих соединений

$$L_c = ectg \alpha(n - 1) + T,$$

где n – количество путей в стрелочной улице.

Недостатком данных улиц является большая длина из-за последовательной увязки всех стрелочных переводов.

Сокращенные стрелочные улицы (см. рисунок 5.1, в, з) обеспечивают увязку большого количества путей благодаря нескольким параллельным линиям размещения переводов. Таким образом можно получить конструкции стрелочных улиц с постоянным междупутьем (см. рисунок 5.1, в) или различным расстоянием между смежными путями (см. рисунок 5.1, з).

$$L_{\text{ск}} = l_1 \cos \alpha + (e \operatorname{ctg} \alpha + b + g + T_2) \cos 2\alpha + T_2;$$

$$L_{\text{сп}} = l_1 \cos \alpha + (e \operatorname{ctg} \alpha + b + h + T_2) \cos 2\alpha + T_2,$$

где $l_1 = (a + d + b)$,

g, h – вставки между задними стыками крестовин стрелочных переводов и началами кривых.

5.2 Стрелочные улицы под углом, не кратным марке крестовины

Если после укладки стрелочного перевода 1 (см. рисунок 5.1, з) запроектировать кривую с тангенсом $T = R \operatorname{tg}(\beta/2)$, где β – некоторый угол поворота (рисунок 5.2), то на боковом пути можно увязывать ряд путей под углом марки стрелочного перевода α .

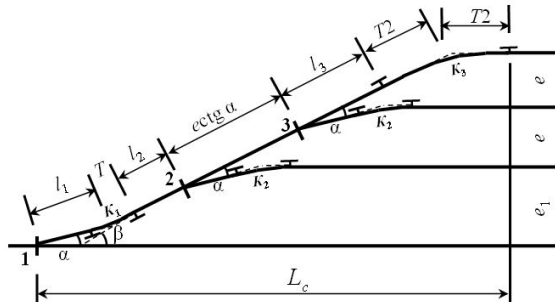


Рисунок 5.2 – Схема укладки стрелочной улицы под углом β

Стрелочные улицы с увязкой путей на боковой линии через кривую под углом β характеризуются большими междупутьями, чем все предыдущие схемы. При этом длина кривой K_1 отлична от длин кривых K_2 , и междупутье $e_1 \neq e$. Длина стрелочной улицы

$$L_c = l_1 \cos \alpha + (T + l_2 + e \operatorname{ctg} \alpha + l_3 + T_2) \cos \beta + T_2,$$

где $l_1 = b + f_1 + T$, $l_2 = f_2 + a$, $l_3 = b + f_3$;

f_1, f_2, f_3 – длины вставок между задними стыками крестовин или передними стыками рамных рельсов и началами кривых.

Данную схему стрелочной улицы применяют при необходимости проектирования в междупутье e_1 различных сооружений.

5.3 Верные стрелочные улицы

Соединения с последовательной укладкой стрелочных переводов по одной схеме взаимного расположения, приводящей к повороту основного пути, позволяют компактно увязать ряд путей в пучок (рисунок 5.3).

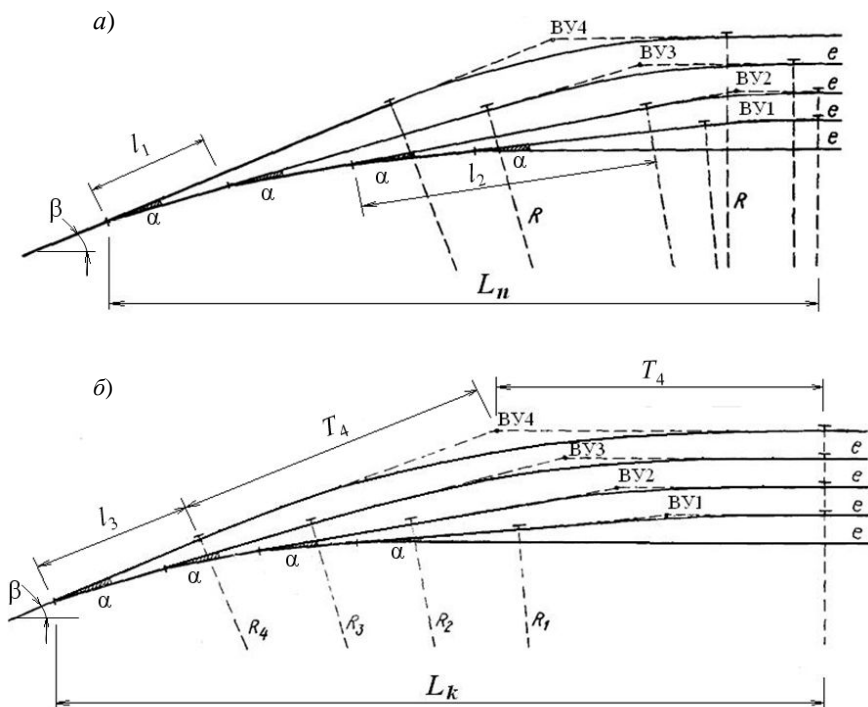


Рисунок 5.3 – Схемы укладки веерных улиц:
a – неконцентрической; *б* – концентрической

Укладка кривых постоянного радиуса R определяет неконцентрическую веерную улицу (см. рисунок 5.3, *a*) с центрами в различных точках. Общая длина данной улицы по проекции на ось OX

$$L_n = l_1 \cos \beta + l_1 \cos (\beta - \alpha) + (l_2 + T_2) \cos (\beta - \alpha) + T_2,$$

где $l_1 = b + d + a$,

$$l_2 = b + f.$$

Фиксированный центр кривых, укладываемых в стрелочной улице веерного типа, формирует соединение, которое называется концентрической схемой (см. рисунок 5.3, *б*). Отличительной особенностью данной улицы является увеличивающийся радиус кривых. При этом

$$R_2 = R_1 + e,$$

$$R_3 = R_2 + e,$$

$$R_4 = R_3 + e.$$

$$L_k = (l_3 + T_4) \cos \beta + T_4,$$

где $l_3 = b + f$.

5.4 Комбинированные стрелочные улицы

Совместное использование различных вариантов стрелочных улиц позволяет получить комбинированные схемы, одна из которых приведена на рисунке 5.4.

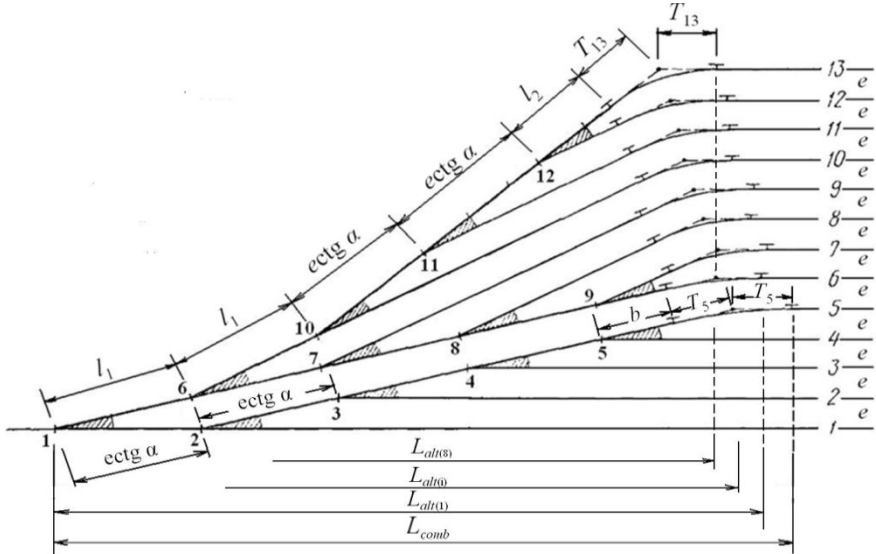


Рисунок 5.4 – Схема комбинированной стрелочной улицы

Увязка первых пяти путей представляет собой несокращенную стрелочную улицу на боковом пути (см. рисунок 5.1, а), 6–10 путей – несокращенную стрелочную улицу на основном пути (см. рисунок 5.1, б). С другой стороны, данную схему можно рассматривать как несокращенные улицы под углом, кратным марке крестовины (см. рисунок 5.1, в, г). Длина комбинированных стрелочных улиц определяется конкретной конфигурацией связи отдельных путей. Для схемы рисунка 5.4 длина L_{comb} рассчитывается по соединению переводов 2–5 на боковом пути и сопоставляется с длинами $L_{alt(i)}$, определяемыми по проекциям элементов улицы 6–13 путей, т. е.

$$L_{comb} = (ectg \alpha) \cdot N_{бок} + (b + T_5)\cos \alpha + T_5,$$

где $N_{бок}$ – количество путей увязки на боковом пути (для схемы рисунка 5.4 $N_{бок} = 4$).

$$L_{alt(1)} = l_1 + 3(ectg \alpha) + (b + T_7)\cos 2\alpha + T_7,$$

$$\dots \dots \dots$$

$$L_{alt(8)} = l_1 \cos \alpha + l_1 \cos 2\alpha + (2ectg \alpha + l_2 + T_{13})\cos 3\alpha + T_{13},$$

где $l_1 = b + d + a$; $l_2 = b + f$.

Расчетная длина данной стрелочной улицы определяется максимальным значением из всех вычисляемых величин параметров:

$$L_{comb}^{расч} = \max(L_{comb}, L_{alt(i)}).$$

5.5 Задачи по разделу

Задача 1 Определить длины стрелочных улиц, представленных на рисунке 5.1, a – b при $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$, $R = 200$ м, $e = 5,30$ м.

Задача 2 Вычислить значение междупутья e_1 для схемы рисунка 5.1, e при условиях предыдущей задачи.

Задача 3 Рассчитать величину прямой вставки f_1 для схемы стрелочной улицы, изображенной на рисунке 5.2, при $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$, $\beta = 2\alpha$, $e_1 = 15,90$ м.

Задача 4 Определить радиус кривой, образуемой точками A , B и C на серединах участков путей между центрами стрелочных переводов марки $1/9$, укладываемых на станционных путях, веерной неконцентрической улицы (см. рисунок 5.5). Прямая вставка $d = 6,25$ м.

Задача 5 Какое максимальное количество путей можно уложить по схеме комбинированной стрелочной улицы рисунка 5.4? Все стрелочные переводы имеют марку крестовины $1/9$, $a = 15,46$ м, $b = 15,64$ м, $e = 5,30$ м, $R = 200$ м.

5.6 Решение задач

Решение задачи 1. Для схем рисунка 5.1, a , b длины соответствующих стрелочных улиц

$$L_c = 3e \operatorname{ctg} \alpha + T = 3e \operatorname{ctg} \alpha + R \operatorname{tg} (\alpha/2) = 3 \cdot 5,30 \cdot 9 + 200 \cdot 0,0554 = 154,18 \text{ м.}$$

Длина стрелочной улицы, изображенной на рисунке 5.1, e ,

$$L_c = l_1 \cos \alpha + (e \operatorname{ctg} \alpha + b + g + T2) \cos 2\alpha + T2,$$

где $l_1 = b + d + a = 15,64 + 6,25 + 15,46 = 37,35$ м.

g – прямая вставка, укладываемая между задним стыком крестовины стрелочного перевода 5 и началом кривой крайнего пути стрелочной улицы.

Длина данной вставки определяется из уравнения суммы проекций элементов улицы на ось OY .

$$l_1 \sin \alpha + (e \operatorname{ctg} \alpha + b + g + T2) \sin 2\alpha = 5e.$$

Из полученного уравнения выражают величину g :

$$g = \frac{5e - l_1 \sin \alpha - (e \operatorname{ctg} \alpha + b + T2) \sin 2\alpha}{\sin 2\alpha},$$

где $T2 = R \operatorname{tg} (2\alpha/2) = 200 / 9 = 22,22$ м.

$$g = \frac{5 \cdot 5,30 - 37,35 \cdot 0,110431 - (5,30 \cdot 9 + 15,64 + 22,22) \cdot 0,21951}{0,21951} = 16,37 \text{ м.}$$

Длина стрелочной улицы

$$L_c = 37,35 \cdot 0,9939 + (47,70 + 15,64 + 16,37 + 22,22) \cdot 0,9756 + 22,22 = 158,79 \text{ м.}$$

Решение задачи 2. Проецирование элементов стрелочных переводов 1 и 2 на ось OY приводит к следующему уравнению:

$$(b + d + a + b + d + a)\sin \alpha = e_1.$$

$$e_1 = (15,64 + 6,25 + 15,46 + 15,64 + 6,25 + 15,46) \cdot 0,110431 = 8,25 \text{ м.}$$

Решение задачи 3. Проекция элементов стрелочной улицы на ось OY позволяет получить уравнение

$$(b + f_1 + T)\sin \alpha + (T + f_1 + a)\sin \beta + (b + f_1 + T2)\sin(\beta - \alpha) = e_1,$$

Откуда

$$f_1 = \frac{e_1 - (b + T)\sin \alpha - (T + a)\sin \beta - (b + T2)\sin(\beta - \alpha)}{\sin \alpha + \sin \beta + \sin(\beta - \alpha)}.$$

Так как по условию задачи $\beta = 2\alpha$, то

$$f_1 = \frac{e_1 - (b + T)\sin \alpha - (T + a)\sin 2\alpha - (b + T2)\sin \alpha}{2\sin \alpha + \sin 2\alpha},$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 200 \cdot 0,0554 = 11,08 \text{ м, } T2 = R \operatorname{tg} \frac{2\alpha}{2} = R \operatorname{tg} \alpha = 22,22 \text{ м.}$$

$$f_1 = \frac{15,90 - (15,64 + 11,08) \cdot 0,1143 - (11,08 + 15,46) \cdot 0,2195 - (15,64 + 22,22) \cdot 0,1143}{2 \cdot 0,1143 + 0,2195}.$$

$$f_1 = 6,00 \text{ м.}$$

Решение задачи 4. Расчетная схема приведена на рисунке 5.5.

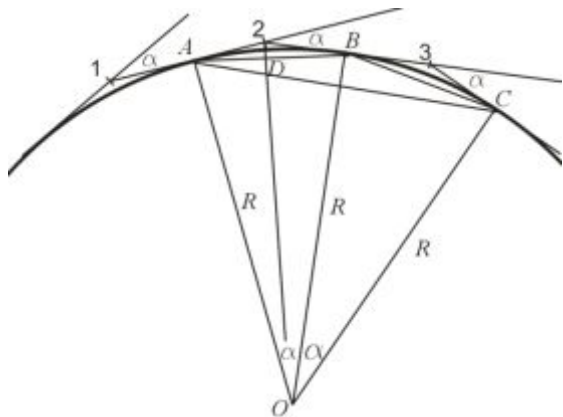


Рисунок 5.5 – Расчетная схема для определения радиуса круговой кривой

По условию задачи через точки A , B и C должна проходить кривая.

$$\begin{aligned}\angle 2BA &= \angle BAC, \\ \angle BA2 &= \angle 2BA, \Rightarrow \angle 2AB = \angle BAC = \alpha/2.\end{aligned}$$

Из $\Delta A2D$ следует, что

$$AD = A2 \cdot \cos(\alpha/2),$$

поэтому

$$AB = 2 \cdot AD = |1,2| \cdot \cos(\alpha/2) = (a + b + d)\cos(\alpha/2).$$

$$R = \frac{AB}{2\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{(a+b+d)\cos\frac{\alpha}{2}}{2\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{a+b+d}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = \frac{37,35}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = 337,18 \text{ м.}$$

Если $d = 0$, то

$$R = \frac{a+b}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = 271,43 \text{ м.}$$

Решение задачи 5. Проекция всех элементов стрелочной улицы на ось OY позволяет получить выражение

$$(b + d + a)\sin \alpha + (b + d + a)\sin 2\alpha + (2e \operatorname{ctg} \alpha + b + f + T_{13})\sin 3\alpha = 12e.$$

Представленная на рисунке 5.4 схема геометрически правильна при условии $f > 0$. Из полученного уравнения

$$f = \frac{12e - (b + d + a)(\sin \alpha + \sin 2\alpha) - (2e \cdot \operatorname{ctg} \alpha + b + T_{13})\sin 3\alpha}{\sin 3\alpha}, \quad T_{13} = R \operatorname{tg} \frac{3\alpha}{2}.$$

$$f = \frac{12 \cdot 5,30 - 37,35 \cdot 0,3299 - (10,60 \cdot 9 + 15,46 + 33,52) \cdot 0,3259}{0,3259} = 42,96 \text{ м.}$$

Для проверки возможности укладки дополнительного 14-го пути в данную стрелочную улицу рассматривают новый вариант (рисунок 5.6).

Элементы стрелочной улицы проецируют на ось OY :

$$\begin{aligned}(b + d + a)\sin \alpha + (b + d + a)\sin 2\alpha + (2e \cdot \operatorname{ctg} \alpha + b + d + a)\sin 3\alpha + \\ + (b + f + T_{14})\sin 4\alpha = 13e.\end{aligned}$$

Из данного выражения определяется искомая величина f .

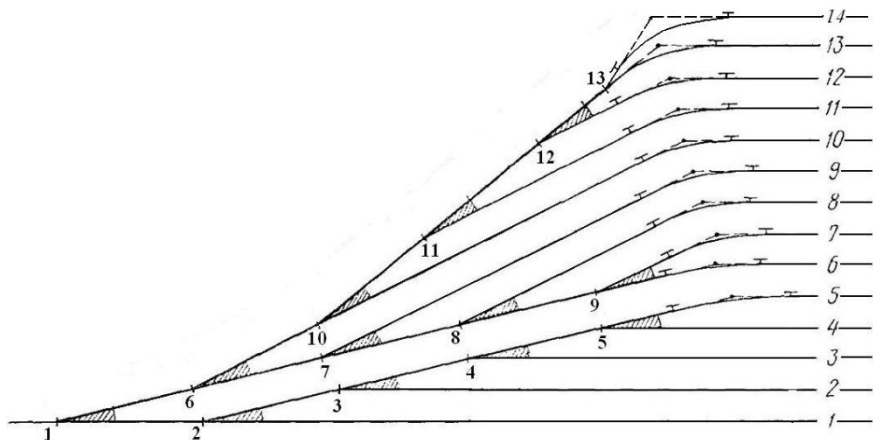


Рисунок 5.6 – Укладка пути 14 в комбинированную стрелочную улицу

$$f = \frac{13e - (b + d + a)(\sin \alpha + \sin 2\alpha) - (2e \operatorname{ctg} \alpha + b + d + a) \sin 3\alpha - (b + T_{14}) \sin 4\alpha}{\sin 4\alpha},$$

$$T_{14} = R \operatorname{tg} \frac{4\alpha}{2}.$$

$$f = -28,98 \text{ м.}$$

Полученное отрицательное значение величины f указывает на невозможность укладки дополнительного пути 14. Таким образом, максимальное число путей, укладываемое по данной схеме комбинированной стрелочной улицы, равно 13.

5.7 Контрольные вопросы

- 1 Какие стрелочные улицы называются сокращенными?
- 2 Почему длины стрелочных улиц рисунка 5.1, a , b рассчитываются по одной формуле?
- 3 Какая стрелочная улица называется веерной?
- 4 В чем принципиальное отличие неконцентрической и концентрической веерной улиц?
- 5 Почему на схеме рисунка 5.1, $e_1 > e$?
- 6 Согласно результатам расчетов, выполненным при решении задачи 4, радиус кривой равен 271,43 м. Практически на станции укладываются кривые с радиусами 200 м, 250 м, 300 м. Как изменится длина прямой вставки, если принять $R = 250$ м? Какой радиус кривой можно уложить в данной схеме рисунка 5.5, чтобы $d = 0$?

6 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СТАНЦИЙ

6.1 Увязка станционных путей в горловинах

Выполнение технологических операций на станции требует определенной увязки путей с сочетанием различных комбинаций стрелочных улиц, отдельных соединений и пересечений. Таким образом, запроектированная стрелочная улица с учетом технологических особенностей ее назначения превращается в горловину станции. В зависимости от числа путей, назначения станционного парка (приема, сортировки, отправления), взаимного расположения устройств формируются относительно простые горловины с небольшим числом стрелочных переводов или сложные комбинированные стрелочные структуры, обеспечивающие значительное число параллельных маршрутов передвижения (рисунок 6.1).

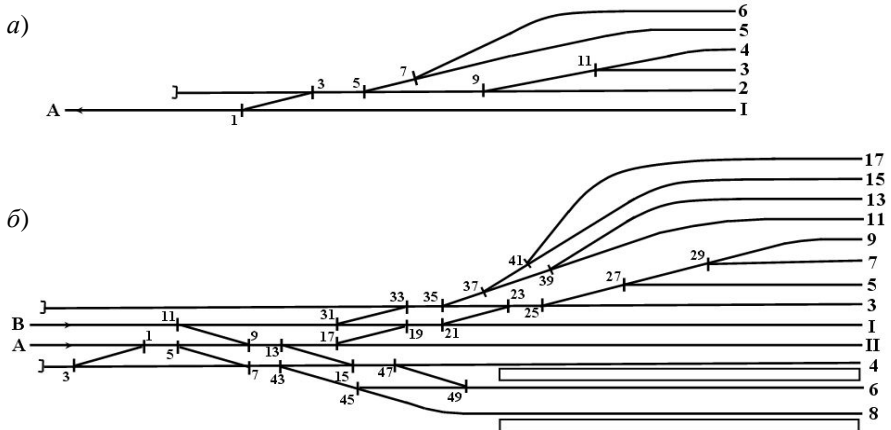


Рисунок 6.1 – Примеры горловин парков станций: *а* – отправления; *б* – приема

Длина горловины определяется количеством операций, выполняемых с занятием соединений и пересечений путей. Например, для рисунка 6.1, *а* схема обеспечивает только отправление поездов с путей 2–6 на направление А. Горловина станции рисунка 6.1, *б* содержит большое число съездов и сложных соединений путей, которые позволяют выполнить следующие технологические операции:

1 Прием грузовых поездов с направления А (через стрелочные переводы 1, 5, 9, 13, 17, 19, 21, 23, 25 на пути 3, 5, 7, 9).

2 Прием грузовых поездов с направления В (через стрелочные переводы 11, 31, 33, 35, 37 на пути 11, 13, 15, 17).

3 Прием пассажирских поездов с направления А (через стрелочные переводы 1, 5, 7, 43, 45 на путь 8).

4 Прием пассажирских поездов с направления В (через стрелочные переводы 11, 9, 13, 15, 47, 49 на путь 6).

6.2 Проектирование пассажирских и грузовых устройств

Операции посадки-высадки пассажиров, погрузки-выгрузки грузов на станциях производятся с использованием комплекса устройств путевого развития (пути приема для пассажирских поездов, погрузочно-выгрузочные и выставочные для грузовых вагонов) и технического оснащения (специализированные платформы и складские помещения) (рисунок 6.2).

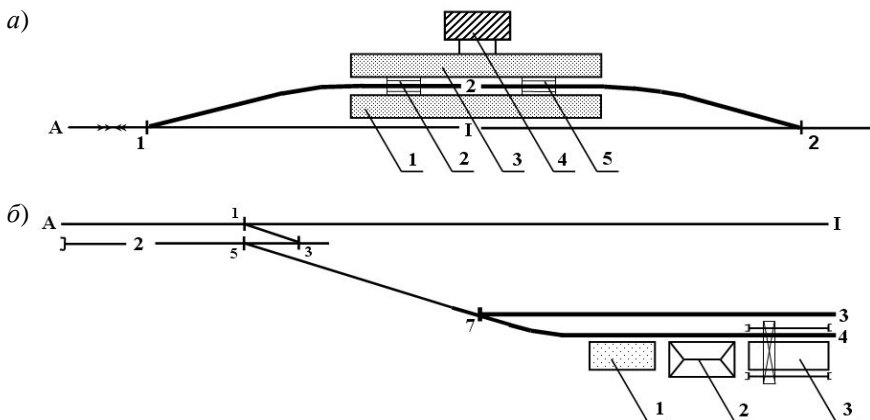


Рисунок 6.2 – Устройства на станции:

a – пассажирские: 1, 3 – платформы, 2, 5 – переходы в одном уровне, 4 – пассажирское здание; *б* – грузовые: 1 – навалочная площадка, 2 – крытый склад, 3 – контейнерная площадка

Соединения путей (приемостправочного 2 для рисунка 6.2, *a* и погрузо-выгрузочного 4 для рисунка 6.2, *б*) классифицируют как несокращенные двух параллельных путей, рядом с которыми располагаются соответствующие устройства. Длины путей определяют протяженностью платформ и складских помещений. Длина путей для приема пассажирских поездов составляет не менее 500–550 м, погрузо-выгрузочных путей – не менее 120 м. Все платформы и складские помещения сооружают в пределах прямых участков обслуживающих путей.

6.3 Установка предельных столбиков и сигналов на станции

6.3.1 Установка предельных столбиков

Предельный столбик (ПС) устанавливают между сходящимися в центре стрелочного перевода путями, который определяет предельное положение подвижного состава, безопасное для маршрута следования по соседнему пути (рисунок 6.3).

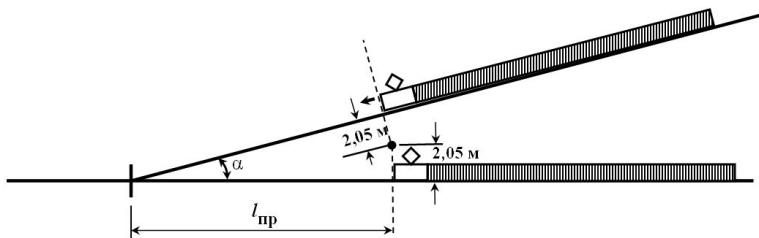


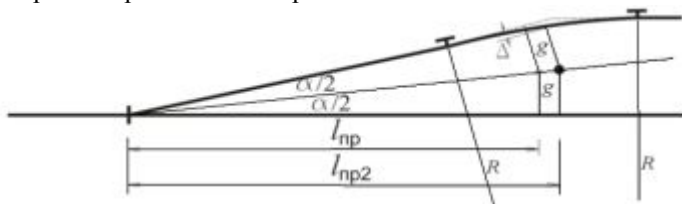
Рисунок 6.3 – Схема установки предельного столбика

Расстояние от центра перевода до проекции точки установки предельного столбика на ось одного из путей

$$l_{\text{пр}} = 2,05 \cdot \text{ctg} (\alpha/2) \approx 4,10 \cdot \text{ctg} \alpha. \quad (6.1)$$

При соединении двух параллельных путей или расходящихся путей (рисунок 6.4) расчетное расстояние $l_{\text{пр}}$ изменяется за счет уменьшения или увеличения габаритных расстояний в кривых.

а)



б)

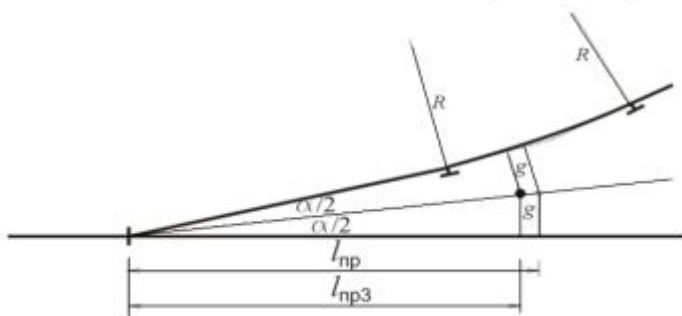


Рисунок 6.4 – Схемы установки предельных столбиков в кривых при соединении путей: а – параллельных, б – расходящихся

$l_{\text{пр}2}$ оказывается несколько больше расстояния $l_{\text{пр}}$ из-за смещения точки положения предельного столбика вправо до необходимой величины габаритного расстояния 4,10 м между сходящимися путями. Для расходящихся путей $l_{\text{пр}3} < l_{\text{пр}2}$, и $l_{\text{пр}3} < l_{\text{пр}}$, так как отворот пути наружу выводит боковой путь быстрее за пределы габарита, что позволяет установить предельный столбик ближе к центру стрелочного перевода.

6.3.2 Установка выходных и маневровых сигналов

Выходные сигналы устанавливают в выходных горловинах парков с от-правочных путей станции, а маневровые – по маршрутам маневровых пере-движений. На схемах и планах станций различают условные обозначения мачтовых и карликовых светофоров (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Маневровые и выходные сигналы

Наименование сигнала	Условное обозначение сигнала
Маневровый карликовый	
Маневровый мачтовый	
Выходной мачтовый	
Выходной карликовый	
Сдвоенный	

Все сигналы устанавливают по правую сторону относительно направле-ния движения подвижного состава. Места установки всех сигналов строго фиксированы и определяют стандартными схемами, одинаковыми для ма-невровых и выходных сигналов (рисунок 6.5).

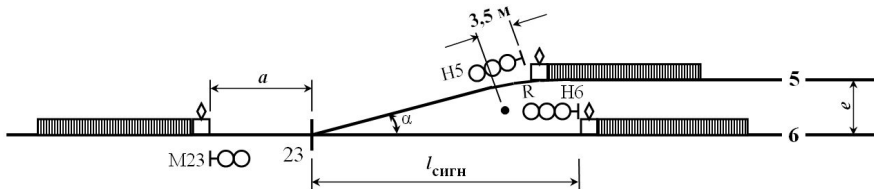


Рисунок 6.5 – Схемы установки маневровых и выходных сигналов

Если выходной сигнал Н6 устанавливают в междупутье, где располага-ется предельный столбик, ограничивающий предельное положение подвиж-ного состава с данного пути, то расстояние до точки установки данного сиг-нала $l_{\text{сигн}}$ отсчитывают от центра перевода (ЦП₂₃) и принимают равным в за-висимости от величины междупутья e , марки крестовины стрелочного пере-вода α и радиуса кривой R (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Расстояния от центра перевода до сигнала

Междупутье, м	Марка перевода и радиус кривой			
	1/9		1/11	
	$R = 200 \text{ м}$	$R = 300 \text{ м}$	$R = 300 \text{ м}$	$R = 400 \text{ м}$
5,30	60	65	72	74
6,50	49	49	59	59

В метрах

При установке выходного сигнала Н5 с противоположной стороны от предельного столбика, ограничивающего положение подвижного состава на данном пути, сигнал устанавливают на расстоянии 3,5 м от предельного столбика.

Установку маневрового сигнала М23 определяют положением подвижного состава перед противоположным стрелочным переводом. Данный светофор устанавливают напротив переднего стыка рамного рельса перевода (на расстоянии величины параметра a).

На схемах размеры условных обозначений сигналов зависят от междупутий, в которых они устанавливаются. Обычно принимают, что диаметры окружностей огней светофоров составляют $\frac{1}{2}$ ширины междупутья.

6.3.3 Установка входных сигналов

Входные сигналы привязывают к первой входной стрелке станции при приеме поездов на станцию (рисунок 6.6).

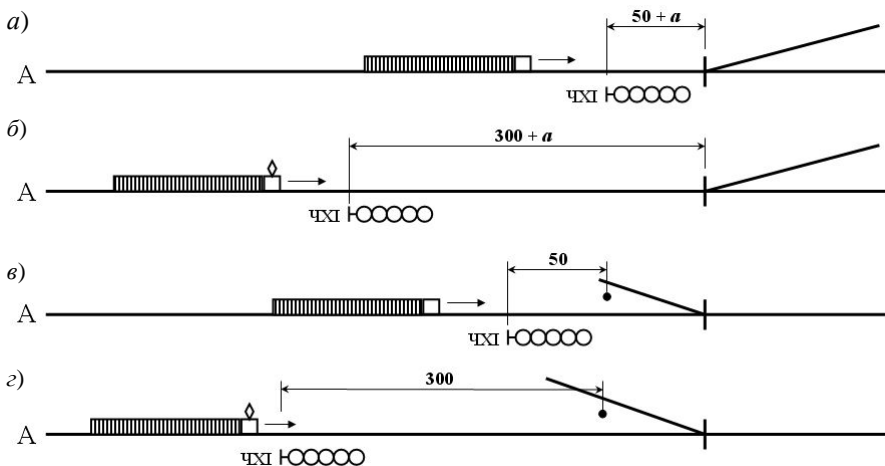


Рисунок 6.6 – Схемы привязки входных сигналов: *a* – при тепловозной тяге и противоположном переводе; *б* – при электрической тяге и противоположном переводе; *в* – при тепловозной тяге и поперечном переводе; *з* – при электрической тяге и поперечном переводе

Условные изображения входных сигналов на схемах станций – пятизначные.

6.4 Определение полезной и полной длин путей

Полезную длину пути $L_{\text{полезн}}$ определяют расстоянием между точками, в пределах которых может быть установлен состав без нарушения безопасности движения по соседним путям. Для приемоотправочных путей, имеющих выходные сигналы, полезную длину рассчитывают между сигналами и предельными столбиками соответствующих путей (рисунок 6.7).

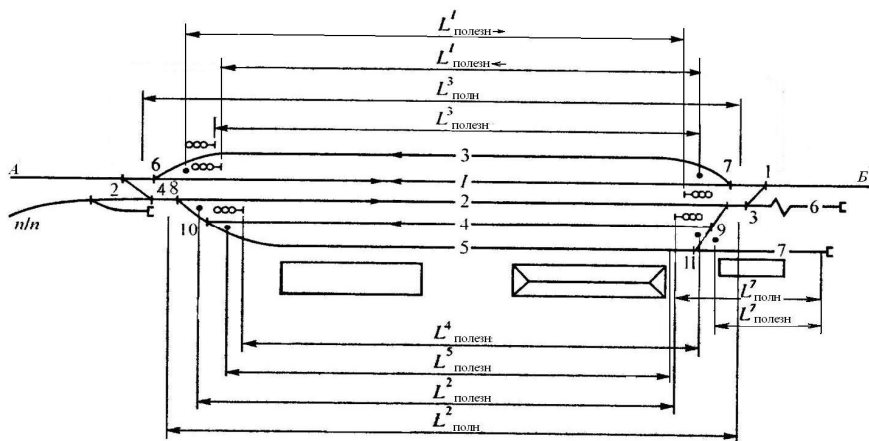


Рисунок 6.7 – Полезная и полная длина путей

Для сортировочных и погрузо-выгрузочных путей полезную длину определяют между предельными столбиками (или) острьяками. Если станционный путь тупиковый, то его полезную длину определяют от предельного столбика до упора. Полная длина пути включает полезную с учетом длин стрелочных переводов, ограничивающих данный путь с обеих горловин.

6.5 Расчет параллельного смещения пути

При необходимости размещения платформ (посадки-высадки пассажиров, погрузки-выгрузки грузов) требуется раздвижка двух путей, обеспечивающая увеличение междупутья до $e_{уш}$ (рисунок 6.8).

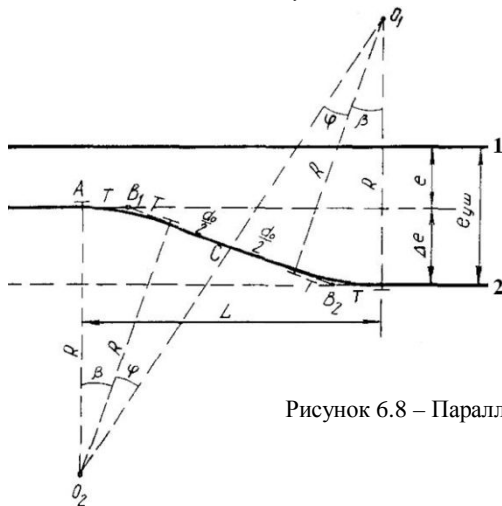


Рисунок 6.8 – Параллельное смещение путей

Особенностью параллельного смещения является сохранение направления движения по пути 2, совпадающего с направлением 1 до перехода на междупутье e и после него.

Длина параллельного смещения

$$L = 2T + (2T + d_0)\cos \beta.$$

6.6 Задачи по разделу

Задача 1 Как может выглядеть стрелочная улица для схемы горловины, приведенной на рисунке 6.1, *б*?

Задача 2 Рассчитать полезную длину погрузо-выгрузочного пути для схемы рисунка 6.2, *б*, если длины всех складских устройств $l_{\text{скл}} = 30$ м.

Задача 3 Оценить погрешность приближенного расчета по формуле (6.1) координат установки предельного столбика при $e = 5,30$ м и $\text{tg } \alpha = 1/9$.

Задача 4 Рассчитать величины $l_{\text{пр}2}$, $l_{\text{пр}3}$ и Δ для схем рисунка 6.4, *а*, *б* и определить значения $(l_{\text{пр}2} - l_{\text{пр}})$ и $(l_{\text{пр}} - l_{\text{пр}3})$.

Задача 5 Вывести аналитическую формулу расчета величины угла β для схемы параллельного смещения пути (см. рисунок 6.8).

6.7 Решение задач

Решение задачи 1. Данная горловина состоит из двух стрелочных улиц (рисунок 6.9).

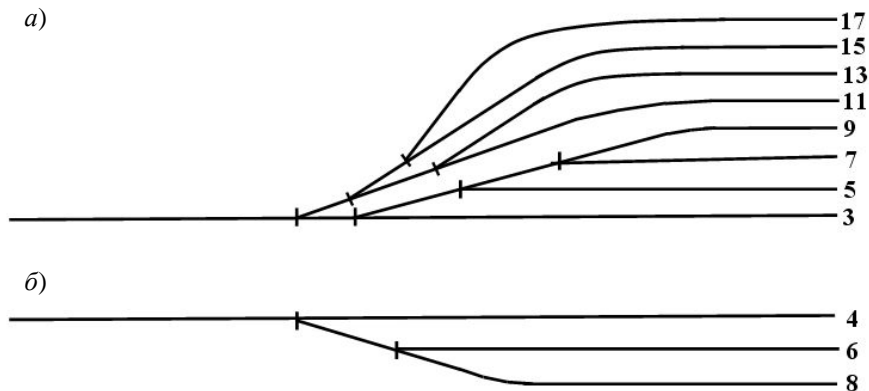


Рисунок 6.9 – Стрелочные улицы горловины рисунка 6.1, *б*

К главному пути I примыкает сокращенная стрелочная улица под углом марки крестовины (см. рисунок 6.9, *а*), к главному пути II – несокращенная стрелочная улица на боковом пути (см. рисунок 6.9, *б*).

Решение задачи 2. По условию задачи длина погрузо-выгрузочного фронта у навалочной, контейнерной площадок и крытого склада с учетом расстояний между ними по 15 м, составляет $L_{\text{п}} = 30 + 30 + 30 + 15 + 15 = 120$ м.

Вагоны у складских устройств устанавливают в пределах прямого участка пути, т. е. от тангенса конца кривой пути 4. Полезная длина данного пути исчисляется от предельного столбика стрелочного перевода 7 до упора. Поэтому к полученному значению длины пути прибавляют соответствующие длины тангенса $T = R \operatorname{tg} (\alpha/2)$ и $\Delta L_{\text{пр}} = e \operatorname{ctg} \alpha - l_{\text{пр}}$ (рисунок 6.10).

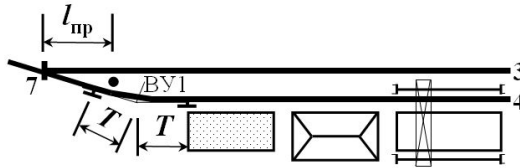


Рисунок 6.10 – Расчетная схема для определения полезной длины погрузо-выгрузочного пути

Таким образом,

$$L_{\text{полезн}(4)} = L_{\text{п}} + R \operatorname{tg} (\alpha/2) + e \operatorname{ctg} \alpha - l_{\text{пр}} = 120 + 11,08 + 47,70 - 36,90 = 141,88 \text{ м.}$$

Решение задачи 3. Предельный столбик между двумя сходящимися под углом марки стрелочного перевода путями устанавливается согласно схеме рисунка 6.2. Точная формула расчета

$$l_{\text{пр(точен)}} = 2,05 / \operatorname{tg} (\alpha/2) = 2,05 / 0,055378 = 37,02 \text{ м.}$$

Замена двух длин габаритных расстояний по 2,05 м, одной, равной 4,10 м, приводит к более простой в практических расчетах формуле

$$l_{\text{пр(прибл)}} = 4,10 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 4,10 \cdot 9 = 36,90 \text{ м.}$$

Погрешность составляет $37,02 - 36,90 = 0,12 \text{ м.}$

Решение задачи 4. Расчетная схема для определения $l_{\text{пр}2}$ приведена на рисунке 6.11.

Согласно условию задачи

$$O_2D = O_2M = O_1E = O_1L = g = 2,05 \text{ м;}$$

$$ON = OL = OK = R = 200 \text{ м;}$$

$$KG = e = 5,30 \text{ м,}$$

$$BP = MS = \Delta.$$

Так как $\Delta O_1EF \sim \Delta OFG$, то

$$\frac{O_1F}{O_1E} = \frac{OF}{OG}.$$

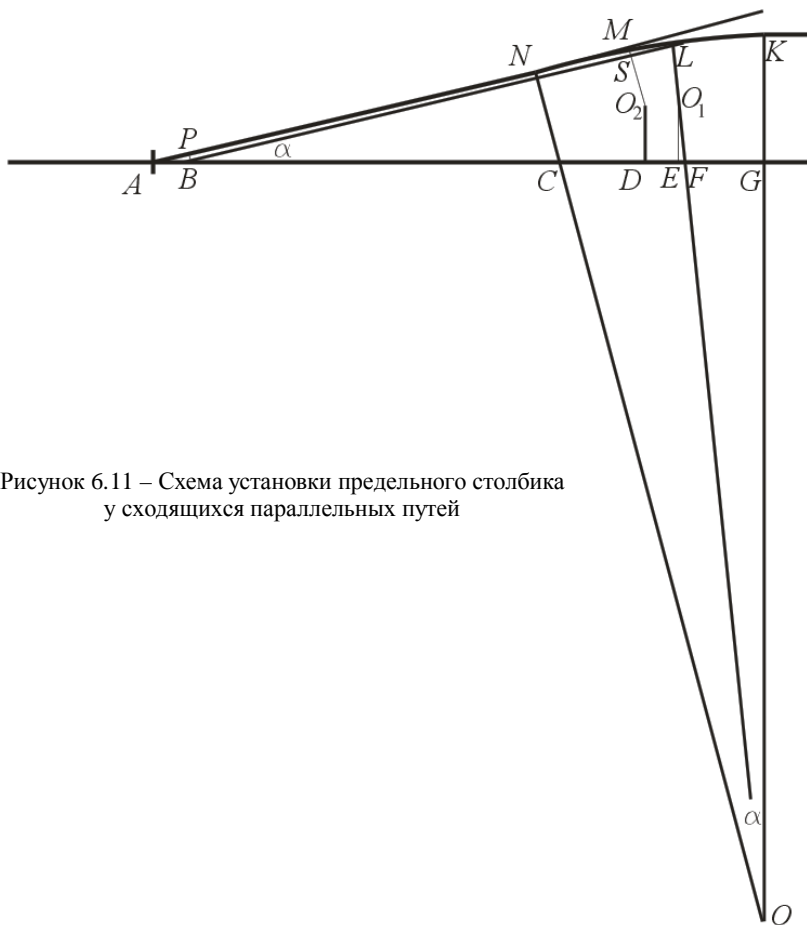


Рисунок 6.11 – Схема установки предельного столбика у сходящихся параллельных путей

Пропорцию выражают в виде соотношения

$$\frac{O_1F}{g} = \frac{R - g - O_1F}{R - l}.$$

Поэтому

$$O_1F(R - l) = (R - g)g - O_1Fg,$$

$$O_1F(R - l + g) = (R - g)g.$$

$$O_1F = \frac{(R - g)g}{R - l + g} = 2,0625 \text{ м.}$$

Из ΔEO_1F

$$EF = \sqrt{O_1F^2 - O_1E^2} = \sqrt{O_1F^2 - g^2} = 0,2268 \text{ м.}$$

Так как $\Delta O_1EF \sim \Delta OFG$, то

$$\frac{EF}{EO_1} = \frac{FG}{OG},$$

Следовательно,

$$FG = \frac{EF \cdot OG}{EO_1} = \frac{EF(R-l)}{g} = 21,5365 \text{ м.}$$

Из ΔOCG

$$CG = OG \operatorname{tg} \alpha = (R-l) \operatorname{tg} \alpha = 21,6333 \text{ м.}$$

$$OC = \frac{OG}{\cos \alpha} = 195,8982 \text{ м.}$$

Из ΔACN

$$AC = \frac{NC}{\sin \alpha} = \frac{R-OC}{\sin \alpha} = 37,1437 \text{ м.}$$

Таким образом,

$$l_{\text{пп2}} = AE = AG - EG = (AC + CG) - (EF + FG) = 37,0138 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пп}} = AD = g \operatorname{ctg}(\alpha/2) = 37,0135 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пп2}} - l_{\text{пп}} = 37,0138 - 37,0135 = 0,0003 \text{ м} = 0,3 \text{ мм.}$$

Из ΔO_1FE

$$\sin O_1FE = \frac{O_1E}{O_1F} = \frac{g}{O_1F},$$

поэтому

$$O_1FE = \arcsin(g / O_1F) = 1,46063.$$

Из ΔBLF

$$\frac{LF}{\sin \alpha} = \frac{BF}{\sin(\pi - \alpha - O_1FE)}.$$

Следовательно,

$$BF = \frac{LF \sin(\alpha + O_1FE)}{\sin \alpha} = 37,2403 \text{ м,}$$

поэтому

$$AB = AF - BF = (AC + CG - GF) - BF = 0,00022 \text{ м.}$$

Из $\triangle BLF$

$$\Delta = BP = AB \cdot \sin \alpha = 0,000024 \text{ м.}$$

Для определения $l_{\text{прз}}$ используют схему рисунка 6.12.

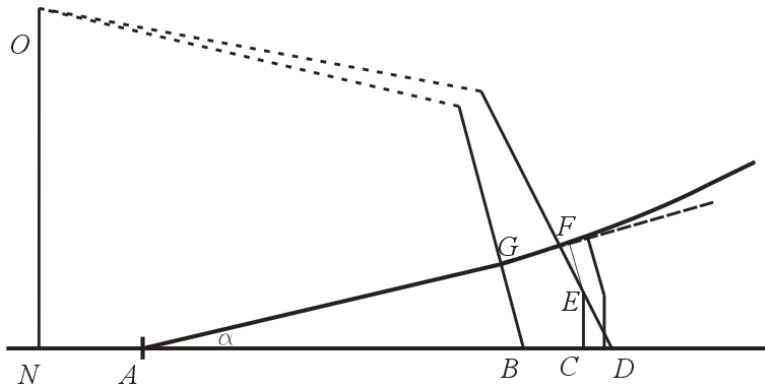


Рисунок 6.12 – Схема для определения положения предельного столбика у расходящихся путей

Прямые NO , BG и DF пересекаются в точке O .

По условию задачи

$$AG = b + d = 15,64 + 6,25 = 21,89 \text{ м, } EC = EF = g = 2,05 \text{ м.}$$

Из $\triangle ABG$

$$BG = AG \text{tg } \alpha = 21,89(1/9) = 2,4322 \text{ м.}$$

$$AB = \frac{AG}{\cos \alpha} = 22,0247 \text{ м.}$$

$$OB = OG + GB = 202,4322 \text{ м.}$$

Из $\triangle ONB$

$$ON = OB \cos \alpha = 201,1941 \text{ м,}$$

$$NB = OB \sin \alpha = 22,3549 \text{ м.}$$

Пусть $ED = x$. Из $\triangle OND \sim \triangle CED$

$$\frac{OD}{ED} = \frac{ON}{EC},$$

$$\frac{x + R + g}{x} = \frac{ON}{g},$$

$$1 + \frac{R + g}{x} = \frac{ON}{g}, \quad \frac{R + g}{x} = \frac{ON}{g} - 1,$$

$$x = \frac{R + g}{\frac{ON}{g} - 1} = 2,0799 \text{ м.}$$

Из $\triangle NOD$

$$ND = \sqrt{OD^2 - ON^2} = \sqrt{(x + g + R)^2 - ON^2} = 34,4957 \text{ м.}$$

Из $\triangle CED$

$$CD = \sqrt{x^2 - g^2} = 0,3514 \text{ м.}$$

$$NA = NB - AB = 22,3549 - 22,0247 = 0,3302 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пр3}} = AC = ND - NA - CD = 34,4957 - 0,3302 - 0,3514 = 33,814 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пр}} - l_{\text{пр3}} = 37,0135 - 33,814 = 3,20 \text{ м.}$$

Решение задачи 5. Угол β определяют из выражения

$$(2T + d_0)\sin \beta = \Delta e,$$

где

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Тогда

$$\left(2R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + d_0 \right) \sin \beta = \Delta e.$$

Учитывая, что

$$\sin \beta = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}},$$

$$\left(2R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + d_0\right) \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} = \Delta e.$$

Производят замену переменной $\operatorname{tg}(\beta/2) = x$.

Тогда

$$(2Rx + d_0) \frac{2x}{1 + x^2} = \Delta e,$$

$$(2Rx + d_0)2x = (1 + x^2)\Delta e,$$

$$4Rx^2 - x^2\Delta e + 2xd_0 - \Delta e = 0,$$

$$(4R - \Delta e)x^2 + 2xd_0 - \Delta e = 0.$$

Далее решают квадратное уравнение относительно переменной x :

$$x_{1,2} = \frac{-2d_0 \pm \sqrt{4d_0^2 + 4\Delta e(4R - \Delta e)}}{2(4R - \Delta e)}.$$

Определяют, что по условию задачи $x > 0$, поэтому из предыдущего выражения устанавливают, что $\sqrt{4d_0^2 + 4\Delta e(4R - \Delta e)} > 2d_0$.

Тогда

$$x = \frac{-2d_0 + \sqrt{4d_0^2 + 4\Delta e(4R - \Delta e)}}{2(4R - \Delta e)}.$$

Производят обратную замену переменной x , выражая угол β :

$$\beta = 2 \operatorname{arctg} x.$$

Окончательно

$$\beta = 2 \operatorname{arctg} \frac{-2d_0 + \sqrt{4d_0^2 + 4\Delta e(4R - \Delta e)}}{2(4R - \Delta e)}.$$

6.8 Контрольные вопросы

- 1 Чем отличается горловина от стрелочной улицы?
- 2 Какое назначение предельного столбика?
- 3 Как именуются выходные сигналы?
- 4 Какие объекты путевого развития и технического оснащения определяют полезную длину пути I в четном и нечетном направлениях для схемы рисунка 6.7?
- 5 Назначение параллельного смещения пути.

7 РАСЧЕТ КООРДИНАТ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ОБЪЕКТОВ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ СТАНЦИИ

7.1 Выбор системы координатной привязки

Немасштабную схему путевого развития рассматривают как условное изображение связанных путей и стрелочных переводов с целью наглядного представления общего вида взаимного положения отдельных элементов станции. Масштабный план характеризуют как строго пропорциональный реальному образу чертеж, определяющий вид сверху. При проектировании нового путевого развития и реконструкции существующего оказывается важным использовать не только масштабный план станции с нанесенным вариантом переустройства, но и привязкой отдельных контрольных точек к некоторому постоянному фиксированному пункту (реперу) на местности. Привязку определяют по измеренному расстоянию от данной точки элемента пути или стрелочного перевода до репера. Для точной фиксации координат точки используют прямоугольную систему координат (рисунок 7.1).

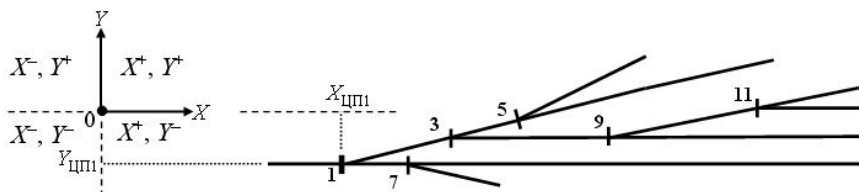


Рисунок 7.1 – Привязка центра стрелочного перевода к реперу

Начало системы координат находится в точке пересечения осей OX и OY . Ось OX ориентируют параллельно путям, ось OY – перпендикулярно. Координаты центра стрелочного перевода 1 определяют посредством проецирования данной точки на соответствующие оси. Значения координат точек положительны или отрицательны в зависимости от квадранта, в котором располагается данная точка. Поэтому для рисунка 7.1 значение $X_{цпп}$ будет положительным (точка проекции располагается правее начальной точки отсчета 0), а $Y_{цпп}$ – отрицательным (ниже относительно начальной точки отсчета 0). Соответствующие расстояния от точки 0 до проекций по осям OX и OY будут значениями координат центра стрелочного перевода 1.

В практике проектирования железнодорожных станций используют локальные и глобальные системы координат. Локальные системы координат привязывают к некоторым фиксированным точкам существующих объектов на территории станций, обладающих высокой устойчивостью к смещениям (монолитные конструкции зданий, опор, столбов и др.). Глобальные системы представлены пунктами опорной геодезической сети.

Для конкретной станции координатную привязку осуществляют к осям первого главного пути (ось OX) и оси пассажирского здания (ось OY). Пере-

сечение этих осей указывает на положение точки отсчета. Если все станционные пути располагаются параллельно первому главному, то данная система координат является наиболее удобной и простой для привязки.

7.2 Расчет координат центров переводов стрелочной улицы

Центр стрелочного перевода является контрольной точкой, определяющей его положение по отношению к другим элементам путевого развития. Так как стрелочные переводы укладывают по определенным схемам взаимного расположения (см. подразд. 2), то достаточно рассчитать координаты первого перевода в такой связной цепи, и далее можно вычислить координаты всех последующих центров переводов (рисунок 7.2).

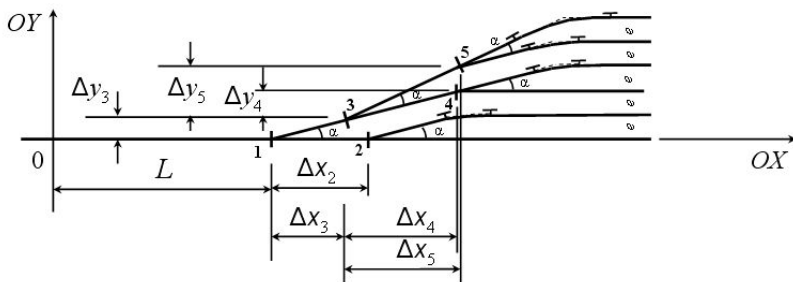


Рисунок 7.2 – Стрелочная улица в координатной системе привязки

Последовательность расчета координат центров стрелочных переводов 1–5 данной схемы начинают от ЦП1 к ЦП2, далее – от ЦП1 к ЦП3 и ЦП4, а на окончательном этапе расчетов – от ЦП3 к ЦП5. При этом важно отметить, что координаты начальной точки ЦП1 всей расчетной цепи уже известны. На рисунке 7.2 расстояние от начала координат до данного центра перевода отмечают как L , т. е. $X_{ЦП1} = L$. $Y_{ЦП1} = 0$, так как ЦП1 не имеет отклонения от оси OY вниз или вверх.

Стрелочный перевод 2 связан с ЦП1 по схеме взаимного расположения 4 (см. рисунок 2.1, з), поэтому

$$X_{ЦП2} = X_{ЦП1} + \Delta x_2, \text{ где } \Delta x_2 = \text{ctg} \alpha.$$

$$Y_{ЦП2} = Y_{ЦП1} = 0.$$

Согласно приведенной выше последовательности определяют координаты всех последующих центров стрелочных переводов.

$$X_{ЦП3} = X_{ЦП1} + \Delta x_3, \text{ где } \Delta x_3 = (b_{ЦП1} + d + a_{ЦП3}) \cos \alpha,$$

$$Y_{ЦП3} = Y_{ЦП1} + \Delta y_3, \text{ где } \Delta y_3 = (b_{ЦП1} + d + a_{ЦП3}) \sin \alpha,$$

$$X_{ЦП4} = X_{ЦП3} + \Delta x_4, \text{ где } \Delta x_4 = (b_{ЦП3} + d + a_{ЦП4}) \cos \alpha,$$

$$Y_{ЦП4} = Y_{ЦП3} + \Delta y_4, \text{ где } \Delta y_4 = (b_{ЦП3} + d + a_{ЦП4}) \sin \alpha,$$

$$X_{ЦП5} = X_{ЦП3} + \Delta x_5, \text{ где } \Delta x_5 = \text{ctg} \alpha \cdot \cos 2\alpha,$$

$$Y_{ЦП5} = Y_{ЦП3} + \Delta y_5, \text{ где } \Delta y_5 = \text{ctg} \alpha \cdot \sin 2\alpha.$$

В зависимости от конкретной схемы стрелочной улицы может быть несколько цепочек взаимной увязки и расчета координат переводов.

7.3 Расчет координат положений предельных столбиков

Координаты предельного столбика рассчитывают исходя расстояния подвижного состава между путями, не менее габаритного (рисунок 7.3).

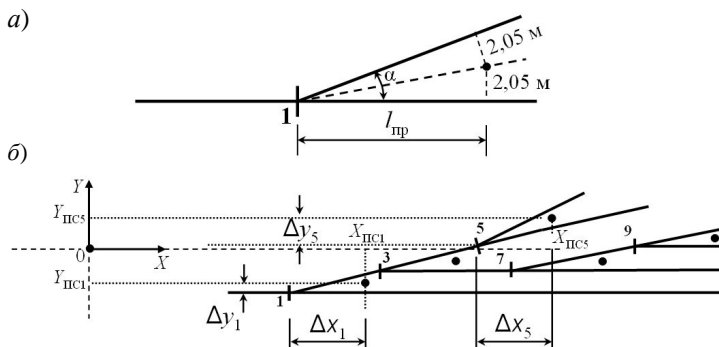


Рисунок 7.3 – Установка предельного столбика:
а – расчетная схема; б – привязка координат

Привязку предельного столбика выполняют к центру стрелочного перевода, у которого устанавливается данный предельный столбик. Согласно рисунку 7.3, а

$$l_{пр} = 2,05 / \operatorname{tg} (\alpha/2). \quad (7.1)$$

При известном положении системы координат (см. рисунок 7.3, б)

$$\begin{aligned} X_{ПС1} &= X_{ЦП1} + \Delta x_1, \text{ где } \Delta x_1 = l_{пр}, \\ Y_{ПС1} &= Y_{ЦП1} + \Delta y_1, \text{ где } \Delta y_1 = 2,05 \text{ м.} \end{aligned}$$

Если предельный столбик устанавливается у стрелочного перевода, ориентированного по отношению к системе координат под углом α (стрелочный перевод 5 на рисунке 7.3, б), то

$$\begin{aligned} X_{ПС5} &= X_{ЦП5} + \Delta x_5, \text{ где } \Delta x_5 = l_{пр} \cos \alpha - 2,05 \sin \alpha, \\ Y_{ПС5} &= Y_{ЦП5} + \Delta y_5, \text{ где } \Delta y_5 = l_{пр} \sin \alpha + 2,05 \cos \alpha. \end{aligned}$$

7.4 Расчет координат сигналов на станции

Входные, выходные и маневровые сигналы, устанавливаемые на станции, имеют координатную привязку к соответствующим элементам путевого развития (рисунок 7.4).

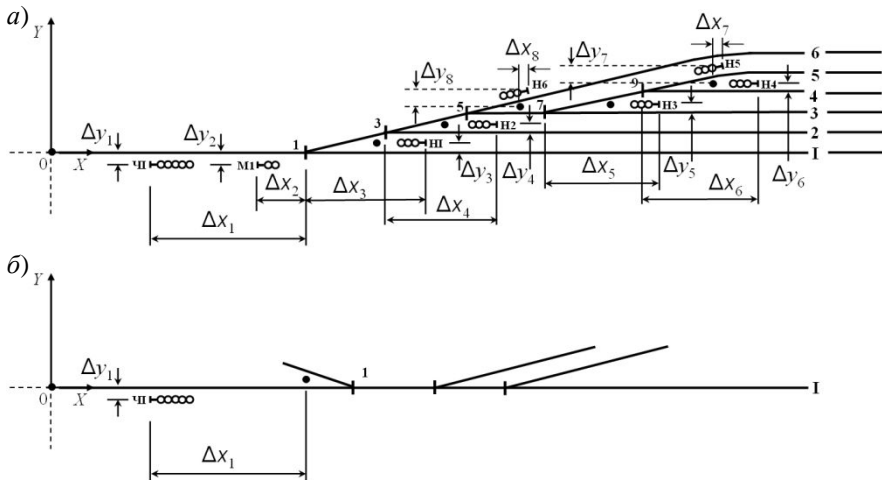


Рисунок 7.4 – Расчетные схемы установки сигналов на станции с первым стрелочным переводом при приеме поездов на станцию: *a* – противошерстный; *б* – пошерстный

Входные сигналы устанавливают с привязкой к первой стрелке в зависимости от ее расположения. При противошерстной стрелке (см. рисунок 7.4, *a*) расстояние от места установки сигнала до центра перевода 1 $\Delta x_1 = 50 \text{ м} + a$ (для тепловозной тяги) и $\Delta x_1 = 300 \text{ м} + a$ (для электровозной тяги). Если первый по ходу приема поезда на станцию стрелочный перевод пошерстный (см. рисунок 7.4, *б*), то соответствующее расстояние отсчитывают до предельного столбика данной стрелки, которое равно 50 м для тепловозной тяги и 300 м – для электровозной.

Тогда

$$X_{ч1} = X_{цп1} - \Delta x_1, Y_{ч1} = 0 - e_r \text{ (для схемы рисунка 7.4, } a),$$

$$X_{ч1} = X_{цп1} - \Delta x_1, - l_{пр}, Y_{ч1} = 0 - e_r \text{ (для схемы рисунка 7.4, } б),$$

где e_r – габарит приближения строений, $e_r = 3,10 \text{ м}$.

Выходные и маневровые сигналы координируют в зависимости от схем взаимного расположения мест их установки и предельных столбиков, ограничивающих движение с путей. Схема 1 определяет установку сигнала перед противошерстным стрелочным переводом. Согласно рисунку 7.4, *a*

$$X_{м1} = X_{цп1} - a, Y_{м1} = 0 - e_r,$$

где a – расстояние от переднего стыка рамного рельса до центра перевода 1.

Схема 2 позиционирует установку выходных и маневровых сигналов в междупути, где располагается предельный столбик стрелочного перевода, ограничивающий движение поезда или локомотива с данного пути. Примерами установки сигналов по этой схеме являются Н1, Н2, Н3 и Н4.

$$\begin{aligned} X_{Н1} &= X_{ЦП1} + \Delta x_3, Y_{Н1} = Y_{ЦП1} + \Delta y_3, \\ X_{Н2} &= X_{ЦП3} + \Delta x_4, Y_{Н2} = Y_{ЦП3} + \Delta y_4, \\ X_{Н3} &= X_{ЦП7} + \Delta x_5, Y_{Н2} = Y_{ЦП7} + \Delta y_5, \\ X_{Н4} &= X_{ЦП9} + \Delta x_6, Y_{Н2} = Y_{ЦП9} + \Delta y_6, \end{aligned}$$

где $\Delta y_3, \Delta y_4, \Delta y_5, \Delta y_6 = e / 2$, e – расстояния между путями парка ($e = 5,30$ м).

Схема 3 определяет установку сигналов при их расположении по другую сторону от предельного столбика стрелочного перевода, ограничивающего движение поезда с данного пути (Н5, Н6 для рисунка 7.4, а).

$$\begin{aligned} X_{Н5} &= X_{ПС9} + \Delta x_7, Y_{Н5} = Y_{ПС9} + \Delta y_7, \\ X_{Н6} &= X_{ПС5} + \Delta x_8, Y_{Н6} = Y_{ПС5} + \Delta y_8. \end{aligned}$$

7.5 Расчет координат контрольных точек круговых кривых

Сопряжение стрелочных улиц с парковыми путями производят с помощью криволинейных участков путей радиусом, как правило, не менее 200 м. Координатную привязку выполняют для начала, конца кривой и вершины угла поворота (рисунок 7.5).

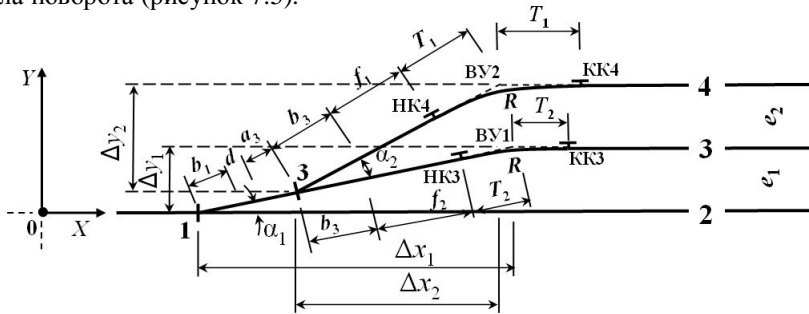


Рисунок 7.5 – Расчетная схема для определения координат контрольных точек круговой кривой

Для кривой, соединяющей стрелочный перевод 3 с путем 3, согласно расчетной схеме рисунка 7.5 расчет начинают с определения координат вершины угла поворота.

$$\begin{aligned} X_{ВУ1} &= X_{ЦП1} + \Delta x_1, \text{ где } \Delta x_1 = e_1 \operatorname{ctg} \alpha_1, \\ Y_{ВУ1} &= Y_{ЦП1} + \Delta y_1, \text{ где } \Delta y_1 = (b_1 + d + a_3 + b_3 + f_2 + T_2) \sin \alpha_1, \\ f_2 &= e_1 \operatorname{ctg} \alpha_1 - b_1 - d - a_3 - b_3 - T_2. \end{aligned}$$

Соответственно

$$\begin{aligned} X_{ВУ2} &= X_{ЦП3} + \Delta x_2, \text{ где } \Delta x_2 = (e_1 + e_2 - Y_{ЦП3}) \operatorname{ctg} (\alpha_1 + \alpha_2), \\ Y_{ВУ2} &= Y_{ЦП3} + \Delta y_2, \text{ где } \Delta y_2 = e_1 + e_2 - Y_{ЦП3}. \end{aligned}$$

Начала и концы кривых расположены на расстоянии длины тангенсов, поэтому

$$X_{НК3} = X_{ВУ1} - T_2 \cos \alpha_1, Y_{НК3} = Y_{ВУ1} - T_2 \sin \alpha_1,$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{ККЗ}} &= X_{\text{ВУ1}} + T_2, \quad Y_{\text{ККЗ}} = Y_{\text{ВУ1}}, \\
 X_{\text{НК4}} &= X_{\text{ВУ2}} - T_1 \cos(\alpha_1 + \alpha_2), \quad Y_{\text{НК4}} = Y_{\text{ВУ2}} - T_1 \sin(\alpha_1 + \alpha_2), \\
 X_{\text{КК4}} &= X_{\text{ВУ2}} + T_1, \quad Y_{\text{КК4}} = Y_{\text{ВУ2}}.
 \end{aligned}$$

7.6 Задачи по разделу

Задача 1 Рассчитать координаты центров стрелочных переводов 2–5 по приведенной схеме на рисунке 7.2 при $X_{\text{ЦП1}} = 550,00$, $Y_{\text{ЦП1}} = 0$, $\text{tg } \alpha = 1/9$, $e = 5,30$ м, $b = 15,64$ м, $a = 15,46$ м, $d = 12,50$ м.

Задача 2 Записать общие формулы для вычисления абсцисс положений центров стрелочных переводов $X_{\text{ЦП1}}$ и $X_{\text{ЦП5}}$ по приведенным формулам рисунка 7.3, b , если $X_{\text{ПС1}} = k_1$, $X_{\text{ПС5}} = k_2$.

Задача 3 Определить координаты входного сигнала по схеме рисунка 7.4, a , если известно, что движение поездов на участке обеспечивается электрической тягой и $X_{\text{ЦП1}} = 655,50$, $Y_{\text{ЦП1}} = 0$, $a = 14,06$ м.

Задача 4 Определить, на сколько смещается положение сигнала Н5 (см. рисунок 7.4, a) у прямого и криволинейного участков путей.

Задача 5 Вывести общую формулу расчета параметра f_2 для схемы рисунка 7.5.

7.7 Решение задач

Решение задачи 1. По формулам подразд. 7.2 производят соответствующие вычисления.

$$X_{\text{ЦП2}} = X_{\text{ЦП1}} + e \text{ctg } \alpha = 550,00 + 5,30 \cdot 9 = 597,70.$$

$$Y_{\text{ЦП2}} = Y_{\text{ЦП1}} = 0.$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{ЦП3}} &= X_{\text{ЦП1}} + (b_{\text{ЦП1}} + d + a_{\text{ЦП3}}) \cos \alpha = 597,70 + \\
 &+ (15,64 + 12,50 + 15,46) \cdot 0,9939 = 641,03.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{ЦП3}} &= Y_{\text{ЦП1}} + (b_{\text{ЦП1}} + d + a_{\text{ЦП3}}) \sin \alpha = 0 + (15,64 + 12,50 + \\
 &+ 15,46) \cdot 0,1104 = 4,81.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{ЦП4}} &= X_{\text{ЦП3}} + (b_{\text{ЦП3}} + d + a_{\text{ЦП4}}) \cos \alpha = 641,03 + (15,64 + 12,50 + \\
 &+ 15,46) \cdot 0,9939 = 684,36.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{ЦП4}} &= Y_{\text{ЦП3}} + (b_{\text{ЦП3}} + d + a_{\text{ЦП4}}) \sin \alpha = 4,81 + (15,64 + 12,50 + \\
 &+ 15,46) \cdot 0,1104 = 9,62.
 \end{aligned}$$

$$X_{\text{ЦП5}} = X_{\text{ЦП3}} + e \text{ctg } \alpha \cdot \cos 2\alpha = 641,03 + 5,30 \cdot 9 \cdot 0,9756 = 687,57.$$

$$Y_{\text{ЦП5}} = Y_{\text{ЦП3}} + e \text{ctg } \alpha \cdot \sin 2\alpha = 4,81 + 5,30 \cdot 9 \cdot 0,2195 = 15,28.$$

Решение задачи 2. Так как

$$X_{\text{ПС1}} = X_{\text{ЦП1}} + l_{\text{пр}},$$

то

$$X_{\text{ЦП1}} = X_{\text{ПС1}} - l_{\text{пр}} = k_1 - l_{\text{пр}}.$$

$$X_{\text{ПС5}} = X_{\text{ЦП5}} + l_{\text{пр}} \cdot \cos \alpha, \quad X_{\text{ЦП5}} = X_{\text{ПС5}} - l_{\text{пр}} \cos \alpha = k_2 - l_{\text{пр}} \cos \alpha.$$

Решение задачи 3. Входной сигнал устанавливают на расстоянии 300 м от переднего стыка рамного рельса первой входной стрелки (или 300 м + a до центра данного стрелочного перевода). Поэтому

$$X_{\text{ч1}} = X_{\text{цп1}} - (300 + a) = 655,50 - 300 - 14,06 = 341,44.$$

$$Y_{\text{ч1}} = 0 - e_r = -3,10.$$

Решение задачи 4. Расчет координат установки сигнала Н5 заключается в определении габарита его приближения к пути. При этом сигнал может располагаться у прямолинейного пути или в кривой (рисунок 7.6).

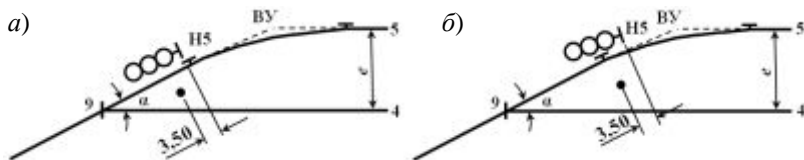
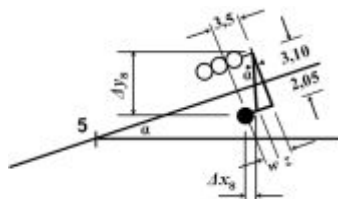


Рисунок 7.6 – Схемы установки выходного сигнала с пути:
а – на прямом участке пути; б – в кривой

Для расчета положения сигнала у прямого пути целесообразно использовать соответствующую расчетную схему (рисунок 7.7).

Рисунок 7.7 – Расчетная схема для определения координат выходного сигнала по прямому пути с привязкой к предельному столбику



Из выделенного треугольника

$$z = (3,10 + 2,05)\text{tg } \alpha.$$

Тогда

$$w = 3,50 - z = 3,50 - 5,15\text{tg } \alpha.$$

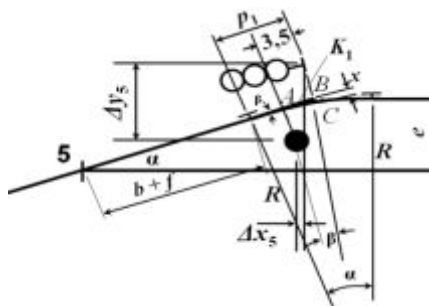
Поэтому

$$\Delta x_8 = w \cdot \cos \alpha = (3,50 - 5,15\text{tg } \alpha)\cos \alpha,$$

$$\Delta y_8 = z / \sin \alpha.$$

Реализация схемы рисунка 7.6, б сложнее, так как выходной сигнал располагается в кривой. Соответствующая расчетная схема приведена на рисунке 7.8.

Рисунок 7.8 – Расчетная схема для определения координат выходного сигнала в кривой



Участок кривой между проекциями точек предельного столбика и места установки сигнала $K_1 = \pi R \beta / 180$. Из-за незначительности величины угла β принимаем, что $K_1 \approx |AC| = 3,5$. Тогда

$$\beta = \frac{180 \cdot 3,5}{\pi R}.$$

Из $\triangle ABC$

$$x = K_1 \operatorname{tg} \beta$$

или

$$x = 3,5 \operatorname{tg} \frac{180 \cdot 3,5}{\pi R} = 3,5 \operatorname{tg} \frac{180 \cdot 3,5}{3,14 \cdot 200} = 0,061 \text{ м.}$$

Следовательно, положение сигнала в кривой на 6,1 см смещается к оси пути в кривой по рисунку 7.8 по сравнению с размещением сигнала у прямого пути (см. рисунок 7.7).

Решение задачи 5. Согласно проведенным в подразд. 7.5 расчетам

$$(b_3 + f_2 + T_2) \sin \alpha_1 = e_1 - Y_{\text{ЦПЗ}},$$

откуда

$$f_2 = (e_1 - Y_{\text{ЦПЗ}}) / \sin \alpha_1 - b_3 - T_2.$$

7.8 Контрольные вопросы

- 1 К чему производят привязку координат контрольных точек станционных объектов?
- 2 Для каких точек кривых определяют координаты их положения?
- 3 Сколько различных схем установки выходных и маневровых сигналов на станции?
- 4 На каком расстоянии от предельного столбика пошерстного стрелочного перевода устанавливаются входные сигналы при тепловозной тяге?
- 5 Какая особенность установки сигнала в междупутье, в котором располагается предельный столбик, ограничивающий движение поезда с данного пути?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Путевое развитие приемоотправочных, сортировочных, транзитных и других парков станций состоит из отдельных элементов путей и стрелочных переводов. Их взаимное сочетание и различные комбинации позволяют в равной степени запроектировать работоспособные и высокопроизводительные структуры железнодорожных станций или малоэффективные и сложные в эксплуатации соединения и пересечения путей. Знание преимуществ и недостатков конкретных элементов соединений и пересечений, дополненное глубоким пониманием технологии работы станций, позволяет получить качественное путевое развитие.

Наиболее узким звеном всей структуры связей путей и стрелочных переводов являются горловины станций, в которой пересекаются практически все маршруты передвижения составов и одиночных локомотивов. Поэтому всегда уделяется особое внимание именно горловинам при анализе работы существующих и проектировании новых станций. Рациональная взаимная укладка в горловинах стрелочных переводов определенных марок крестовин обеспечивает минимальные пробеги подвижного состава, значительную экономию энергоресурсов, незначительные потери по ожиданиям освобождения маршрутов из-за враждебности маневровых и поездных передвижений. Поэтому требуются специальные знания и навыки у проектировщика, позволяющие получить грамотный проект реконструкции станции с выбором наиболее эффективного варианта развития горловин с учетом особенностей укладки путей и стрелочных переводов.

Материал данного пособия ориентирован на получение системных базовых знаний по укладке связных станционных структур, состоящих из участков путей и стрелочных переводов, к которым предъявляются определенные технические и технологические требования. Овладение этим материалом в полном объеме позволит в дальнейшем легко усвоить знания по проектированию участковых и сортировочных станций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Железнодорожные станции и узлы : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. Г. Шубко [и др.] ; под ред. В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 2002. – 368 с.

2 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) / Н. В. Правдин [и др.] ; под ред. Н. В. Правдина, С. П. Вакуленко. – М. : Маршрут, 2015. – 649 с.

3 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) / Н. В. Правдин [и др.] ; под ред. Н. В. Правдина, С. П. Вакуленко. – М. : УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 1086 с.

4 Железнодорожные станции и узлы / В. И. Апатцев [и др.] ; под ред. В. И. Апатцева, Ю. И. Ефименко. – М. : УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 855 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ.....	4
1.1 Устройство и назначение стрелочных переводов	4
1.2 Изображения стрелочных переводов в рельсах и в осях путей	6
1.3 Типы стрелочных переводов.....	8
1.4 Технические характеристики стрелочных переводов.....	9
1.5 Задачи по разделу	10
1.6 Решение задач	10
1.7 Контрольные вопросы	14
2 ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ.....	15
2.1 Варианты взаимной укладки обыкновенных стрелочных переводов.....	15
2.2 Соединения симметричных стрелочных переводов	16
2.3 Взаимная сложная укладка нескольких стрелочных переводов.....	17
2.4 Задачи по разделу	19
2.5 Решение задач	19
2.6 Контрольные вопросы	24
3 СОЕДИНЕНИЯ ДВУХ ПУТЕЙ.....	25
3.1 Соединения двух параллельных путей.....	25
3.2 Соединения двух непараллельных путей	27
3.3 Совмещение путей.....	27
3.4 Задачи по разделу	28
3.5 Решение задач	28
3.6 Контрольные вопросы	29
4 ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПУТЕЙ.....	30
4.1 Пересечение путей с помощью перекрестного стрелочного перевода	30
4.2 Глухое пересечение путей.....	30
4.3 Устройства пути для поворота подвижного состава.....	31
4.4 Сплетение путей	31
4.5 Задачи по разделу.....	32
4.6 Решение задач	32
4.7 Контрольные вопросы	37
5 СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ.....	38
5.1 Стрелочные улицы под углом, кратным марке крестовины.....	38
5.2 Стрелочные улицы под углом, не кратным марке крестовины	39
5.3 Веерные стрелочные улицы.....	39
5.4 Комбинированные стрелочные улицы.....	41
5.5 Задачи по разделу	42
5.6 Решение задач	42
5.7 Контрольные вопросы	45
6 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СТАНЦИЙ	46
6.1 Увязка станционных путей в горловинах.....	46
6.2 Проектирование пассажирских и грузовых устройств	47
6.3 Установка предельных столбиков и сигналов на станции	47
6.3.1 Установка предельных столбиков	47
6.3.2 Установка выходных и маневровых сигналов	49

6.3.3 Установка входных сигналов	50
6.4 Определение полезной и полной длин путей	50
6.5 Расчет параллельного смещения пути	51
6.6 Задачи по разделу	52
6.7 Решение задач	52
6.8 Контрольные вопросы	58
7 РАСЧЕТ КООРДИНАТ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ОБЪЕКТОВ ПУТЕВО-	
ГО РАЗВИТИЯ СТАНЦИИ	59
7.1 Выбор системы координатной привязки	59
7.2 Расчет координат центров переводов стрелочной улицы	60
7.3 Расчет координат положений предельных столбиков.....	61
7.4 Расчет координат сигналов на станции.....	61
7.5 Расчет координат контрольных точек круговых кривых	63
7.6 Задачи по разделу.....	64
7.7 Решение задач.....	64
7.8 Контрольные вопросы	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	68

Учебное издание

ГОЛОВНИЧ Александр Константинович
НОВИКОВ Сергей Петрович

Расчет основных параметров устройств на станции
Учебно-методическое пособие

Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Корректор Т. А. П у г а ч

Подписано в печать 05.07.2017 Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 4,18 Уч.-изд. л. 4,16 Тираж 300 экз.
Зак. № Изд. № 33

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1 / 361 от 13.06.2014.
№ 2 / 104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель