

ными болтами независимо от рельса, а рельс самостоятельно соединяется с подкладкой. "Крепление рельса к подкладке производится двумя прижимами, которые вставляются в отверстия подкладки и заклиниваются специальными клиньями. Разбирается скрепление выдергиванием клиньев. Болтовое соединение клинового типа обеспечивает некоторую подвижность рельсов, необходимую при непрерывной передвигке рельсо-шпальной решетки.

### Стыковые рельсовые крепления

По расположению стыков по отношению друг к другу на разных рельсовых нитях различают стыки вразбежку и стыки по наугольнику. Во втором случае стыки на обеих рельсовых нитях находятся на одной нормали к продольной оси. На путях, перемещаемых отдельными звеньями, необходимо расположение стыков по наугольнику.

Концы рельсов соединяются между собой стыковыми накладками (рис. 8). На путях широкой колеи при рельсах Р50 и Р65 приняты двухголовые накладки (рис. 8, а), обладающие большой жесткостью.

На путях, рельсо-шпальная решетка которых перемещается путепередвижателями непрерывного действия, стыковые накладки имеют форму, оставляющую свободной нижнюю часть головки рельса для прохождения роликов захватывающего устройства путепередвижных машин (рис. 8, б).

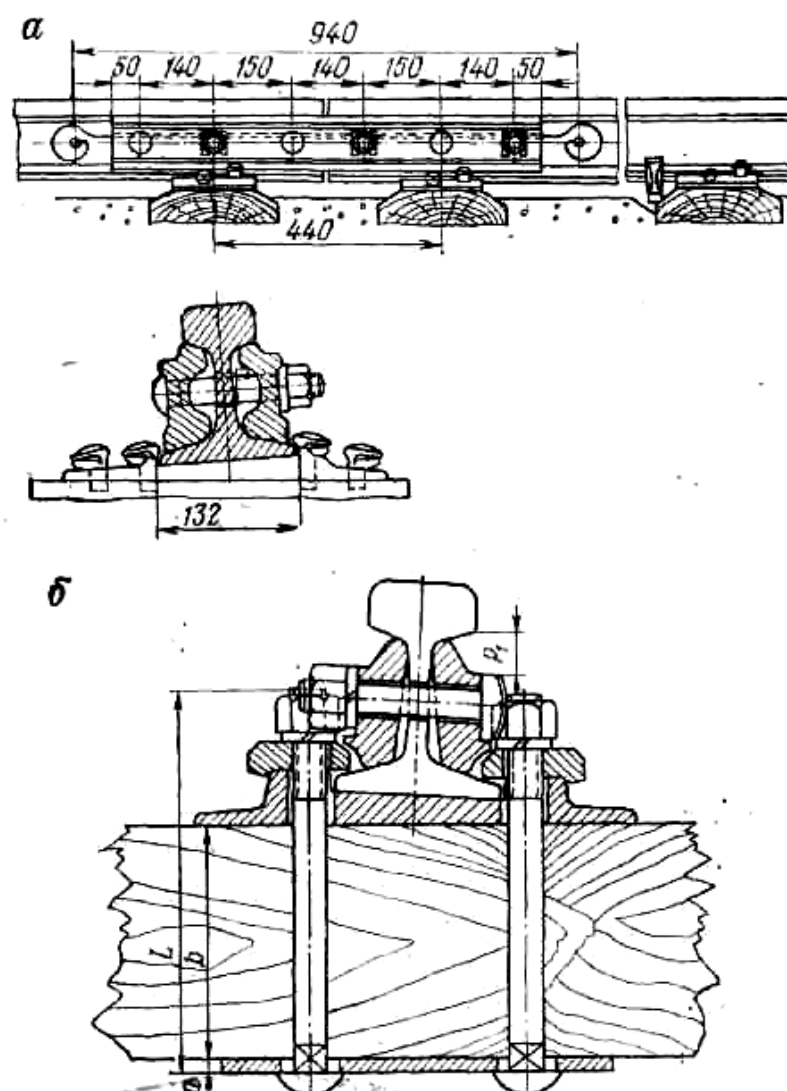


Рис. 8 Стыковое рельсовое укрепление

Накладки с рельсами соединяются стыковыми болтами. Для предотвращения самоотвинчивания гаек используют пружинные шайбы.

При применении автоблокировки для регулирования движения поездов возникает необходимость электрически изолировать друг от друга отдельные участки пути. Для этого под металлические накладки и в стыковой зазор помещается изолирующая прокладка, а на стыковые болты надеваются изолирующие втулки.

На электрифицированных участках пути, где рельсы служат обратным проводом, для уменьшения падения напряжения в рельсовой цепи выполняются электрические стыковые соединения рельсов гибким медным тросом. Концы троса зажимаются, в манжеты, которые привариваются к головкам рельсов. Для путей с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой применяют болтовое прикрепление электрических соединителей.

## **Шпалы**

Шпалы служат для соединения рельсовых ниток железнодорожной колеи и передачи давления от подвижного состава на балластный слой.

Число шпал на 1 км пути зависит от нагрузки на оси подвижного состава, грузонапряженности линий, скорости движения поездов, типа рельсов и балластного слоя, качества земляного полотна, плана и профиля пути. Число шпал на 1 км-пути принимается: для колеи 1520 мм—1440, 1600, 1840, 1920 и 2000; для колеи 750 мм— 1500, 1625, 1750 и 1856.

При увеличении числа шпал на километр повышаются прочность и устойчивость пути, так как снижается, удельное давление на балластный слой и земляное полотно. Вместе с тем расстояние между шпалами должно быть не менее 25 см, иначе затрудняется подбивка шпал балластом. Шпалы раскладывают равномерно и только по концам рельсового звена стыковые и предстыковые шпалы укладывают с меньшим интервалом.

При работе цепных многочерпаковых экскаваторов, абзетцеров и транспортно-отвальных мостов применяют многорельсовые пути с числом рельсовых ниток от 4 до 8. Их укладывают на сплошные или раздельные шпалы (брусья).

Материалом для шпал служат дерево, железобетон и металл. Наибольшее распространение получили деревянные шпалы — упругие, легкие, дешевые и удобные при производстве путевых работ. Основными размерами шпал являются ширина верхней и нижней постели, толщина и длина. Для колеи 1520 мм длина шпал равна 2,75 м, для колеи 750 мм—1,5 м.

Недостатком деревянных шпал является быстрый выход из строя из-за подверженности гниению, поэтому для увеличения срока службы шпалы, уложенные на стационарных карьерных путях, пропитываются противогнилостными составами (антисептиками). Однако на открытых разработках шпалы выходят из строя главным образом в результате механического износа. В первую очередь это относится к путям на уступах, и отвалах, рельсо-шпальная решетка которых подвергается периодическому перемещению. Срок службы таких шпал не более двух-трех лет.

При коротком сроке службы стоимость шпал на карьерах достигает 25 % стоимости верхнего строения пути, поэтому проводятся различные мероприятия по увеличению срока службы шпал. Основными из таких мероприятий являются: пропитка шпал, укладываемых на стационарных путях; предварительное просверливание отверстий для костылей и шурупов (предохранение шпал от раскалывания); оковка торцов шпал бандажами из полосового железа; правильные условия хранения шпал до их укладки в путь; применение шурупного и болтового скреплений; периодический ремонт шпал на звенооборочных базах.

Долговечность стационарных путей значительно повышается в случае применения железобетонных шпал. Струнобетонные шпалы представляют собой балки переменного сечения, армированные проволочными струнами. После натяжения проволок форма с помощью вибраторов заполняется бетонной смесью. Когда бетон затвердевает, напряжение с арматуры снимается и бетон сжимается. Опыт показывает, что предварительно напряженный железобетон является долговечным материалом, способным выдерживать значительные динамические нагрузки.

Основное распространение на железных дорогах СССР получили брусковые струнобетонные шпалы с предварительно напряженной арматурой, рассчитанные на применение рельсов Р60 и Р65. Шпалы этого типа не подвергаются гниению, допускают большие напряжения и лучше сопротивляются перемещениям, но менее упруги, имеют большую массу и более дороги по сравнению с деревянными.

На бурогольных карьерах ГДР и ФРГ в некоторых случаях используют штампованные металлические шпалы из проката специального профиля или сварные из существующих профилей проката. Металлические шпалы в 2—3 раза дороже деревянных, но имеют повышенную прочность и срок службы 15— 20 лет.

## **Балласт**

Стационарные железнодорожные пути в карьерах укладываются на балластный слой, ос-

новное назначение которого — равномерное распределение давления и смягчение ударов от подвижного состава на земляное полотно, отвод поверхностных вод, защита земляного полотна от промерзания, увеличение сопротивления сдвигу рельсо-шпальной решетки.

В последние годы в связи с ростом осевых нагрузок подвижного состава и скоростей его движения на балласт укладываются также передвижные пути. Дополнительные затраты на балластировку пути полностью оправдываются повышением скорости движения поездов, снижением аварийности и уменьшением трудовых затрат по текущему содержанию пути.

Расход балласта при балластировке 1 км составляет: стационарных путей 1500—2000 м<sup>3</sup>, перемещаемых 600—1000 м<sup>3</sup>.

Материалом для балластировки путей служат щебень размером 20—70 мм, галька, гравий, крупнозернистый песок. На путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой для балластировки используют также вскрышные породы и уголь, если они по своим свойствам близки к балластным материалам.

Толщина балластного слоя определяется свойствами грунтов земляного полотна и нагрузкой на ось подвижного состава. Для колеи 1520 мм толщина балласта изменяется от 0,25 до 0,40 м на постоянных путях и от 0,15 до 0,25 м на путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой.

Выбор конструкции верхнего строения железнодорожного пути основывается на расчете пути на прочность и на технико-экономической оценке различных вариантов.

При расчетах на прочность определяют напряжения и деформации в элементах железнодорожного пути и устанавливают наименьшую допустимую мощность пути в зависимости от веса обращающегося подвижного состава, грузонапряженности и скоростей движения.

В условиях открытых разработок пути подвергаются дополнительному динамическому воздействию в момент загрузки вагонов экскаваторами и при разгрузке вагонов на отвалах, а также при отрыве рельсовых звеньев во время перемещения рельсо-шпальной решетки на новую трассу.

В табл. 3 приведены типы рельсов для железнодорожных путей в карьерах, целесообразные для применения при различных осевых нагрузках подвижного состава.

Т а б л и ц а 3.

**Типы рельсов на карьерных железнодорожных путях**

| Осевая нагрузка,<br>кН | Постоянные пути (главные перегоны, пути выездных траншей) | Перемещаемые пути при основании трасс |              |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
|                        |                                                           | устойчивом                            | неустойчивом |
| 200—250                | P50                                                       | P43                                   | P50          |
| 250—300                | P65                                                       | P50                                   | P65          |
| 300—350                | P65                                                       | P50                                   | P65          |
|                        | P75                                                       | P65                                   |              |
| 330—400                | P65                                                       | P65                                   | P65          |
|                        | P75                                                       |                                       | P75          |

#### § 4. Устройство рельсовой колеи

Устройство рельсовой колеи характеризуется: шириной колеи, подуклонкой рельсов, взаимным расположением рельсов по уровню на прямых и кривых участках, кривизной в плане и профиле.

Шириной рельсовой колеи называется расстояние между внутренними гранями головок, рельса, измеренное перпендикулярно к оси пути.

На открытых горных разработках Советского Союза применяются четыре типа колеи: 1520, 1000, 900 и 750 мм. Стандартными для СССР являются нормальная широкая колея 1520 мм и узкая колея 750 мм. В большинстве зарубежных стран нормальной является; колея 1435 мм.

При выборе ширины колеи для рельсового транспорта учитывают грузооборот, расстояние транспортирования, размеры карьера и характеристику применяемого оборудования. Узкая колея требует меньших капитальных затрат, однако эксплуатационные расходы, связанные с перевозкой 1 т груза по узкой колее, значительно выше. Поэтому узкая колея применяется в карьерах небольшой мощности, в большинстве случаев при грузообороте не более 2—3 млн. т в год.

На прямых участках пути допускаются отклонения от нормальной ширины для колеи 1520 мм в сторону уширения на 6 мм и в сторону сужения на 2 мм, для колеи 750 мм — соответственно на 4 и 2 мм.

На кривых участках пути для облегчения прохождения подвижного состава колея уширяется в зависимости от радиуса кривой так, чтобы ширина колеи в кривой, складываемая из нормальной ширины с установленными допусками и уширениями, не превышала 1546 мм.

На путях с перемещаемой рельсо-шпальной решеткой на прямых и кривых участках разрешается содержать колею одинаковой ширины 1535 мм с отклонениями по уширению 10 мм и по сужению 4 мм.

При прохождении кривых малого радиуса колесные пары подвижного состава усиленно нажимают на наружный рельс, изнашивая его и расстраивая колею. Этого удастся избежать, укладывая у внутренней рельсовой нити контррельсы, которые принимают на себя боковое давление и отжимают колесную пару от наружного рельса. Однако следует иметь в виду, что при установке контррельсов существенно увеличивается сопротивление движению поездов в кривых.

На прямых участках постоянных путей верх головок рельсов обеих нитей должен находиться на одном уровне. Отклонение по уровню допускается: на главных путях нормальной колеи до 4 мм, на прочих путях до 8 мм, на путях с перемещаемой решеткой до 20 мм, на путях узкой колеи  $\pm 3$  мм.

На кривых участках пути выполняется возвышение наружного рельса над внутренним для компенсации возникающей центробежной силы.

Максимальные возвышения составляют: для нормальной колеи 150 мм, для узкой — 40 мм. Небольшое возвышение наружного рельса в кривой осуществляется поднятием на балласт наружных концов шпал. При значительном возвышении основную площадку земляного полотна планируют с уклоном.

Расстояние между путями определяется в основном их назначением и условиями размещения (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Расстояние между путями**

| Пути                                                                  | Расстояние между осями путей, м |            |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|
|                                                                       | нормальное                      | наименьшее |
| Главные и смежные с ними                                              | 5,3                             | 4,8        |
| То же, при безостановочном следовании поездов по главному пути        | 5,3                             | 5,3        |
| Приемно-отправочные и сортировочные                                   | 5,3                             | 4,8        |
| Главные приемно-отправочные при установке между путями светофоров     | 5,3                             | 5,3        |
| Второстепенные специальные (например, для стоянки подвижного состава) | 4,8                             | 4,5        |
| Пути, между которыми устанавливаются опоры контактной сети            | 6,5                             | 6,5        |
| Пути, на которых производится безотцепочный ремонт вагонов            | 5,3                             | 5,3        |

## § 5. Соединения и пересечения путей

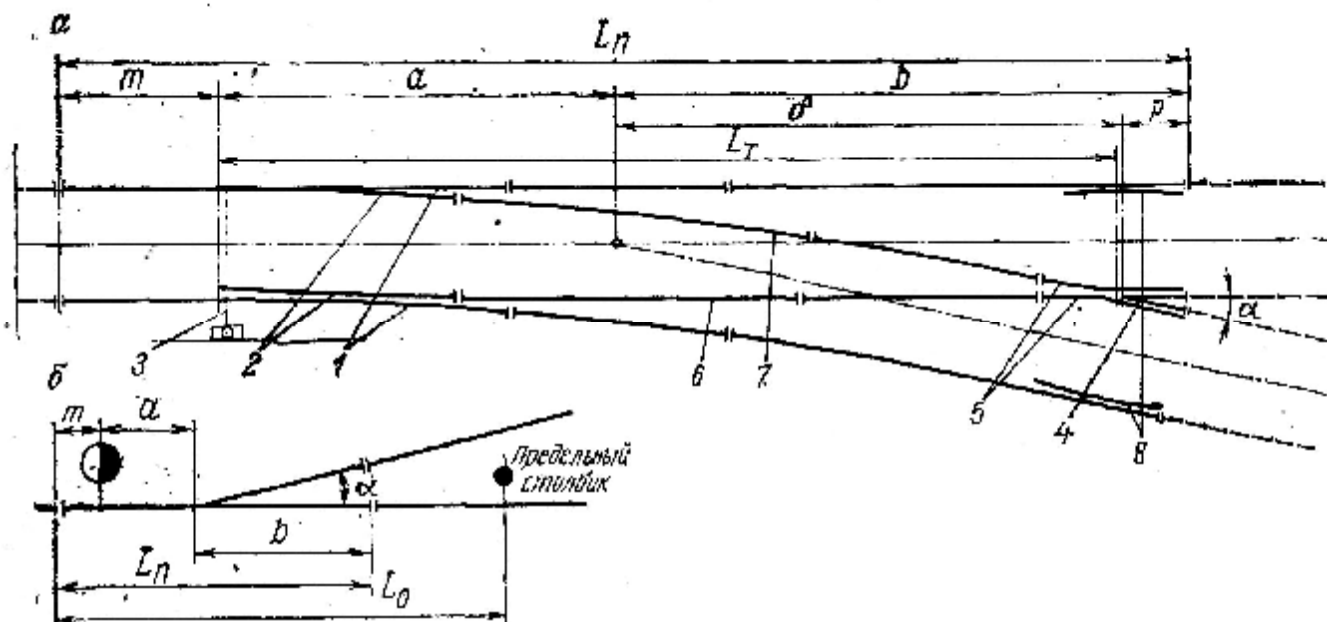


Рис. 9. Обыкновенный стрелочный перевод:  
а — схема; б — изображение в осях

Для соединения нескольких путей служат стрелочные переводы и глухие пересечения.

Стрелочным переводом называется устройство, служащее для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

Наиболее простым является одиночный стрелочный перевод (рис. 9, а), в котором один из разветвляющихся путей сохраняет прямое направление.

Стрелочный перевод состоит из стрелки, крестовины с контррельсами, соединительной части и комплекта переводных брусьев.

Стрелкой называется часть стрелочного перевода, состоящая из двух рамных рельсов 1, двух остяков (или перьев) 2 и переводного механизма 3. Рамные рельсы, к которым прилегают остяки, являются продолжением путевых рельсов. Они укладываются на специальных подкладках или сплошных металлических листах — лафетах. Остяки служат для направления подвижного состава на тот или иной путь и представляют собой отрезки рельсов длиной 6,5—8,0 м, остроганные с одной стороны для плотного прилегания к рамным рельсам и для накатывания на них колес подвижного состава. Остяки связываются между собой соединительной тягой. Передний острый конец остяка называется острием, противоположный конец — корнем. Перемещение остяков из одного положения в другое осуществляется поворотом их в корневом креплении. При любом положении стрелки один из остяков прижимается к рамному рельсу, а второй отодвигается, образуя зазор для прохода колес подвижного состава.

Переводной механизм служит для перевода стрелки из одного положения в другое и может быть ручным или дистанционным (механическим или электрическим).

Крестовина стрелочного перевода, предназначенная для пропуска гребней колес подвижного состава в местах пересечения рельсовых ниток, состоит из сердечника 4 и двух усювиков 5. Математическим центром крестовины называется точка пересечения граней сердечника, однако фактически сердечник заканчивают острием толщиной 6—10 мм. Горлом крестовины называется наименьшее расстояние между усювиками. Промежуток от горла крестовины до острия, где колеса не направляются рельсовыми нитями, называется вредным, или мертвым, пространством. Направление колес на этом участке обеспечивается контррельсами 8 длиной 3—5 м.

Стрелочные переводы характеризуются углом  $\alpha$ , под которым пересекаются грани сердечника крестовины. Маркой крестовины (или маркой стрелочного перевода) называется отношение основания сердечника крестовины к его высоте

$$\frac{1}{N} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \operatorname{tg} \alpha$$

На карьерных железнодорожных путях нормальной колеи применяются стрелочные переводы с крестовинами марки  $\frac{1}{11}$  и не круче  $\frac{1}{9}$ .

Соединительная часть стрелочного перевода состоит из прямолинейного отрезка пути 6 и

криволинейного 7, называемого переводной кривой.

Стрелочные переводы укладываются на переводных брусках, имеющих поперечное сечение как у шпал. Длина самых коротких брусков 2750 мм, самых длинных — 5500 мм. В обычных переводах марки  $1/9$  число брусков в комплекте составляет 60—63.

На путях карьерного транспорта получили распространение одиночные, односторонние и разносторонние (симметричные) стрелочные переводы. Стрелочный перевод называется правым, если ответвляемый путь, считая от стрелки к крестовине, отклоняется вправо. Одиночный стрелочный перевод называется симметричным, если оба пути отклоняются от первоначального направления под равными углами, и несимметричным, если углы отклонения путей, не равны. Стрелочные переводы являются пошерстными, если поезда движутся от крестовины к стрелке, и противошерстными — при движении от стрелки к крестовине. Для обеспечения большей безопасности движения на главных путях желательнее укладывать пошерстные стрелочные переводы.

Основной точкой, определяющей положение стрелочного перевода, является центр перевода, лежащий на пересечении осей соединяемых путей. Главные размеры, необходимые для укладки стрелочных переводов:

$\alpha$  — угол крестовины;

$m$  — расстояние от стыков рамных рельсов до начала острьяков;

$a$  — расстояние от начала острьяков до центра стрелочного перевода;

$\delta$  — расстояние от центра стрелочного перевода до математического центра крестовины;

$p$  — расстояние от математического центра крестовины до хвостового стыка крестовины;

$b$  — расстояние от центра стрелочного перевода до хвостового стыка крестовины.

Теоретической длиной стрелочного перевода  $L_T$  называется расстояние от начала острьяков до математического центра крестовины, измеренное по оси прямого пути.

Практической (полной) длиной стрелочного перевода называется расстояние от начала рамных рельсов до хвостового стыка крестовины

$$L_{\Pi} = m + \alpha + \delta + p$$

На планах станций разъездов, когда пути условно изображают одной линией, стрелочные переводы показывают лишь осями (рис. 9, б).

При соединении двух путей стрелочным переводом в междупутье на определенном расстоянии от центра стрелочного перевода устанавливается предельный столбик, находящийся там, где расстояние между осями сходящихся путей нормальной колеи равно 4100 мм при широкой колеи и 3200 мм при узкой.

В табл. 5 приведены основные размеры стрелочных переводов, применяемых на карьерных путях.

Т а б л и ц а 5

Основные размеры стрелочных переводов

| Показатели                                               | Марка стрелочного перевода |       |       |        |
|----------------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|--------|
|                                                          | 1/11                       | 1/9   | 1/9*  | 1/7*   |
| Длина острьяка, м                                        | 6,84                       | 4,5   | 3,00  | 2,998  |
| Полная длина перевода, м:                                |                            |       |       |        |
| $L_{\Pi}$                                                | 28,37                      | 22,41 | 13,46 | 12,227 |
| $m + a$                                                  | 12,73                      | 10,09 | 5,234 | 4,879  |
| $b$                                                      | 15,64                      | 12,32 | 8,226 | 6,708  |
| Радиус переводной кривой, м                              | 200                        | 117   | 80,37 | 50,37  |
| Расстояние от начала перевода до предельного столбика, м | 49,3                       | 36,8  | —     | —      |

\* При узкой колеи

На станциях и разъездах стрелочные переводы встречаются в различных сочетаниях, из которых наиболее часты съезды и стрелочные улицы.

Съездом называется устройство, соединяющее два пути и состоящее из двух стрелочных переводов и участка соединительного пути.

При несокращенных съездах (рис. 10, а) соединительный путь располагают под углом, равным углу крестовины.

Размеры несокращенного съезда

$$x = (2b + d) \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где  $d$  — длина прямой вставки между хвостами крестовины;  
 $e$  — расстояние между осями соседних путей;

$$d = \frac{e}{\sin \alpha} - 2b;$$

$$L = 2(a + m) + x.$$

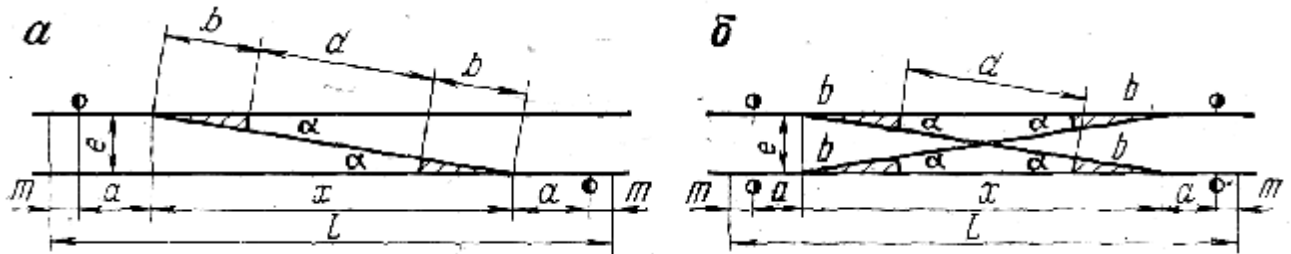


Рис. 10. Схемы стрелочных съездов

Если для укладки обыкновенных съездов разного направления нет участка пути достаточной длины, то укладывается перекрестный съезд. В конструкцию перекрестного съезда кроме двух пар стрелочных переводов входит глухое пересечение (рис. 10, б). Длина перекрестных съездов та же, что и соответствующих простых съездов.

Взаимное расположение стрелочных переводов, размещенных на одном пути, определяется условиями соединения путей между собой. При укладке встречных переводов по одну сторону основного пути (рис. 11, а) между началом стрелочных переводов укладывают вставку длиной 6,5 м из рельсов того же типа, что и рамные рельсы. При укладке встречных стрелочных переводов по разные стороны пути (рис. 11, б) создаются наиболее неблагоприятные условия для прохода подвижного состава, следующего с одного бокового пути на другой, поэтому на главных путях между началом стрелочных переводов рекомендуется укладывать рельсовое звено стандартной длины.

При попутной укладке стрелочных переводов (рис. 11, в) на главных путях между хвостом крестовины и стыком рамного рельса соседних стрелочных переводов рекомендуется иметь вставку длиной 4,5 м.

Стрелочной улицей называют железнодорожный путь, от которого последовательно ответвляется несколько параллельных путей. Стрелочные улицы применяют для создания путевого развития станций. В зависимости от угла, под которым стрелочная улица наклонена к основному пути, различают несколько ее видов.

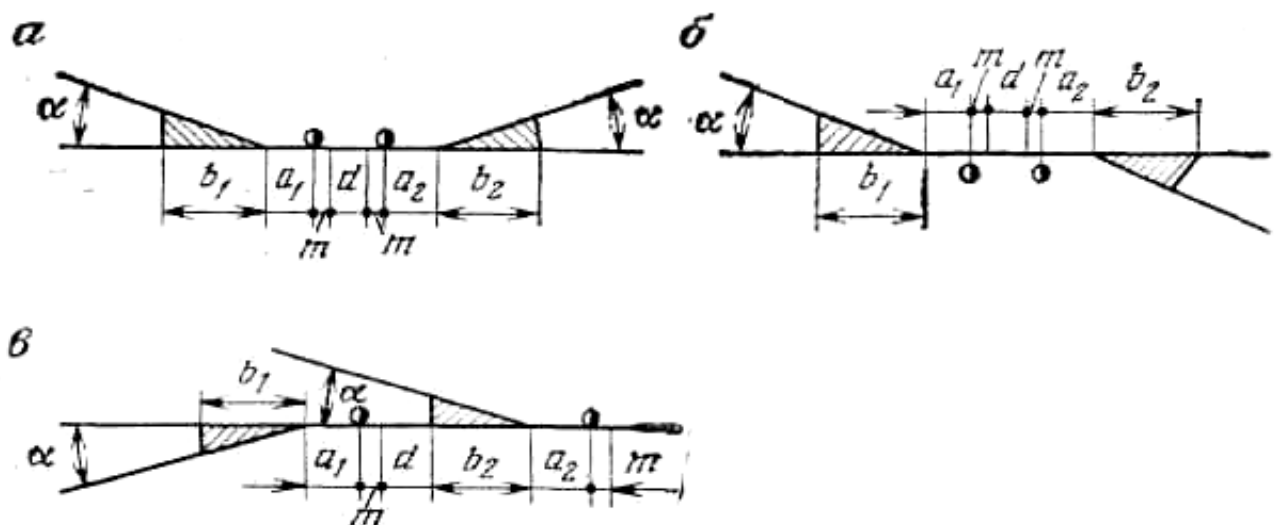


Рис. 11. Схемы взаимного расположения стрелочных переводов

1. Стрелочная улица на основном пути (рис. 12, а). Все стрелочные переводы принимают с одинаковыми марками крестовин. Размеры стрелочной улицы можно определить, проектируя ее элементы на продольную и поперечную оси.

Полная длина

$$L_{II} = a + m + x(n - 1) + (b + g + T) \cos \alpha + T,$$

где  $x$  — расстояние между центрами соседних стрелочных переводов;

$n$  — число путей, не считая основного;

$g$  — расстояние между хвостом крестовины и началом переводной кривой, определяемое по формуле

$$g = \frac{en}{\sin \alpha} - (b + T);$$

$T$  — тангенс переводной кривой.

2. Стрелочная улица под углом крестовины (рис. 12, б). В этом случае также укладывают стрелочные переводы с крестовинами одинаковых марок. Полная длина стрелочной улицы

$$L_{II} \approx a + m + xn + T = a + m + \frac{en}{\sin \alpha} + T.$$

При стрелочных улицах (рис. 12, а и б) длина отдельных путей различна. Так как на самом коротком пути должен разместиться поезд определенной длины, то остальные пути получаются длиннее чем нужно. Общая длина стрелочной улицы с углом наклона, равным углу крестовины, получается значительной, поэтому такой тип стрелочной улицы применяют лишь при малом числе ответвляемых путей.

3. Сокращенные стрелочные улицы применяют при большом числе путей, когда необходимо увеличить их полезную длину и сократить общую длину. Возможны две схемы сокращенных стрелочных улиц (рис. 12, в и г).

В первом случае стрелочную улицу укладывают под предельным углом наклона  $\beta$  (больше угла крестовины). Для этого после первого стрелочного перевода устраивают промежуточную кривую радиусом, примерно равным стрелочной кривой. Стрелочные переводы на улице такого типа укладывают один за другим без прямых вставок. Тогда угол наклона стрелочной улицы можно определить по известным значениям расстояния между осями путей  $e$  и практической длины стрелочного перевода  $L_{II}$ :

$$\sin \beta = \frac{e}{L_{II}}$$

Во втором случае для увеличения угла наклона стрелочная улица отклоняется дважды под углом крестовины, так что угол между стрелочной улицей и основным путем равен двойному углу крестовины. Стрелочные улицы такого типа требуют уширения междупутья по сравнению с обычным.

4. Веерные стрелочные улицы представляют собой ломаную линию, от которой расходятся отдельные пути, располагающиеся параллельно. Веерные улицы бывают концентрические, в которых радиусы поворота отдельных путей одинаковы (рис. 12, д), и концентрические, в которых все кривые описаны из одного центра (рис. 12, е).

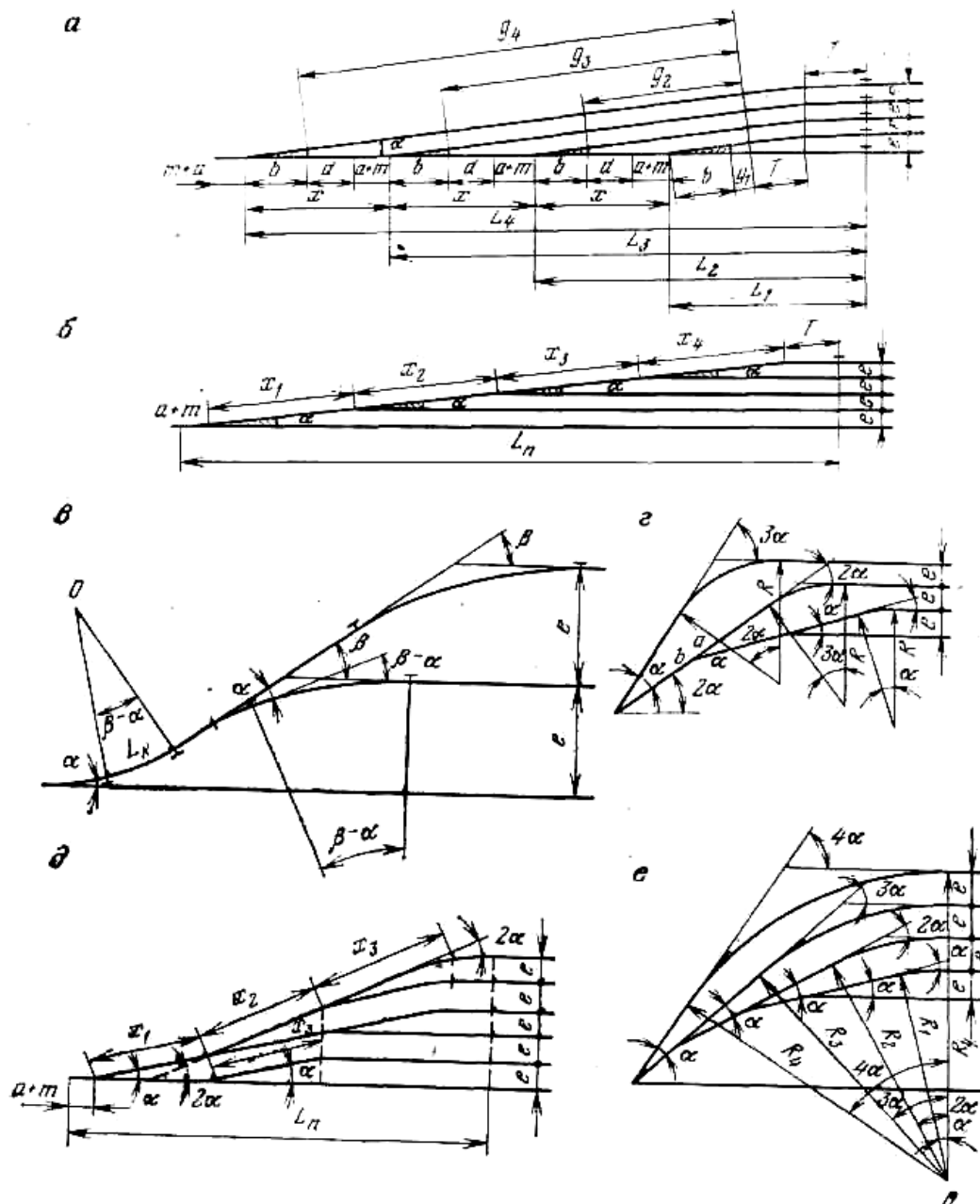


Рис. 12. Стрелочные улицы

В условиях карьеров веерные стрелочные улицы находят применение в пунктах разветвления отвальных или забойных путей.