

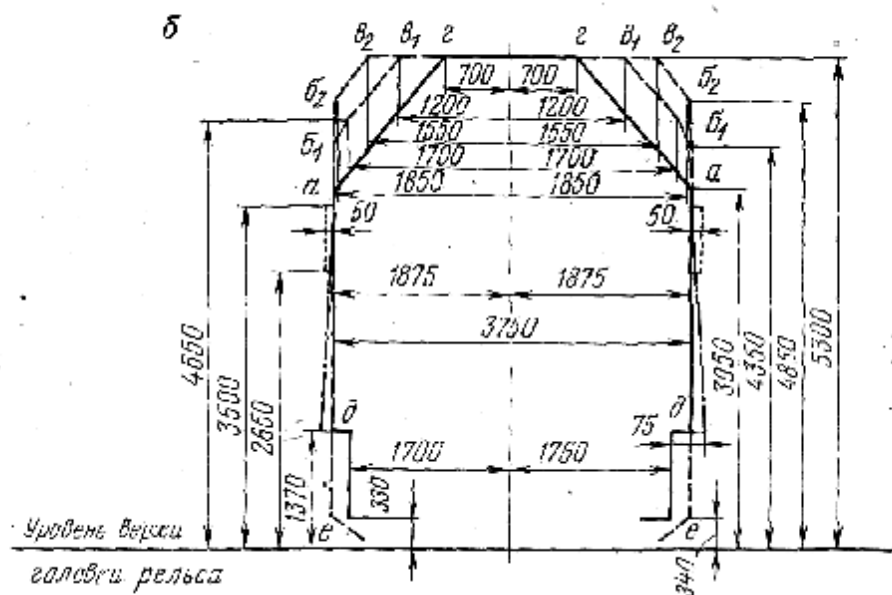
Technical drawing of a bridge structure, showing dimensions and levels. The drawing includes a cross-section of the bridge deck and a plan view of the bridge piers.

Dimensions (mm):

- Overall width: 5400
- Deck width: 4800
- Deck height: 4700
- Deck thickness: 1100
- Deck width at base: 750
- Deck width at base: 200
- Deck width at base: 1725
- Deck width at base: 1830
- Deck width at base: 1700
- Deck width at base: 1635
- Deck width at base: 2040
- Deck width at base: 2450
- Deck width at base: 2450
- Deck width at base: 2250
- Deck width at base: 2000
- Deck width at base: 1920
- Deck width at base: 3100
- Deck width at base: 3200
- Deck width at base: 4300
- Deck width at base: 4900
- Deck width at base: 5500
- Deck width at base: 4070
- Deck width at base: 50
- Deck width at base: 45
- Deck width at base: 672
- Deck width at base: 672
- Deck width at base: 762
- Deck width at base: 762
- Deck width at base: 1420
- Deck width at base: 1745
- Deck width at base: 4100

Levels:

- Уровень (Level)
- верха головки рельса (Top of rail head)
- Наименьшее расстояние до оси 2-го пути (Minimum distance to axis of 2nd track)



В кривых участках пути габариты приближения строений увеличиваются.

Железнодорожный путь состоит из нижнего и верхнего строений. К нижнему строению относится земляное полотно или искусственные сооружения, к верхнему — рельсы со скреплениями, шпалы и балласт.

Земляное полотно с водоотводными устройствами является основанием железнодорожного пути. От его исправности зависит состояние пути в целом. Часть земляного полотна, на которой размещается верхнее строение пути, называется основной площадкой. Ширина основной площад-

ки зависит от ширины колеи, числа путей и рода грунта (табл. 1).

Размеры основной площадки земляного полотна

Поперечный профиль земляного полотна	Ширина основной площадки (м) при ширине колеи, мм	
	1520	750
Насыпь под путь:		
один	4,6—5,5	2,8—3,4
два	8,7—9,6	5,8—6,4
Выемка под дуть (с учетом ширины кювета):		
один	7,6—8,0	6,1—6,7
два	11,7—12,1	9,1—9,7

По форме поперечного профиля земляное полотно сооружается в виде насыпей, выемок, нулевых мест, полунасыпей, полувыемков (рис. 3). Поперечный профиль земляного полотна выполняется таким образом, чтобы обеспечивалась его устойчивость и не попадала вода на земляное полотно, а попавшую воду было бы можно быстро отвести.

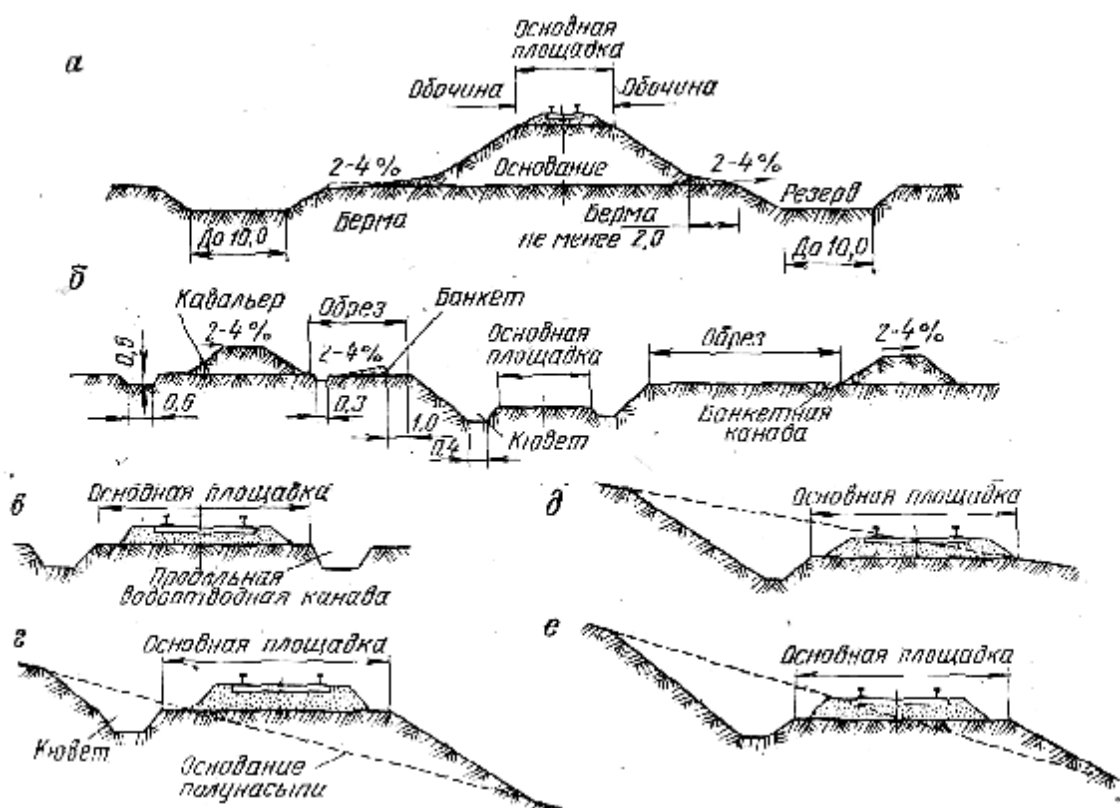


Рис. 3. Поперечные профили земляного полотна:

a — насыпь; *б* — выемка; *в* — нулевое место; *г* — полунасыпь; *д* — полувыемка; *е* — полунасыпь-полувыемка

В условиях карьеров насыпи сооружаются при отвалообразовании и укладке путей на пересеченной местности от карьера до отвалов. Характерной выемкой для карьерных условий являются выездные траншеи. Полувыемки и полунасыпи сооружаются при нарезке уступов, проведении траншей или отсыпке отвалов на косогорах. Крутизна откосов насыпей и выемок измеряется отношением высоты откоса к его заложению. Обычно для насыпей высотой до 10 м откосы выполняются крутизной 1:1,5, а при большей высоте выполаживаются до 1:1,75; 1:2.

Для предохранения земляного полотна от разрушительного действия поверхностных* и грунтовых вод предусматривается ряд водоотводных устройств. В карьерных условиях сооружение водоотводных устройств имеет исключительно важное значение, в частности для отвода воды от земляного полотна уступных и отвальных путей.

При пересечении железной дорогой различных препятствий (рек, оврагов, автогужевых и железных дорог и пр.) возводятся искусственные сооружения, к которым относятся мосты, путепроводы, эстакады, виадуки, трубы, лотки, тоннели, подпорные стенки.

§ 3. Верхнее строение пути

Рельсы

Рельсы служат для направления движущихся колес подвижного состава, восприятия и передачи давления нижележащим элементам верхнего строения пути. Форма рельса определяется характером действующих нагрузок. Так как вертикальная нагрузка является наибольшей, то основной формы рельса является Двутавровое сечение, обладающее наибольшим сопротивлением изгибу. При этом верхняя полка двутавра приспособляется для качения по ней колес подвижного состава, а нижняя — для прикрепления рельса к шпалам.

На железных дорогах СССР применяют широкоподошвенные рельсы (рис. 4, табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Размеры основных типов рельсов

Тип рельса	Колея, мм	Масса 1 м рельса, кг	Размеры рельса, мм			
			Высота	Ширина головки	Ширина подошвы	Толщина шейки
P75	1520	75,1	192	75	160	20,0
P65	1520	64,93	180	75	150	18,0
P50	1520	51,51	152	70	132	15,5
P43	1520	44,65	140	70	114	14,5
P24	750	—	107	51	92	10,5
P18	750	—	90	40	80	10,0

Рельсы имеют стандартную длину: для широкой колеи 12,5 и 25 м, для узкой колеи 7 и 8 м. Переход на рельсы длиной 25 м обуславливает уменьшение числа стыков, улучшение условий взаимодействия пути и подвижного состава, а также сокращение расхода металла на стыковые скрепления, что дает значительный экономический эффект. Сокращение числа стыков достигается, кроме того, свариванием рельсов.

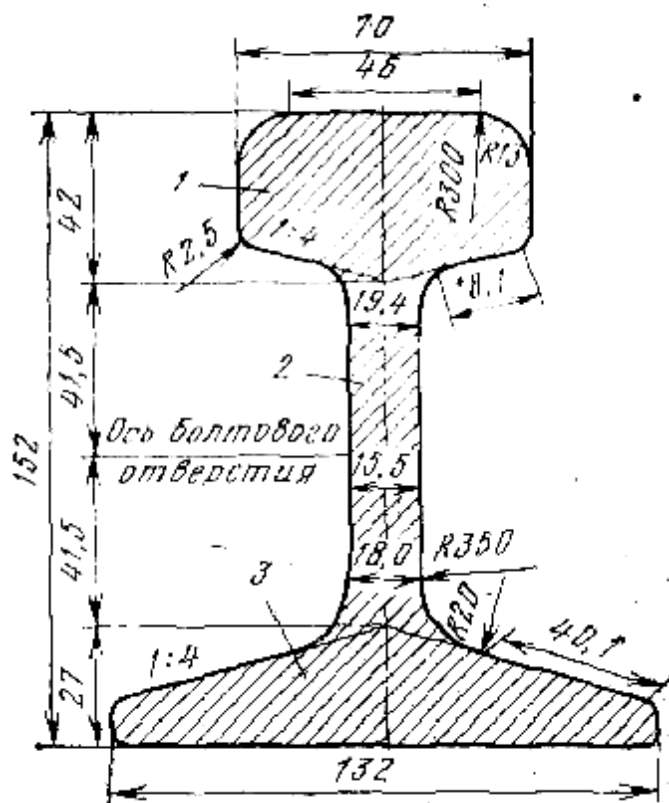


Рис. 4. Рельс Р50:

1 — головка; 2 — шейка; 3 — подошва

Основными повреждениями, из-за которых рельсы необходимо заменять, являются изломы, отколы головки или подошвы, трещины у отверстий стыковых болтов. Повреждения рельсов появляются в основном из-за неисправности ходовых частей подвижного состава, так как в связи с ними возникают значительные динамические нагрузки на рельс, например при выбоинах на бандажах колес и в результате неудовлетворительного состояния пути (искривления в плане и профи-

ле).

Износ рельсов зависит от грузонапряженности линии и нагрузки на ось подвижного состава. Предельная величина износа рельсов всех типов для главных путей допускается: вертикального 9 мм, и горизонтального 10 мм.

Особенно велик износ рельсов в кривых малого радиуса (обычно наружной нити). Лучшим способом снижения износа боковых граней рельсов является их смазка. Опытами и практикой установлено, что при смазывании боковых граней рельсов интенсивность их износа уменьшается в 5—10 раз. При этом значительно уменьшаются также износ гребней колес и сопротивление движению поездов в кривых.

Промежуточные рельсовые скрепления

Рельсовые скрепления делятся на промежуточные — для соединения рельсов со шпалами и стыковые — для соединения рельсов между собой в стыках.

В комплект промежуточного рельсового скрепления входят подкладки, прикрепители (костыли, шурупы или болты) и прокладки.

Подкладки под рельсы служат для передачи давления от рельсов на шпалы. Благодаря применению подкладок уменьшается износ шпал и увеличивается сопротивление боковому сдвигу рельсов. Уклон клинчатых подкладок 1:20 обеспечивает подуклонку рельсов, равную уклону поверхности катания колес подвижного состава.

Прокладки под подошву рельса или под подкладку (резиновые или деревянные) используются для смягчения ударов от подвижного состава и увеличения срока службы шпал.

До настоящего времени на карьерных путях распространено прикрепление рельсов к шпалам костылями. Как видно из схемы (рис. 5, а), внутренние костыли сопротивляются выдергиванию из шпалы, а наружный — отжатию под действием горизонтальной силы. Сопротивление выдергиванию костыля из новой шпалы составляет около 20 кН (после годичной эксплуатации 6—7 кН), сопротивление отжатию примерно в 1,3 раза меньше.

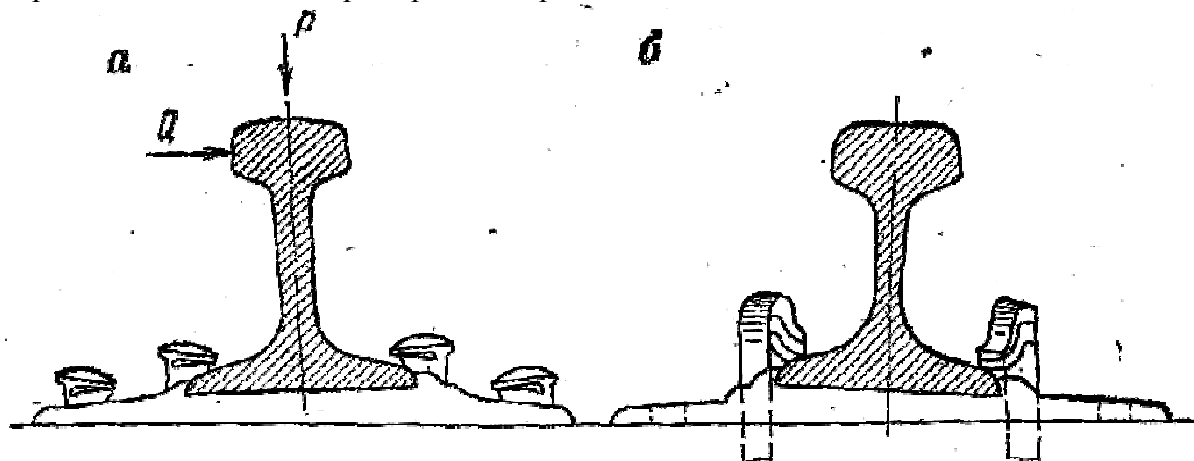


Рис. 5. Костыльное крепление рельсов со шпалами.

При использовании пружинных костылей (рис. 5, б) рельс упруго прижат к подкладке, благодаря чему смягчаются удары, передаваемые на шпалы. По сравнению с жесткими костылями пружинные костыли имеют повышенное сопротивление выдергиванию.

При переноске и передвижке рельсо-шпальной решетки в карьерах с помощью кранов и путепередвижателей ввиду недостаточного сопротивления костылей выдергиванию часто происходят отрыв шпал и потеря костылей с подкладками, что снижает эффективность работ по перемещению рельсо-шпальной решетки. Поэтому для карьерных условий более целесообразно применение шурупного скрепления рельсов со шпалами (рис. 6), при котором сопротивление выдергиванию в 1,5—2 раза больше, чем при костьном. Кроме того, шурупное скрепление обеспечивает более плотное прижатие подкладки к шпалам, т. е. большую устойчивость пути.

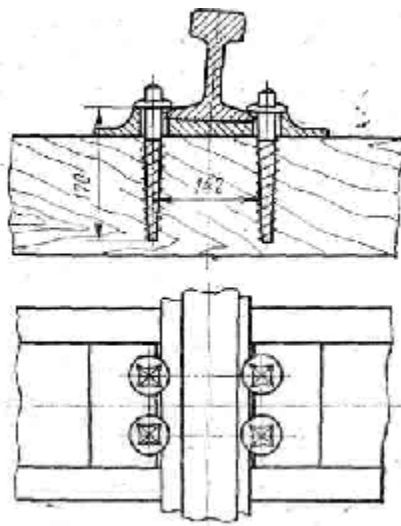


Рис. 6. Шурупное крепление рельсов со шпалами

Опыт применения шурупного крепления на магистральных дорогах, а также на карьерах Урала, Дальнего Востока и Башкирии подтвердил надежность этого вида рельсового крепления. На ввертывание шурупов затрачивается больше времени, чем на забивку костылей, однако с применением средств механизации трудоемкость этой операции значительно снижается.

Еще более прочным является болтовое крепление рельсов со шпалами прижимного или клинового типа, при котором в качестве крепежителей используют сквозные болты и прижимы или клинья.

Для болтового крепления универсального типа (рис. 7, а) используются специальные двухреборчатые подкладки и два прижима. Для предохранения шпалы предусмотрены прямоугольные подкладки под шпалу. Каждый прижим имеет прорезь, с помощью которой, ослабив гайки и отодвинув прижимы, можно освободить рельс. Болтовое крепление надежно при переноске звеньев благодаря возможности с большими усилиями выдергивать звенья кранами из балластного слоя и земляного полотна.

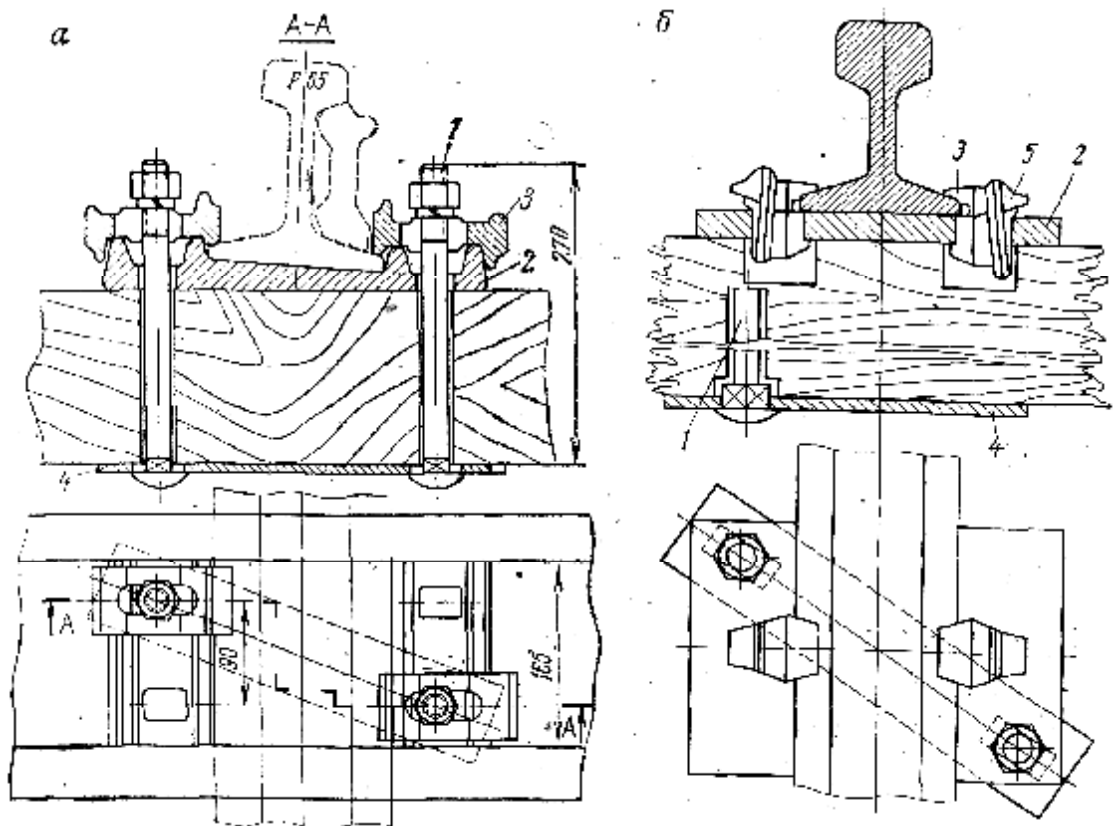


Рис. 7. Болтовое крепление рельсов со шпалами:

1 — болт; 2 — подкладка; 3 — прижим; 4 — подкладка под шпалу; 5 — клин

Болтовое соединение клинового типа (рис. 7, б) находит применение при передвигке пути путепередвижателями непрерывного действия. В этом случае подкладка крепится к шпале сквоз-

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).

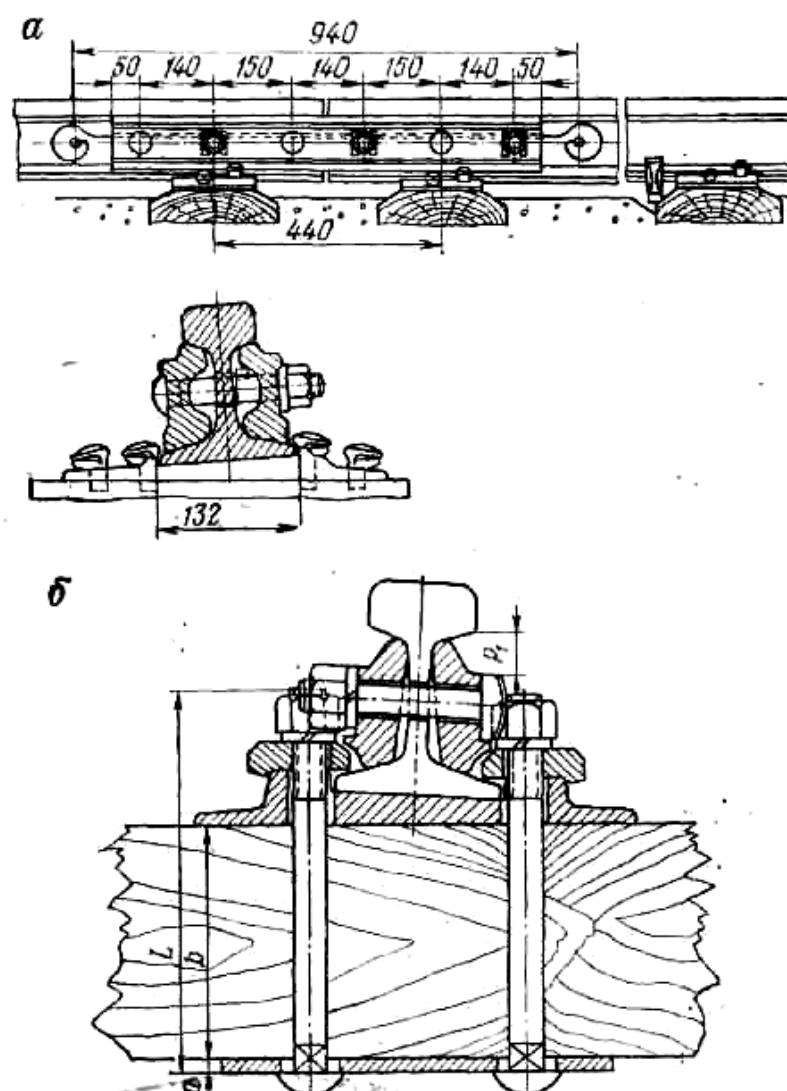


Рис. 8 Стыковое рельсовое укрепление

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 м³, перемещаемых 600—1000 м³.

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, 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.