



# УЧЕБНИК СЕРЖАНТА ЖЕЛЕЗНО- ДОРОЖНЫХ ВОЙСК



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
МОСКВА-1960

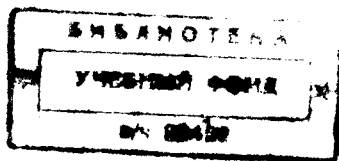
УПРАВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК

---

# УЧЕБНИК СЕРЖАНТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК

Книга 1

УСТРОЙСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
Москва—1960

Учебник предназначен для подготовки курсантов учебных частей (подразделений) и совершенствования знаний сержантов железнодорожных войск. Это первый из намеченных к изданию учебников для сержантов железнодорожных войск. Он составлен в соответствии с программой боевой подготовки курсантов на основе действующих технических норм, требований и руководств.

В Учебнике изложены устройство земляного полотна, верхнего строения пути и искусственных сооружений, приведены общие сведения о раздельных пунктах, а также некоторые справочные данные по математике и черчению.

Книга написана коллективом авторов в составе: генерал-майора технических войск в отставке *Павлова Б. И.* (руководитель коллектива) — глава 3, полковника запаса *Чуба К. Т.* — глава 2, инженер-полковника *Шалыгина Н. А.* — главы 4, 5, 6 и 13, подполковника *Моисеева Г. Д.* — введение, главы 1, 11, 14, справочные данные по математике и черчению, подполковника *Клочкова А. М.* — главы 7, 9, 10 и 12 и инженер-майора *Былинского Б. Н.* — глава 8.

Общая редакция инженер-полковника *Смотрицкого Е. А.*

## ВВЕДЕНИЕ

Обширна территория Советского Союза. Более чем на 9 тыс. км простирается она с запада на восток и более чем на 4,5 тыс. км с севера на юг. Общая площадь нашей страны составляет около 22,4 млн. км<sup>2</sup>. По размерам территории СССР стоит на первом месте в мире, превышая почти в три раза территорию США и в четыре раза — всех государств Европы, вместе взятых.

На этой огромной территории на значительных расстояниях друг от друга размещены важнейшие центры тяжелой и легкой промышленности, богатейшие сельскохозяйственные области, места добычи полезных ископаемых и разработки лесных массивов.

Потребность в экономическом общении между отдельными районами и пунктами страны, в перевозке продукции промышленности и сельского хозяйства из мест производства в места потребления, а также в перемещении населения из одного пункта в другой удовлетворяется применением в широких масштабах транспортных средств.

К основным видам транспорта в СССР относятся железнодорожный, водный (речной и морской), воздушный, автомобильный и трубопроводный. Эти основные виды транспорта взаимосвязаны между собой и образуют единую транспортную систему страны.

Наибольшее значение в нашей стране имеет железнодорожный транспорт, которым осуществляется большинство перевозок грузов и пассажиров. По сравнению с другими видами железнодорожный транспорт обладает рядом преимуществ, главнейшими из которых являются непрерывность и регулярность его работы независимо от времени года и атмосферных условий. Эксплуатационная длина железных дорог в 1959 г. составила около 130 тыс. км.

Речной транспорт в период судоходства, когда реки свободны от льда, играет большую роль в перевозках мас-

совых грузов (хлеба, угля, нефти, леса, строительных материалов и др.). В некоторых местностях, не имеющих железных дорог, он служит основным видом транспорта.

Морской транспорт обслуживает главным образом пункты, расположенные на побережье морей. Им осуществляется перевозка значительной части грузов при торговле СССР со странами народной демократии и многими странами капиталистического мира.

Недостатком водного транспорта, особенно речного, является зависимость его от времени года.

Автомобильный транспорт, как правило, используется для перевозок грузов и пассажиров на короткие расстояния. Особое значение он приобретает в районах, где нет других средств транспорта. В последние годы пассажирские и грузовые перевозки автотранспортом стали шире применяться и в междугородном сообщении.

Воздушным транспортом перевозятся пассажиры, почта, багаж и такие грузы, которые нуждаются в быстрой доставке. Его роль в перевозке грузов пока невелика. Из всех видов транспорта воздушный наиболее скоростной, но зависимость от метеорологических условий и относительно высокая стоимость перевозок являются его недостатком.

В последние годы значительное распространение получает трубопроводный транспорт. Он используется для передачи по трубам на большие расстояния горючих газов (газопроводы) и жидкого топлива (нефте- и бензопроводы).

Коммунистическая партия и Советское правительство постоянно уделяют большое внимание развитию всех видов транспорта.

Контрольными цифрами развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг., утвержденными XXI съездом Коммунистической партии Советского Союза, намечается за семилетие построить примерно 9 тыс. км новых железнодорожных магистралей, около 8 тыс. км вторых путей и 2,7 тыс. км железных дорог в районах освоения лесных массивов, уложить в действующую сеть не менее 70 тыс. км новых рельсов, преимущественно тяжелого типа, и т. д. Этот план успешно выполняется.

Велико значение транспорта в обороне страны. Современная война, в случае ее возникновения, будет характеризоваться применением атомного оружия и других средств массового поражения, высокими темпами, маневренностью, участием в ней большого количества войск с разнообразной

боевой техникой. Поэтому роль транспорта значительно возрастает. В военное время наибольший объем массовых перевозок грузов и войск из тыла страны в районы военных действий, эвакуация в тыл раненых и поврежденной техники, перевозка войск с одних участков фронта на другие для сосредоточения на направлении главного удара выполняются железнодорожным транспортом. Поэтому железные дороги в условиях военного времени должны работать особенно четко и непрерывно.

Опыт минувших войн, особенно второй мировой войны, показывает, что воюющие армии с целью затруднения операций и срыва снабжения войск противника производят большие разрушения железных дорог и в первую очередь мостов, туннелей, верхнего строения пути, станций и узлов.

Возможность применения по железнодорожным объектам атомного оружия, обладающего огромной разрушительной силой, дает основания полагать, что характер и объем разрушений в современных условиях могут быть более значительными, чем это было в прошлых войнах.

Кроме разрушения железных дорог, войска при отступлении нередко минируют их минами мгновенного и замедленного действия, чтобы затруднить восстановление и последующую эксплуатацию.

Быстрое восстановление разрушенных участков железных дорог для пропуска поездов со всем необходимым для жизни и боевой деятельности войск является задачей, от решения которой во многом зависит успех современного боя.

Восстановление железных дорог на театре военных действий в Советской Армии возлагается на железнодорожные войска. Кроме восстановления, эти войска на фронте строят новые железнодорожные линии, развивают станции, эксплуатируют головные железнодорожные участки и производят разминирование.

В случае необходимости железнодорожные войска могут осуществлять заграждение железнодорожных участков, т. е. разрушать и минировать их.

Для выявления состояния железнодорожных участков на освобожденной нашими войсками территории и участков в пределах границ фронта, подвергшихся разрушению в результате налетов вражеской авиации или других средств, железнодорожные войска производят обследование этих участков, ведут техническую разведку.

История железнодорожных войск охватывает период



немногим более 100 лет. Впервые эти войска возникли в виде отдельных рот в России в 1851 г., когда было завершено строительство С.-Петербургско-Московской железной дороги. На эти роты возлагались в основном охрана дороги и содержание ее устройств в исправности. В ноябре 1876 г. был сформирован первый железнодорожный батальон, принявший участие в русско-турецкой войне 1877—1878 гг.

В последующие годы по мере развития железных дорог в России и роста их военного значения возрастала и роль железнодорожных войск, которые предназначались уже не только для эксплуатации, восстановления и строительства новых железнодорожных участков, но и для их разрушения. Численность железнодорожных войск в связи с этим росла. Так, во время русско-турецкой войны на театре военных действий было всего три железнодорожных батальона; в русско-японскую войну 1904—1905 гг. — семь железнодорожных батальонов, а к началу первой мировой войны количество их было доведено до 29.

Несмотря на возраставшую необходимость иметь в военное время хорошо обученные железнодорожные войска, царская Россия была не в состоянии обеспечить должную подготовку личного состава этих войск, а тем более оснастить их необходимой техникой. Эта задача оказалась под силу только Советской республике.

5 октября 1918 г. приказом Главнокомандующего Вооруженными Силами Республики № 41 были официально учреждены железнодорожные войска. С первых же дней своего существования части советских железнодорожных войск начали восстановление разрушенных железных дорог, помогая этим действиям молодой Красной Армии, которая вела ожесточенные бои с интервентами и белогвардейцами. По окончании гражданской войны в годы восстановления народного хозяйства железнодорожные войска выполняли ответственные задачи Коммунистической партии и Советского правительства по восстановлению железных дорог на наиболее трудных участках.

Накопленный за годы мирного строительства опыт, а также оснащение железнодорожных войск новой техникой дали возможность этим войскам успешно выполнить ответственные задачи в Великой Отечественной войне.

Великая Отечественная война показала множество примеров героических действий как отдельных сержантов и солдат, так и целых подразделений и частей железнодо-

рожных войск. В кратчайшие сроки, в тяжелых условиях войны-железнодорожники самоотверженно выполняли задачи по заграждению и восстановлению железных дорог. Бессмертен подвиг сержанта Мирошниченко, ценой своей жизни уничтожившего железнодорожный мост, на котором уже находились гитлеровцы. За 13 суток войсками частей железнодорожных войск был возведен мост через р. Днепр у Киева длиной более километра. Железнодорожные части, участвовавшие в Берлинской операции, восстановили железнодорожную линию таким темпом, что на другой день после взятия нашими войсками Берлина туда прибыл первый воинский эшелон.

За годы Великой Отечественной войны железнодорожными войсками совместно со специальными формированиями было восстановлено около 80 000 км железных дорог. На этих дорогах было восстановлено 2393 больших и средних мостов общей длиной около 214 км, более 12 000 малых мостов и труб, 33 туннеля, более 60 000 стрелочных переводов, около 700 000 проводо-километров линий связи, большое количество пунктов водоснабжения, депо, зданий и других железнодорожных сооружений. Своевременное выполнение таких громадных по объему работ оказалось возможным благодаря высокому мастерству и самоотверженному труду личного состава железнодорожных войск. За успешные действия в годы Великой Отечественной войны тысячи солдат, сержантов и офицеров были награждены орденами и медалями, 29 лучшим из них присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда. Орденами Советского Союза были награждены многие отличившиеся железнодорожные части и соединения.

В послевоенный период личный состав железнодорожных войск постоянно и настойчиво совершенствует свои знания и навыки, учится умело владеть сложной железнодорожной техникой, быстро производить восстановительные работы, строить мосты, выполнять все, что потребует боевая обстановка.

В настоящее время войны-железнодорожники успешно овладевают своей военной специальностью, становятся мастерами своего дела. В войсках растет число отличников, множится число отличных подразделений.

## ГЛАВА I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

#### Основные железнодорожные сооружения и устройства

Для нормальной эксплуатации железные дороги должны иметь:

- железнодорожный путь с соответствующим путевым развитием;
- сооружения для посадки, высадки и обслуживания пассажиров, хранения, выгрузки и погрузки грузов;
- устройства сигнализации и связи;
- сооружения для ремонта и экипировки локомотивов и вагонов;
- устройства водоснабжения и энергоснабжения;
- тяговые подстанции и устройства контактной сети на электрифицированных участках.

Железнодорожный путь является одним из основных сооружений. Он состоит из земляного полотна, искусственных сооружений и верхнего строения пути.

Все элементы железнодорожного пути по прочности, устойчивости и техническому состоянию должны обеспечивать безопасное и плавное движение поездов с установленными скоростями.

Для того чтобы можно было осуществлять обгон одного поезда другим, разъезд встречных поездов (скрещение), формирование поездов, погрузку и выгрузку грузов, посадку и высадку пассажиров и другие операции, связанные с движением поездов, железные дороги в определенных местах, называемых **раздельными пунктами**, имеют путевое

развитие, то есть не один, а несколько путей<sup>1</sup>. Эти пути соединены особыми устройствами для перехода подвижного состава с одного пути на другой — стрелочными переводами, а в отдельных случаях — поворотными кругами, поворотными треугольниками и петлями.

Раздельные пункты, к которым относятся станции, разъезды, обгонные пункты и путевые посты, делят дорогу на перегоны. Железнодорожные пути на перегонах и их непосредственное продолжение в пределах станций, разъездов и обгонных пунктов называются главными путями, остальные пути на станциях — **станционными путями**. Кроме главных и станционных путей, на перегонах и станциях могут быть пути специального назначения, к которым относятся подъездные пути и ветви к предприятиям, карьерам, складам, предохранительные и улавливающие тупики.

Сооружения для посадки, высадки и обслуживания пассажиров предназначены для создания удобств при пользовании железнодорожным транспортом и обеспечения правильной организации пассажирского движения. К этим сооружениям относятся пассажирские здания (вокзалы), билетные и багажные кассы, пассажирские платформы для посадки и высадки пассажиров, помещения для приема, хранения и выдачи багажа.

Для хранения, погрузки и выгрузки грузов на станциях имеются склады, навесы, площадки, грузовые платформы, холодильные устройства, вагонные весы, средства механизации погрузочно-выгрузочных работ и другие устройства. Устройства сигнализации и связи служат для обеспечения безопасности движения и для четкой организации движения поездов и маневровой работы.

Основными сооружениями и устройствами сигнализации и связи являются сигнализация, централизация и блокировка (СЦБ), проводная связь, радиосвязь и линии СЦБ и связи.

**Сигнализацией** называется совокупность различного рода видимых и звуковых сигналов, которыми даются указания поездным бригадам и другим работникам, связанным с движением поездов, при следовании поездов и маневровой работе. Видимые сигналы подаются светофо-

<sup>1</sup> Некоторые раздельные пункты, например путевые посты, не имеют путевого развития и служат только для регулирования движения поездов.

рами, семафорами, дисками, фонарями, флагами и другими приборами и устройствами, а звуковые — рожками, ручными и локомотивными свистками, станционными колоколами, петардами<sup>1</sup>, гудками и сиренами.

Видимые сигналы выражаются цветом (красный, желтый, зеленый), формой (круглый, прямоугольный, квадратный), положением (поднят, опущен) и числом сигнальных показаний. Красный цвет сигнала требует остановки, желтый — уменьшения скорости, зеленый разрешает движение с установленной скоростью.

Централизацией стрелок и сигналов называется система устройств (главным образом в пределах станций) для перевода стрелок и изменения показаний сигналов с одного или нескольких постов. Централизация значительно облегчает труд работников транспорта и убыстряет пропуск и формирование поездов. С одного поста в настоящее время может осуществляться управление 200 и большим количеством стрелок и сигналов. Централизация стрелок и сигналов осуществляется механическим способом (механическая централизация) и при помощи электричества (электрическая централизация).

Блокировкой называется система устройств, при помощи которых показания сигналов связаны с положением поезда (путевая блокировка) или с положением стрелок (станционная блокировка). При путевой блокировке участок пути на перегоне (при автоматической блокировке) или целый перегон (при полуавтоматической блокировке), на котором находится поезд, блокируется (ограждается) показаниями сигналов, не разрешающих другому поезду занять соответственно участок или перегон до освобождения их первым поездом. При станционной блокировке сигналы, разрешающие движение, не могут быть открыты до тех пор, пока все стрелки, находящиеся на пути движения поезда, не будут установлены в соответствующее положение. Применение блокировки обеспечивает безопасность движения поездов.

Устройства железнодорожной связи предназначаются для обеспечения быстрых сношений между работниками, связанными с движением поездов, и для передачи срочных распоряжений. Основными средствами связи являются те-

<sup>1</sup> Петарда представляет собой небольшой заряд пороха, помещенного в картонную или другую оболочку. При наезде локомотива на петарду, уложенную на рельсе, она взрывается; звук взрыва служит сигналом остановки поезда.

лефон и телеграф, в последние годы все шире начинает применяться радиосвязь. Линии связи и СЦБ на железных дорогах устраиваются воздушными и кабельными.

Нормальная эксплуатация железных дорог во многом зависит от исправного состояния подвижного состава. Для ремонта и экипировки (снабжения) локомотивов и вагонов железные дороги имеют локомотивное и вагонное хозяйства.

Основными сооружениями локомотивного хозяйства являются локомотивные депо, экипировочные устройства (склады, оборудование и устройства для подачи топлива, пескоснабжения и набора воды, помещения для хранения и выдачи смазочных материалов и др.), поворотные круги, треугольники или петли для поворота локомотивов, устройства для снабжения водой паровозов, поездов и удовлетворения других нужд станций, устройства электросилового хозяйства.

К основным сооружениям вагонного хозяйства относятся вагонные депо, вагонные колесные мастерские, пункты технического осмотра, ремонтные пункты на путях сортировочных парков, контрольные пункты автотормозов, контрольные пункты автосцепки и промывочно-пропарочные станции.

На электрифицированных железных дорогах основными сооружениями и устройствами для энергоснабжения являются тяговые подстанции, контактная сеть, питающие линии и посты секционирования<sup>1</sup>.

Для осуществления воинских перевозок на железных дорогах используются обычные устройства, предназначенные для народнохозяйственных перевозок, а также сооружаются специальные воинские погрузочно-выгрузочные места. Воинское погрузочно-выгрузочное место включает в себя следующие основные устройства:

— железнодорожный путь, вмещающий полностью состав воинского поезда и допускающий непосредственный прием и отправление с него поездов;

— погрузочно-выгрузочную платформу (аппарель) или площадку;

— грунтовые пути, подходящие к погрузочно-выгрузочной платформе или площадке;

— специальное оборудование.

<sup>1</sup> Устройства, разделяющие контактную сеть на отдельные участки (секции).

К специальному оборудованию относятся средства для снабжения войск водой, уборные вблизи погрузочно-выгрузочного места, стационарное освещение, устройства связи с дежурным по станции и военным комендантом железнодорожного участка (станции), коновязи и устройства для водопоя животных, щели для укрытия личного состава воинских эшелонов, запасы материалов и инструмента для сооружения погрузочно-выгрузочных устройств и приспособлений и табельные погрузочно-выгрузочные приспособления (переходные мостики, трамплины, конские мостики и др.).

Для снабжения эшелонов в пути следования продовольствием и фуражом на станциях сооружаются военно-продовольственные пункты и склады. Некоторые станции для санитарной обработки личного состава эшелонов имеют изоляционно-пропускные и санитарно-пропускные пункты.

### Общие сведения об устройстве железнодорожного пути

Железнодорожным путем называется такой путь, на котором движение колес подвижного состава (локомотивов, вагонов и др.) происходит по специальным гладким металлическим полосам, называемым рельсами.

Как уже указывалось, железнодорожный путь состоит из земляного полотна, искусственных сооружений и верхнего строения пути. Для пропуска в одном уровне через железнодорожные пути автогужевого транспорта устраиваются переезды.

Для движения тяжелых поездов с большой скоростью необходим ровный путь, имеющий уклоны, которые способен преодолевать локомотив, ведущий поезд. Но естественная поверхность земли в редких случаях бывает ровной. На направлении железнодорожной линии всегда встречаются пониженные и возвышенные места: овраги, поймы рек, холмы, горы и т. д. Поэтому для создания ровного пути с допустимыми уклонами необходимо в одних местах подсыпать грунт (устраивать насыпи), в других срезать грунт (делать выемки). Выровненная таким образом полоса земной поверхности для железной дороги называется земляным полотном.

Но земляное полотно можно устраивать не везде. При пересечении железнодорожной линией рек, ручьев, суходолов, других железных или автогужевых дорог в разных уровнях, гористых местностей и т. д. взамен земляного по-

лотна устраиваются так называемые искусственные сооружения: мосты, трубы, туннели и др. Земляное полотно и искусственные сооружения составляют нижнее строение пути, так как служат основанием для верхнего строения. Оно воспринимает давление от верхнего строения и передает его земле.

Верхнее строение предназначено для восприятия давления от подвижного состава и направления движения подвижного состава по железнодорожному пути. Оно состоит из рельсов, креплений (в том числе противоугонов), шпал и балласта, а также стрелочных переводов, переводных и мостовых брусьев.

Все элементы верхнего строения пути работают как одно целое. Неисправность или нарушение работы одного из них приводит к ненормальной работе всего верхнего строения.

Рельсы, непосредственно воспринимающие давление колес и направляющие движение подвижного состава, укладываются на шпалы, которые в свою очередь располагаются на упругом слое грунта — балласте, отсыпанном поверх земляного полотна. На некоторых мостах, виадуках и путепроводах рельсы укладываются не на шпалы, а на мостовые брусья.

Для соединения отдельных рельсов между собой и крепления их к шпалам служат рельсовые крепления — накладки, подкладки, путевые болты, костыли и шурупы, а для предотвращения смещения рельсов вдоль пути — противоугоны. Для перехода подвижного состава с одного пути на другой служат стрелочные переводы, которые укладываются вместо шпал на переводные брусья.

### Полоса отвода

Полоса земли, которая отводится для постройки железной дороги, называется **полосой отвода**. Полоса отвода закрепляется за железной дорогой, и в ее пределах возведение зданий и сооружений, не связанных со строительством и эксплуатацией железной дороги, а также использование ее посторонними организациями для других целей не допускаются.

Границы полосы отвода обозначаются столбиками, которые устанавливаются на всех переломах ее границы, а на прямых участках — на расстоянии до 400 м один от другого.



Ширина полосы отвода в зависимости от возводимых железнодорожных сооружений и от местных условий (наличия лесов, посевов ценных многолетних культур, склонов гор, населенных пунктов и т. д.) может быть различной. На перегонах она назначается, как правило, не менее 24 м, а в исключительных случаях, например при прохождении линии через населенные пункты, не менее 16 м. Наибольшая ширина полосы отвода в обычных условиях достигает 100 м. В местах, подверженных снежным и песчаным заносам, а также на станциях в пределах населенных пунктов размеры полосы отвода устанавливаются особо.

### План железнодорожного пути

Расположение железнодорожного пути в горизонтальной плоскости называется его *планом*. План определяет точное положение дороги на земной поверхности и положение ее относительно стран света, городов, рек и пр.

Под планом также понимается его графическое изображение (чертеж) с указанием километража линии, отдельных пунктов и др. (рис. 1).

При составлении проекта постройки железной дороги между заранее заданными пунктами стремятся к тому, чтобы дорога прошла по прямой линии, соединяющей эти пункты, т. е. длина ее была бы наименьшей. Но осуществление постройки дороги по прямой линии сопряжено со значительными трудностями, так как в этом случае из-за неровностей земной поверхности потребовалось бы сооружать большие насыпи и глубокие выемки. Кроме того, невозможность проведения дороги по прямой вызывает необходимость обходить различные препятствия: озера, населенные пункты и т. п. Все это заставляет отказаться от прямого направления и вместо прямой линии соединять заданные пункты, например А—Б, ломаной линией А а б в г Б (рис. 2).

Но ломаное направление железнодорожного пути не дает возможности движения по нему подвижного состава, так как по своей конструкции подвижной состав не может менять направление движения под углом. Вследствие этого прямые отрезки пути сопрягаются между собой плавными кривыми, допускающими переход подвижного состава с одних отрезков прямых на другие.

Таким образом, путь в плане состоит из ряда прямых участков, соединенных между собой кривыми.

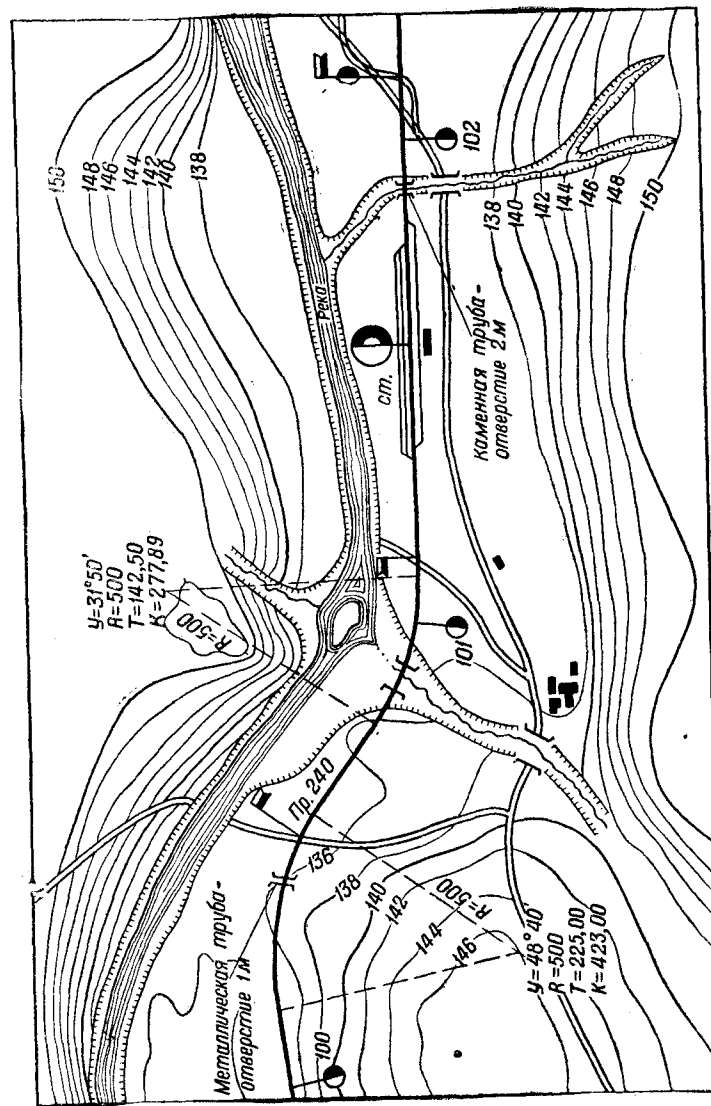


Рис. 1. План железнодорожной линии

На железных дорогах СССР для сопряжения отдельных прямых участков пути применяются круговые кривые, как правило, следующих радиусов: 4000, 3000, 2000, 1800, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350 и 300 м, а в особо трудных горных условиях — 250 и 200 м.

Однако при сопряжении отдельных прямых участков пути только круговыми кривыми плавность хода поезда при переходе из прямой в кривую нарушается, так как из-за резкого изменения направления движения появляются

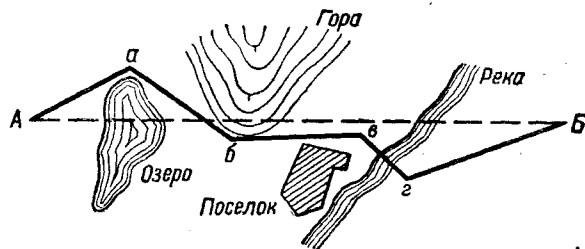


Рис. 2. Расположение железнодорожного пути с обходом препятствий

сильные боковые удары колес подвижного состава о наружные рельсы кривых, вредно влияющие как на путь, так и на подвижной состав. Величина ударов тем больше, чем меньше радиус кривой и больше скорость движения поезда.

Чтобы избежать появления боковых ударов и достигнуть плавности движения поезда, между прямыми участками пути и участками на круговых кривых устраиваются так называемые переходные кривые, у которых радиус меняется плавно и постепенно на всем протяжении кривой. В начале переходной кривой (НПК), т. е. в точке сопряжения с прямым участком пути, величина ее радиуса очень большая, а затем постепенно уменьшается и в конце переходной кривой (КПК), то есть в точке сопряжения с круговой кривой, равна величине радиуса круговой кривой.

### Профиль железнодорожного пути

Проекция бровки земляного полотна (см. стр. 29) железнодорожного пути на вертикальную плоскость, параллельную его оси, называется продольным профилем пути.

Наиболее желательным положением железнодорожного пути в вертикальной плоскости было бы расположение его на горизонтальной площадке. Но пункты, между которыми проводится железная дорога, как правило, не находятся на одном уровне, а земная поверхность между ними не представляет собой ровной горизонтальной площадки. Одни из пунктов, между которыми проводится дорога, расположены в долинах, другие — на холмах и на горах, а поверхность земли между ними имеет повышенные и пониженные места. При проведении железной дороги в горизонтальной плоскости все это потребовало бы производства больших работ по сооружению насыпей и выемок, несмотря на то, что путь в плане до некоторой степени отклоняется от прямого направления для обхода пониженных и повышенных мест.

Поэтому при проектировании железнодорожной линии с целью уменьшения количества работ, а следовательно, и удешевления стоимости строительства стремятся в возможных пределах приблизить расположение ее в вертикальной плоскости к общему рельефу местности, учитывая при этом, что наклоны линии не должны превышать допустимых.

Таким образом, продольный профиль пути представляет собой ломаную линию, состоящую из ряда горизонтальных и наклонных линий.

Горизонтальные участки пути называются площадками, а наклонные — уклонами. Для поезда при движении его по наклонному участку на гору уклон будет называться подъемом, при движении с горы — спуском.

Горизонтальные участки железнодорожного пути характеризуются их протяженностью (длиной), а уклоны — протяженностью и крутизной. Крутизна уклона измеряется делением высоты подъема на заложение линии, т. е. на длину проекции линии на горизонтальную плоскость (рис. 3). Крутизна условно обычно обозначается латинской буквой  $i$  (и). Для уклона, изображенного на рис. 3, его крутизна

$$i = \frac{BB'}{AB} = \frac{10}{1000} = 0,01.$$

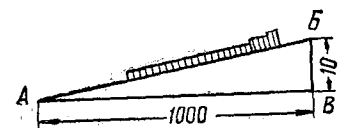


Рис. 3. Измерение уклона линии

Кроме обозначения десятичной дробью, уклоны обозначаются и целыми числами с особыми знаками — ‰ (промилле), например 3‰, 9‰ и т. д. Уклон 3‰ обозначает, что линия на 1000 м повышается или понижается на 3 м; такой уклон называется трехтысячным, уклон 9‰ называется девятитысячным и т. д.

От величины уклонов, главным образом подъемов, зависит вес поезда, который может быть пропущен по данному участку железной дороги: чем больше уклон, тем вес поезда должен быть меньше. Уклон, по величине которого при данном типе локомотива и выбранной наибольшей скорости движения устанавливается вес грузового поезда, называется руководящим уклоном. На наших магистральных железных дорогах с паровой тягой наибольшая величина руководящего уклона не должна превышать 12‰, с электрической тягой — 15‰, а на дорогах местного значения при всех видах тяги — 20‰. Большие уклоны допускаются только в особо трудных горных условиях, где поезда по участкам с такими уклонами следуют с двумя локомотивами. Раздельные пункты, как правило, располагают на горизонтальных площадках, а в особо трудных условиях — на уклонах, не превышающих 2,5‰.

Отдельные участки продольного профиля с постоянным уклоном (в том числе и горизонтальные площадки, уклон которых равен нулю) называются элементами профиля. Длина элементов должна быть возможно большей, во всяком случае такой, чтобы самый длинный поезд мог одновременно находиться не более чем на двух элементах профиля.

Для обеспечения плавного хода поезда при переходе с одного элемента профиля на другой они сопрягаются в вертикальной плоскости круговой кривой радиусом 10 000 м на магистральных линиях и радиусом 5000 м на линиях местного значения (см. рис. 62).

На чертеже продольного профиля железнодорожного пути, кроме собственного его профиля, изображаются профиль земной поверхности по оси пути с указанием отметок (высот над уровнем моря) точек этих профилей, уклоны линии, оси раздельных пунктов и искусственных сооружений, приводятся грунты, на которых возводится земляное полотно, ситуация, расстояния и план линии. Образец продольного профиля приведен на рис. 4. Все элементы пути на профиле даются в условных обозначениях; масштаб для горизонтальных расстояний принимается 1 : 10 000 (1 см = 100 м), для вертикальных расстояний 1 : 1000 (1 см = 10 м).





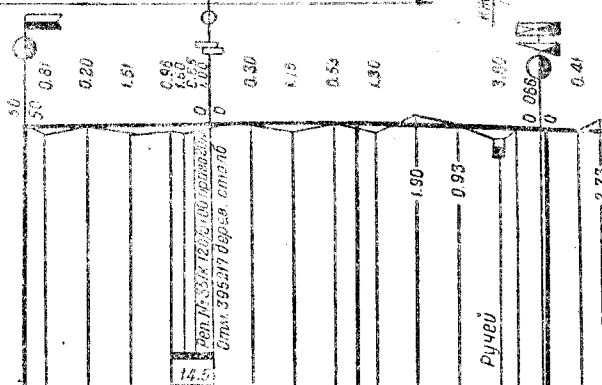
Совхоз „Красное знамя“ вправо 1,5 км

ст. Жилино

До раз. береговой 10 350 м

До риз. Медвежий 9675 м

к ж/д отв. 2 м  
1:100



Грунты	5	супесь плотная слабо влажная																								
Ситуация	10	редкий строевой																								
	10	сосновый лес																								
Типы поперечных профилей	5	индивидуальный проект														2										
Отметки проектной бровки земляного полотна	15	594.61	394.66	394.70	394.80	394.95	395.00	395.05	395.10	395.20	395.30	395.40	395.46	395.55	395.60	395.70	394.85	394.60	394.35	394.31	393.97	393.88				
Проектные уклоны	10	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50				
Отметки земли	15	394.05	393.85	394.56	393.35	394.00	393.40	393.20	394.15	394.90	394.15	394.87	394.05	397.00	395.78	391.00	393.67	393.56	393.50	393.50	393.50	393.50				
расстояния	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
Пикеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
План трассы	20	1470														4-5°39' P-3000 1-13491 K-270							270			
Километры	10	105														249°32'							60			

Разрез земной поверхности на продольном профиле изображается черной линией. Отметки (высоты) точек поверхности земли от уровня Балтийского моря, определенные для точек, расположенных одна от другой на 100 м, а также для точек переломов земной поверхности (так называемых плюсовых точек), указываются против этих точек в графе «Отметки земли». Эти отметки называются черными отметками и на профиле наносятся черным карандашом или черной тушью.

Горизонтальные расстояния наносятся в графе «Расстояния», где вертикальными линиями отмечаются участки протяженностью 100 м, называемые пикетами. Если на протяжении пикета встречаются плюсовые точки, то в этой же графе проводятся вертикальные линии и против этих точек; между линиями пишутся цифры, обозначающие расстояния в метрах от точек до ближайшего пикета. Ниже графы «Расстояния» указываются номера пикетов. Километраж, который приводится на профиле внизу, ведется порядковый для всей линии, а пикетаж — только с № 0 до № 10.

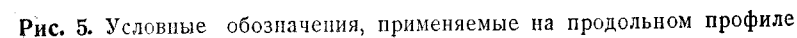
Проектная линия продольного профиля пути (бровки земляного полотна) наносится на профиле красным карандашом или красной тушью. Отметки этой линии, называемые красными отметками, также отсчитываются от уровня Балтийского моря. Они наносятся в соответствующей графе профиля против тех же точек, для которых указаны черные отметки, а также против точек перелома проектного профиля.

Разность между красными и черными отметками называется рабочими отметками. Рабочие отметки показывают, насколько надо произвести срезку или подсыпку земли для получения требуемого проектного профиля земляного полотна. Эти отметки исчисляются для всех пикетов и плюсовых точек, для насыпей они пишутся над проектной линией, а для выемок — под нею. Точки, где красные и черные отметки равны между собой, называются нулевыми местами; в этих местах бровка земляного полотна совпадает с поверхностью земли.

Проектные уклоны железнодорожного пути приведены в графе «Проектные уклоны» карандашом или тушью красного цвета. В этой графе в точках перелома наносятся вертикальные линии, около которых указываются расстояния в метрах до ближайшего пикета (если эти точки не совпадают с пикетами). Между вертикальными линиями прово-

Условные знаки, которыми изображаются станции, разъезды, искусственные сооружения и др., приведены на рис. 5.

<sup>2</sup> Азимутом называется угол между направлением линии и направлением географического меридиана, отсчитанный по ходу часовой стрелки.



Продольный профиль содержит все главнейшие и необходимые сведения о железной дороге и ее сооружениях, а поэтому является основным и самым важным документом, на основании которого исчисляют объем земляных работ, сдают и принимают линию в эксплуатацию. Кроме того, продольный профиль служит основным техническим документом, которым руководствуются при ремонте и реконструкции пути.

### Габариты приближения строений и подвижного состава

Для безопасного движения поездов необходимо, чтобы сооружения (здания, мосты, платформы) как на самой железнодорожной линии, так и у линии находились не ближе определенного расстояния от пути. В свою очередь подвижной состав также должен иметь определенные поперечные размеры, чтобы при движении не задевать за сооружения или подвижной состав, находящийся на соседнем пути. Учитывая это, для подвижного состава и приближения строений к железнодорожному пути установили определенные предельные очертания, называемые соответственно габаритом подвижного состава и габаритом приближения строений.

Между габаритом приближения строений и габаритом подвижного состава имеется пространство, необходимое для обеспечения безопасности движения.

Габаритом подвижного состава называется предельное поперечное перпендикулярное оси пути очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться установленный на прямом горизонтальном пути как в покое, так и в нагруженном состоянии не только новый подвижной состав, но и подвижной состав, имеющий максимальные нормируемые допуски и износы, за исключением бокового наклона на рессорах.

На наших железных дорогах для локомотивов, обращающихся на всей сети, до 1 января 1960 г. применялся габарит 1-П, для вагонов — 1-В. Для подвижного состава, допускаемого к использованию в прямом международном сообщении, применялся габарит 0. С 1 января 1960 г. для подвижного состава, допускаемого к обращению по всей сети железных дорог СССР, установлен габарит 1-Т (ГОСТ 9238—59), для подвижного состава, допускаемого к обращению по отдельным участкам реконструированных линий железных дорог СССР, — габарит Т и для подвижного со-

става, допускаемого к обращению как по сети железных дорог СССР колеи 1524 мм, так и по железным дорогам зарубежных стран колеи 1425 мм, — габариты 0-Т, 01-Т, 02-Т и 03-Т.

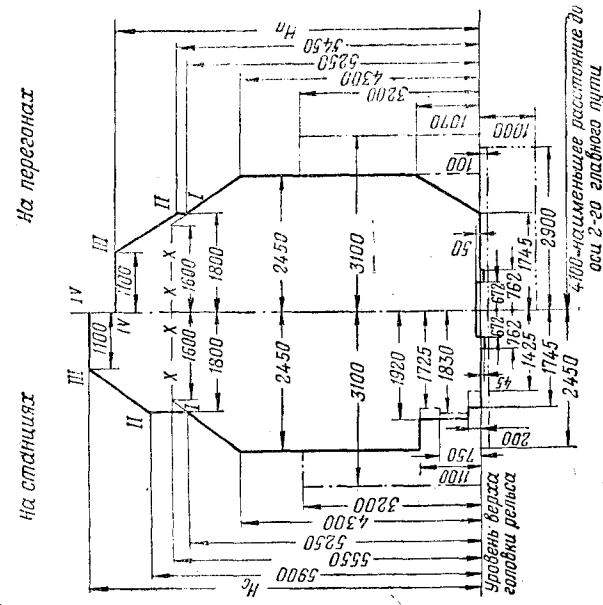
Габаритом приближения строений называется предельное поперечное перпендикулярное оси пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны заходить никакие части сооружений и устройств, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом: вагонные замедлители в рабочем состоянии, контактные провода с деталями крепления, хоботы гидравлических колонок при наборе воды и др. при условии, что положение этих устройств во внутригабаритном пространстве увязано с частями подвижного состава, с которыми они могут соприкасаться, и что они не могут вызвать соприкосновения с другими элементами подвижного состава.

Основным габаритом приближения строений на железных дорогах СССР до 1 января 1960 г. являлся габарит 2-С (рис. 6, а), который применялся на эксплуатируемой сети железных дорог, при постройке вторых путей, при электрификации линий, возведении новых сооружений и устройств. На железных дорогах, построенных до 1926 г. и еще не реконструированных, применялся более тесный габарит 1-С. Для вновь сооружаемых однопутных туннелей применяется габарит СТ-1, а для двухпутных — СТ-2. С 1 января 1960 г. для строительства новых и реконструируемых железных дорог, сооружений и устройств ГОСТ 9238—59 введен новый габарит приближения строений — С (рис. 6, б).

Исходя из габаритов приближения строений и подвижного состава, нормальное расстояние между осями путей на перегонах двухпутных линий на прямых участках установлено не менее 4100 мм. На трех- и четырехпутных линиях между осями второго и третьего пути на прямых участках это расстояние увеличивается до 5000 мм, что необходимо для обеспечения безопасности путевых рабочих и для складирования инструмента при производстве путевых работ.

Расстояние между осями смежных путей на станциях на прямых участках должно быть не менее 4800 мм, на второстепенных путях (путях грузовых дворов и т. п.) — не менее 4500 мм и на путях, предназначенных для непо-





$a$  — габарит 2-С:

1-1 — для строений из огнестойких материалов на неэксплуатируемых участках;  
1-2 — для строений из огнестойких и защищенных от возгорания материалов на неэксплуатируемых участках; 1-3 — для строений из огнестойких и защищенных от возгорания материалов на эксплуатируемых участках;  
1-4 — для строений из огнестойких, нестораемых и защищенных от возгорания материалов на эксплуатируемых участках;  
б — газбит С;  
— X — для сооружений на путях второстепенного или временного характера, электрификация которых исключается;  
— — — — — временные опутливания, допускаемые на линиях, где эксплуатация подвижного состава, построенного по габариту Т, не производится; и — линия приближения вновь строящихся зданий, заборов, опор путепроводов, опор контактной сети и воздушных линий связи и СБП;  
..... — здания, выше которой на перегонах и станциях не должно подниматься ни одно устройство, кроме искусственных сооружений, наместов передозов, стрелочных переводов, неподвижных устройств СЦБ на станциях и индукторов локомотивной сигнализации;  
..... — линия приближения вновь сооружаемых фундаментов зданий и опор, прокладки тросов, кабелей, трубопроводов и др.;  
..... для туннелей и период на мостах.

Верхнее очертание всех вновь строящихся сооружений и устройств должно соответствовать очертанию I-П-III-IV, при этом высоты  $H_{\text{с}}$  и  $H_{\text{п}}$  устанавливаются в зависимости от вида сооружения или устройства и способа осуществления контактной подвески в пределах:

$H_{\text{с}}$  — от 4300 до 7000 мм в  $H_{\text{п}}$  — от 6300 до 6500 мм

25

Грузы, выходящие за очертания габарита подвижного состава, считаются негабаритными. Негабаритность может быть боковой, верхней и нижней.

В зависимости от размеров выхода груза за пределы габарита установлены пять степеней негабаритности: нулевая, первая, вторая, третья и четвертая. Пропуск по железной дороге негабаритного груза требует соблюдения мер предосторожности, изложенных в специальной инструкции, и может быть осуществлен только по специальному разрешению администрации железной дороги.

Для того чтобы не допустить аварий, необходимо строго соблюдать установленные габариты приближения строений при всех работах на железнодорожных путях и вблизи них. Особую осмотрительность следует проявлять при складировании выгруженных строительных материалов или подготовке их к погрузке. Материалы и грузы должны быть в этом случае уложены и закреплены так, чтобы проходящий подвижной состав не задел их, то есть чтобы не нарушался габарит приближения строений. Грузы (кроме балласта, выгружаемого для путевых работ) при высоте до 1200 мм должны находиться от наружной грани головки крайнего рельса не ближе 2 м, а при большой высоте — не ближе 2,5 м.

### Вопросы для повторения

1. Какие основные сооружения и устройства должны иметь железные дороги для нормальной эксплуатации?
2. Для чего служит путевое развитие на отдельных пунктах и какие виды путей имеет железная дорога?
3. Какие сооружения и устройства сигнализации и связи имеет железная дорога и для чего они предназначены?
4. Какие основные сооружения локомотивного и вагонного хозяйства имеются на железной дороге и для чего они служат?
5. Назовите основные устройства на железных дорогах для осуществления воинских перевозок.
6. Для чего устраиваются земляное полотно и искусственные сооружения на железных дорогах?
7. Для чего предназначено и из каких элементов состоит верхнее строение пути?
8. Что такое полоса отвода и для чего она предназначена?
9. Что называется планом железнодорожного пути и каковы его отдельные элементы?
10. Что такое профиль железнодорожного пути и из каких элементов он состоит?

11. Что такое уклон железнодорожного пути?

12. Что изображается на чертеже продольного профиля и каким образом?

13. Что такое габарит подвижного состава и габарит приближения строений и для чего они установлены?

14. Какие грузы считаются негабаритными?

15. Какие требования предъявляются к складированию строительных материалов у железнодорожного пути?

## ГЛАВА 2

### ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

#### Общие сведения

Земляное полотно предназначено для восприятия давления от проходящего подвижного состава, которое передается ему через балластный слой. Оно является фундаментом железнодорожного пути, поэтому от состояния и целостности земляного полотна зависит исправность всего пути.

Земляное полотно должно быть прочным и устойчивым, т. е. способным выдерживать нагрузку от подвижного состава без каких-либо разрушений и не изменять своей формы и положения как от нагрузки, так и от атмосферных воздействий. Стоимость сооружения земляного полотна и расходы на обслуживание в процессе эксплуатации должны быть невысокими, а конструкция простой, допускающей широкое применение средств механизации при его постройке. Все эти требования учтены в Технических указаниях по сооружению железнодорожного земляного полотна, в соответствии с которыми полотно и возводится.

Формы и размеры земляного полотна, кроме необходимости получения надежного основания для верхнего строения пути, определяются родом грунта, из которого оно возведено, размерами укладываемого на полотно верхнего строения и удобством ухода за ним, а также необходимостью обеспечения отвода воды.

Эти формы и размеры указываются на поперечных профилях земляного полотна. Поперечным профилем называется разрез земляного полотна вертикальной плоскостью, проведенной перпендикулярно его оси, а также графическое изображение (чертеж) этого разреза.

В зависимости от местных условий сооружение земляного полотна производится по нормальным (типовым) по-

перечным профилям, установленным Техническими указаниями, или по специальным (индивидуальным) поперечным профилям. Нормальные поперечные профили являются обязательными во всех случаях устройства полотна в нормальных условиях (наличие надежного однородного грунта, небольшая высота насыпи или глубина выемки, отсутствие необходимости в сооружении специальных устройств для осушения полотна и др.). Эти профили проверены многолетним опытом и не требуют специальных расчетов на прочность и устойчивость земляного полотна.

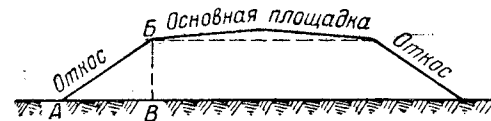


Рис. 7. Поперечный профиль земляного полотна

Специальные поперечные профили проектируются в каждом отдельном случае при сооружении земляного полотна в неблагоприятных геологических или иных условиях (насыпи большой высоты, на крутых косогорах, при слабых грунтах в основании, на болотах с большим уклоном дна, выемки глубиной более 12 м, выемки в грунтах, имеющих значительный наклон пластов, и др.).

На рис. 7 приведен поперечный профиль земляного полотна. На поперечном профиле различают верхнюю площадку, называемую основной площадкой, которая предназначена для укладки на нее верхнего строения пути, и откосы, ограничивающие полотно с боков. Линии пересечения основной площадки с откосами земляного полотна называются бровками; красные отметки на продольном профиле являются отметками этих бровок.

Если основная площадка расположена выше естественной поверхности земли, то профиль изображает насыпь (рис. 8, а), если ниже — выемку (рис. 8, б). Место, где основная площадка совпадает с поверхностью земли, называется нулевым (такие места встречаются, например, при переходе из насыпи в выемку). Если одна часть основной площадки расположена в уровне поверхности земли, а другая выше или ниже (что может быть на косогорах), то поперечный профиль изображает соответственно полу-

насыпь (рис. 8, а) или полувыемку (рис. 8, г). При расположении основной площадки одной частью ниже поверхности земли, а другой — выше поперечный профиль изображает полувыемку-полунасыпь (рис. 8, д).

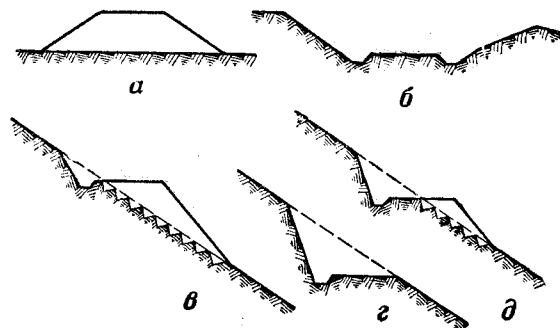


Рис. 8. Поперечные профили земляного полотна:  
а — насыпь; б — выемка; в — полунасыпь; г — полувыемка;  
д — полувыемка-полунасыпь

Основной площадке земляного полотна, устраиваемой одинаковой для насыпей и выемок, для обеспечения стока воды, просачивающейся через балластный слой, придают в профиле выпуклое очертание: для однопутных линий в виде трапеции высотой 0,15 м с верхним основанием 2,3 м, для двухпутных линий в виде треугольника высотой 0,2 м (рис. 9). Верх земляного полотна, возводимого из скалистых и щебенистых грунтов, а также из чистого песка устраивается горизонтальным.

Ширина основной площадки, измеряемая между бровками, зависит от количества путей, укладываемых на нее, ширины междупутья и от рода грунтов, из которых возводится земляное полотно. На железных дорогах СССР ширина

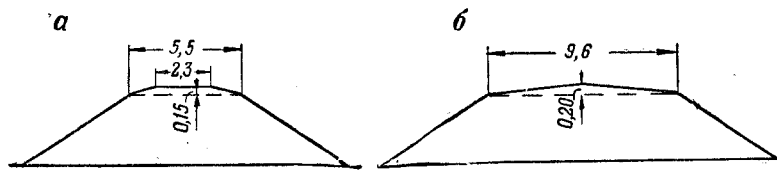


Рис. 9. Очертание основной площадки земляного полотна:  
а — однопутной линии; б — двухпутной линии

основной площадки земляного полотна, возводимого из обыкновенных грунтов для однопутных линий на прямых участках пути, должна быть не менее 5,5 м, для двухпутных линий — не менее 9,6 м, а из скальных грунтов — не менее 5 и 9,1 м. В кривых участках пути при радиусе кривой менее 2000 м ширина основной площадки увеличивается с наружной стороны кривой на 0,2—0,3 м в зависимости от ее радиуса и категории дороги. Необходимость уширения вызывается тем, что из-за возвышения наружного рельса в кривых увеличивается ширина балластного слоя понизу.

Откосы земляного полотна характеризуются их крутизной. Если спроектировать откос  $AB$  (см. рис. 7) на горизонтальную плоскость, то полученная проекция  $AB$  называется его заложением. Крутизной откоса называется отношение его высоты  $BB$  к заложению  $AB$ . Чем больше заложение при одной и той же высоте, тем положе откос. Если высота насыпи равна 1 м, а заложение равно 1,5 м, то крутизна откоса будет равна 1:1,5; при высоте насыпи 10 м и заложении 20 м крутизна откоса будет  $10:20 = 1:2$ . В первом случае откос называется полуторным, во втором — двойным.

### Устройство насыпей

Как уже было указано, для сооружения железной дороги производится выравнивание поверхности земли в соответствии с продольным профилем. В местах, где путь проходит выше поверхности земли, грунт насыпается, т. е. сооружаются насыпи.

На рис. 10 изображен нормальный поперечный профиль насыпи. Составными частями насыпи (рис. 11) являются:

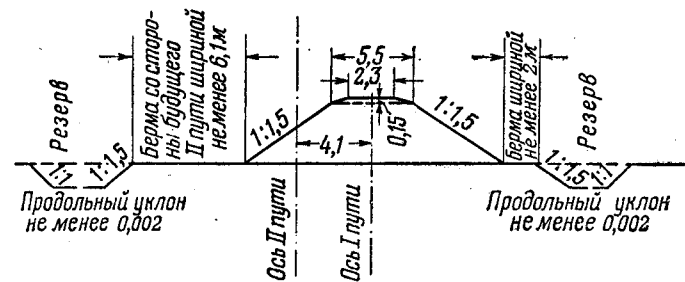


Рис. 10. Нормальный поперечный профиль насыпи



основная площадка, откосы, бермы, резервы и водоотводные канавы.

Полоса земли, на которую отсыпана насыпь, называется ее основанием, а линии, образующиеся пересечением откосов с поверхностью земли,— подошвой земляного полотна.

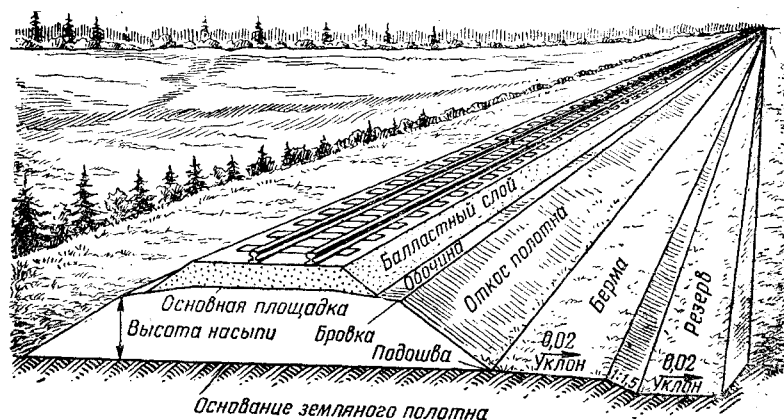


Рис. 11. Составные части насыпи

Высота насыпи измеряется от поверхности земли до уровня бровки земляного полотна; если насыпь расположена на косогоре, то ее высота считается от точки земной поверхности, над которой проходит ось земляного полотна, до уровня бровки.

Боковые части основной площадки между бровками и подошвами балластного слоя называются обочинами. Обочины увеличивают устойчивость и прочность земляного полотна и уменьшают утрату балласта, так как смываемый дождями и осыпавшийся балласт остается на них, не скатываясь под откос насыпи. Кроме того, обочины служат для безопасного нахождения людей при проходе поездов, установки на них путевых и сигнальных знаков, складывания материалов и инструмента при производстве путевых работ и т. п. Ширина обочин должна быть не менее 0,4 м.

При возведении насыпи грунт для нее часто берут на месте, закладывая вдоль железнодорожной линии котлованы, называемые резервами. Резервы закладываются с одной или с двух сторон насыпи; на территории станций,

в местах расположения переездов и путевых зданий, а также на поймах рек резервы не закладываются.

Резервы одновременно служат и для отвода воды от основания насыпи. Для ускорения стока воды из резерва его дну вдоль насыпи придается уклон от 2 до 8‰. В поперечном направлении дну резерва придается в полевую сторону уклон 20‰, а если резерв шире 10 м, то такие уклоны придают к его середине. Откосы резервов устраиваются с полевой стороны крутизной 1:1, а со стороны насыпи — 1:1,5.

Между резервами и подошвами откосов насыпи оставляются полосы земли — бермы, предохраняющие земляное полотно от размыва водой, текущей по резерву. Ширина берм делается не менее 2 м, а если насыпь отсыпана под один путь, то одна из берм, со стороны которой в будущем предполагается построить второй путь, уширяется на 4,1 м. Поверхности берм для обеспечения стока воды придается уклон в сторону резерва в 20—40‰.

Если насыпь отсыпается грунтом, получаемым от разработки выемок или земляных карьеров, то резервы не закладываются, а для отвода воды от основания насыпи вдоль нее, за бермами, устраиваются водоотводные канавы.

Крутизна откосов насыпи зависит от ее высоты и грунтов, из которых она сооружена. Как правило, крутизна откосов назначается 1:1,5 при отсыпке насыпей высотой до 10 м из крупно- и среднезернистых песков, гравия, гальки и щебня и при отсыпке насыпей высотой до 6 м из других грунтов, годных к возведению насыпей. При насыпях высотой до 12 м верхняя часть их соответственно на высоту 10 или 6 м делается с откосами крутизной 1:1,5, а нижняя часть на остальную высоту крутизной 1:1,75 (рис. 12, а). Крутизна откосов насыпей, сооружаемых из камня слабо-выветривающихся пород, при высоте насыпи до 6 м делается 1:1,3, при большей высоте — 1:1,5.

Насыпи высотой более 12 м чаще всего сооружаются по индивидуальным проектам с откосами ломаного типа (рис. 12, б): в верхней части в пределах высоты  $H_0$  им придается уклон 1:1,5, в пределах высоты  $H_1$  — 1:1,75 и в нижней части, в пределах высоты  $H_2$ , — 1:2.

Перед отсыпкой насыпей основание их должно быть подготовлено; степень подготовки зависит от категории грунтов, слагающих основание, высоты насыпи, крутизны косогора и наличия растительности.

Если местность имеет незначительный поперечный уклон (не более 1:10), а основание составляют плотные надежные грунты, то насыпь высотой более 0,5 м отсыпается на естественную поверхность земли без подготовки основания. На нулевых местах и при насыпях высотой до 0,5 м дерн снимается независимо от уклона местности, так как в противном случае он будет загнивать и насыпь даст просадки.

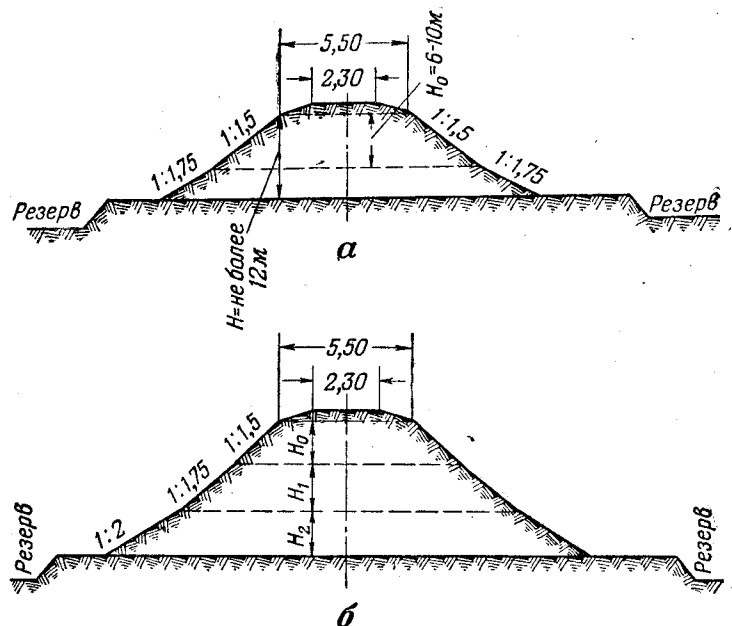


Рис. 12. Поперечные профили высоких насыпей:  
а — высотой до 12 м; б — высотой более 12 м

При уклоне местности от 1:10 до 1:5 перед отсыпкой насыпи с основания снимают дерн или вспахивают его, а для насыпей высотой до 10 м только удаляют растительный покров. При крутизне основания насыпи от 1:5 до 1:3 на основании устраивают уступы шириной 2—4 м каждый с уклоном 10—20‰ в направлении падения склона для возможности стока воды (рис. 13). При высоте уступов до 1 м стенки их устраивают вертикальными, при большей высоте — с откосами крутизной до 1:0,5. На косогорах, сложенных хорошо дренирующими грунтами (пески,

гравий, галька, щебень) и не покрытых растительностью, уступы не устраивают, так как они не держатся, а основание перепахивают.

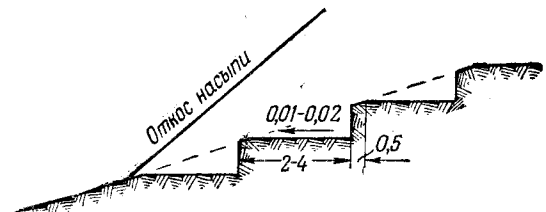


Рис. 13. Подготовка основания насыпей на устойчивых косогорах при крутизне основания насыпи от 1:5 до 1:3

На косогорах круче 1:3, а также на неустойчивых косогорах подготовка основания насыпей производится по индивидуальным проектам.

При пересечении железнодорожной линией пойм рек, водоемов и затопляемых мест возводятся обычно высокие насыпи, которые в зависимости от местных условий сооружаются по типовым или по индивидуальным поперечным профилям. На рис. 14 приведены типовые поперечные профили подтопляемых насыпей, возводимых из дренирующих грунтов.

Особенностью таких насыпей, кроме уположения откосов, является устройство берм, т. е. присыпок грунта в нижней части насыпи. Бермы придают устойчивость насыпи, а кроме того, создают удобства для наблюдения за про-

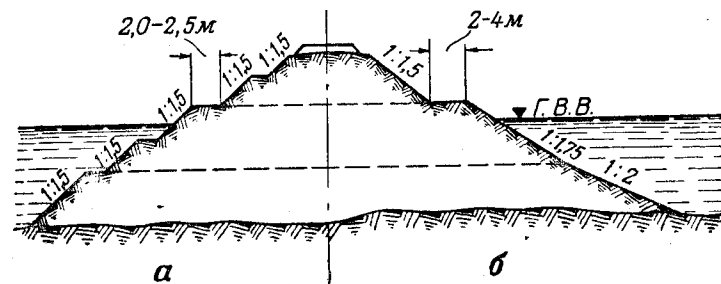


Рис. 14. Поперечные профили насыпей на поймах рек:  
а — при одинаковой крутизне откосов с устройством берм; б — с уположением крутизны откосов и одной бермой

хождением паводковых вод и для производства работ по защите насыпи от размыва.

Бровка бермы или насыпи, сооружаемой без берм, должна быть поднята над горизонтом высокой воды с учетом высоты волны с набегом не менее чем на 0,5 м.

При пересечении железной дорогой водоемов с небольшим течением, а также водотоков с небольшим расходом воды взамен искусственных сооружений для пропуска воды иногда устраивают фильтрующие насыпи, то есть насыпи, сквозь тело которых может проходить вода. Такая насыпь как бы состоит из двух частей: нижней фильтрующей части, которая сооружается из каменной наброски на

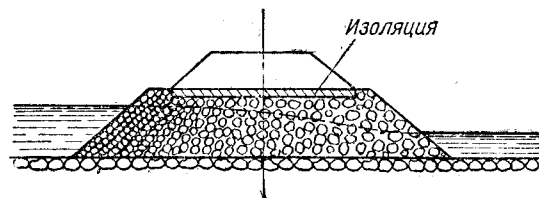


Рис. 15. Поперечный профиль фильтрующей насыпи

высоту, превышающую самый высокий горизонт воды, и верхней части, сооружаемой из любого грунта, годного для возведения насыпи (рис. 15). Чтобы грунт из верхней части не просыпался в нижнюю часть и не засорял ее, на каменную наброску укладывается изолирующий слой из дерна, мха и т. п.

На болотах земляное полотно сооружается также по типовым или индивидуальным профилям.

Болота в отношении строительства на них земляного полотна разделяются на три типа:

— I тип — болота, заполненные до дна плотным торфом, сжимающимся, а не выдавливающимся под воздействием внешней нагрузки;

— II тип — болота, заполненные до дна слабым торфом, выдавливающимся под воздействием внешней нагрузки;

— III тип — болота, заполненные илом или водой с торфяной коркой (сплавинной) или без нее.

По индивидуальным профилям сооружаются насыпи при поперечном уклоне дна болота, превышающем 1:10 на болотах I типа, 1:15 на болотах II типа и 1:20 на болотах

III типа, а также насыпи на болотах II типа при глубине более 8 м и в некоторых других случаях.

Типовые поперечные профили насыпей на болотах, отсыпаемых из хорошо дренирующих грунтов, приведены на рис. 16.

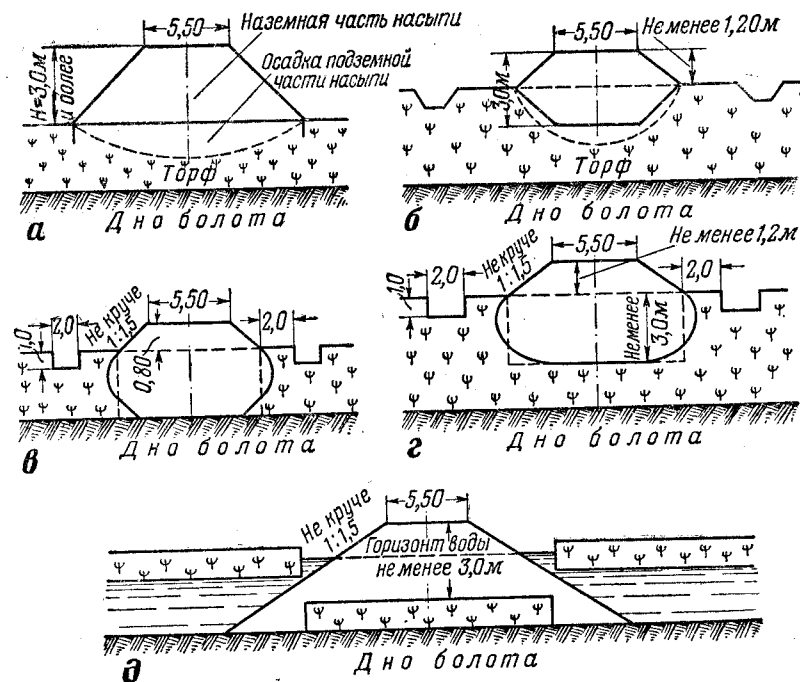


Рис. 16. Типовые поперечные профили насыпей на болотах:

а — высотой 3 м и более на болотах I типа; б — высотой менее 3 м на болотах I типа; в — на болотах II типа глубиной менее 3 м; г — на болотах II типа глубиной более 3 м; д — на болотах III типа без удаления торфяной корки

На болотах I типа при высоте насыпи до 3 м часть торфа из основания насыпи удаляют, т. е. производят выторфовывание. Глубина выторфовывания зависит от высоты насыпи над поверхностью болота и принимается для насыпей высотой до 1,5 м — 2 м, высотой от 1,6 до 2 м — 1,5 м и высотой от 2,1 до 2,5 м — 1 м. При меньшей глубине болота, чем указано, выторфовывание производится до дна.

Так как торф является сильно сжимающимся материа-

лом, отсыпанные на него насыпи дают просадки в процессе возведения насыпи и в первый период эксплуатации. Величина просадок зависит от толщины обжимаемого слоя торфа и высоты насыпи; в некоторых случаях величина просадок может достигать до 70% толщины обжимаемого слоя торфа.

Насыпи высотой более 3 м на болотах I типа отсыпают прямо на поверхность болота, а для более равномерной осадки их у подошвы откосов с обеих сторон делают продольные прорезы на всю глубину растительно-корневого слоя, но не менее 1 м.

При недостатке дренирующего грунта насыпи высотой более 3 м на болотах I типа разрешается сооружать в верхней части из недренирующих грунтов, годных для возведения насыпей (по типу фильтрующих насыпей).

На болотах II типа при глубине их менее 3 м из основания насыпи выторфовывают весь торф до дна, а при глубине болота от 3 до 8 м — на такую глубину, чтобы после отсыпки насыпь была погружена в болото не менее чем на 3 м.

Для облегчения выдавливания торфа из-под основания насыпи вдоль подошвы ее откосов на расстоянии 2 м устраивают так называемые торфоприемные канавы шириной 2 м и глубиной не менее 1 м.

Крутизну откосов насыпей на болотах I и II типов делают 1:1,5.

На болотах III типа насыпи должны быть погружены на дно болота. Если высота насыпи менее 3 м, то плавающая торфяная корка перед отсыпкой удаляется; при большей высоте насыпь отсыпается на корку, которая при этом погружается на дно. Корка торфа, на которую отсыпается насыпь, отделяется от остальной массы торфа продольными прорезами.

На болотах III типа крутизну откосов насыпей, отсыпаемых из гравия, гальки, дресвы, щебня и камня, делают 1:1,5, а для отсыпаемых из крупно- и среднезернистого песка — в надводной части 1:1,5, в подводной части при высоте до 5 м — 1:1,75, при высоте до 12 м — 1:2.

Высота насыпей над поверхностью болота любого типа должна быть не менее 0,8 м, если под насыпью нет торфа, и не менее 1,2 м при наличии торфа. На затопляемых болотах высота насыпи должна быть не менее чем на 1 м выше горизонта затопления.

## Устройство выемок

В местах, где путь прокладывается ниже поверхности земли, грунт срезается, т. е. устраиваются выемки.

Составными частями выемки (рис. 17) являются: основная площадка, откосы, кюветы, нагорные канавы, кавальеры, банкеты, банкетные канавы.

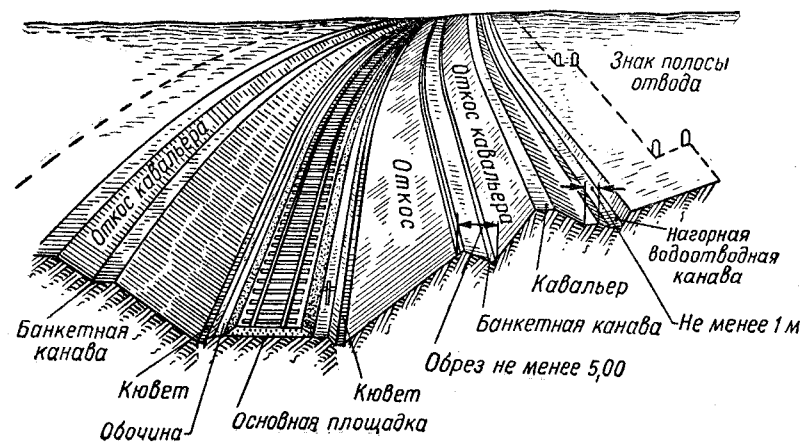


Рис. 17. Составные части выемки

Основная площадка земляного полотна в выемках имеет такую же форму и размеры, как и в насыпях.

Для отвода поверхностных вод вдоль полотна отрывают продольные канавы, называемые кюветами. В дренирующих грунтах в местностях с незначительными осадками, где обеспечивается полное впитывание атмосферных осадков во всякое время года, кюветы могут не устраиваться.

С нагорной стороны для перехвата воды, стекающей к выемке, отрывают нагорные канавы.

Если грунт от разработки выемки не вывозится для возведения насыпи, он складывается по бокам выемки в валы, называемые кавальерами. В поперечном сечении кавальер имеет форму трапеции высотой до 3 м с откосами крутизной 1:1,5; верхняя поверхность его для обеспечения стока воды планируется с уклоном 20‰ в полевую сторону. Расстояние от бровки выемки до подошвы откоса ка-



Кавальеры укладываются вдоль выемок обычно с нагорной стороны, но при глубоких выемках могут укладываться и с обеих сторон. При поперечном уклоне местности более 1:5 во избежание сдвига кавальера и нагорного откоса выемки кавальеры отсыпают лишь с низовой стороны. В этом случае для отвода воды, выпадающей на поверхность между бровкой откоса выемки и кавальером, в нем устраивают разрывы шириной 1 м через каждые 50—100 м.

Для предотвращения стока атмосферной воды к основной площадке с поверхности между верхом откоса кавальера и бровкой откоса выемки с нагорной стороны делается присыпка из грунта — банкет, имеющий в поперечном сечении форму треугольника высотой не более 0,6 м с полукруглым откосом в сторону пути и с уклоном верха 20—40‰ в сторону кавальера. Банкет устраивается не ближе 1 м от бровки откоса выемки.

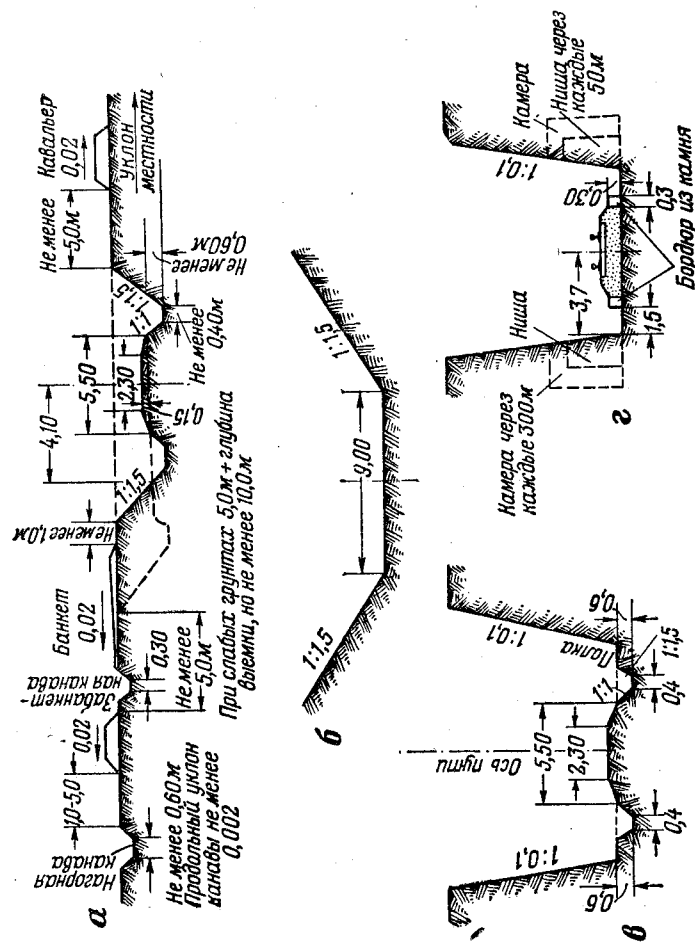
Нормальные поперечные профили выемок, сооружаемых в связных нескальных грунтах, дренирующих грунтах, в сухих лессовых грунтах и в слабовеетривающихся скальных породах, приведены на рис. 18.

Выемки в сухих лессовых грунтах устраиваются с крутыми откосами (1:0,1) и с полками у подошвы откоса за кюветами на уровне бровок основной площадки. Полки предназначены для улавливания осыпавшегося грунта с откосов. Такие же полки устраиваются в выемках в жирных глинах, мелкозернистых песках, крупнообломочных и легковетривающихся скальных породах.

Выемки в скальных грунтах также имеют крутые, почти вертикальные откосы. Основная площадка устраивается горизонтальной и на ней выкладываются всухую каменные бордюры, между которыми помещается балластный слой.

**Рис. 18.** Нормальные поперечные профили выемок:

*а* — в связанных нескальных породах; *б* — в дризирующих породах; *в* — в сухих лесовых породах; *г* — в слабых породах; *д* — в скальных породах.



Расстояние от оси пути до откоса выемки, чтобы обеспечить возможность смены шпал, делается не менее 3,7 м. Для укрытия съемных дрезин, вагонеток и путевых механизмов в откосах скальных выемок через каждые 300 м с обеих сторон в шахматном порядке устраиваются камеры шириной 6 м, глубиной 2,5 м и высотой 2,8 м, а в промежутках между ними через каждые 50 м — ниши шириной 3 м, глубиной 1 м и высотой 2 м для укрытия людей.

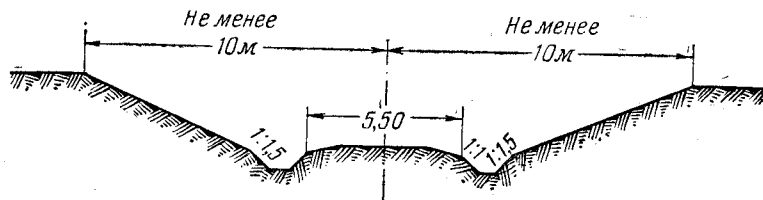


Рис. 19. Поперечный профиль раскрытой выемки

Выемки глубиной до 2 м в безлесных заносимых снегом местах, если не предусматривается специального снегозащитного лесонасаждения, устраиваются по особому профилю (рис. 19). Такие выемки называются раскрытыми и.

Бровки откосов раскрытых выемок находятся от оси пути на расстоянии не менее 10 м, вследствие чего крутизна откосов получается положе, чем в обычных выемках. Такое устройство выемок облегчает борьбу со снегом, так как при метелях снеговетровой поток, спускаясь в выемку и выходя из нее по пологим откосам, не теряет скорости и снег в выемке не откладывается.

При раскрытых выемках устройство кавальеров запрещается.

#### Устройство земляного полотна на станционных площадках, на подходах к мостам и на обходах

Станции, разъезды и обгонные пункты устраиваются, как правило, на горизонтальных площадках или площадках, имеющих небольшие уклоны. Ширина основной площадки земляного полотна на станциях зависит от числа путей и междупутных расстояний, а также от назначения путей.

Общая ширина основной площадки определяется с таким расчетом, чтобы расстояние от оси крайнего станционного пути до бровки земляного полотна было не меньше 2,9 м, а от оси пути маневровых вытяжек и стрелочных улиц — не менее 3,25 м.

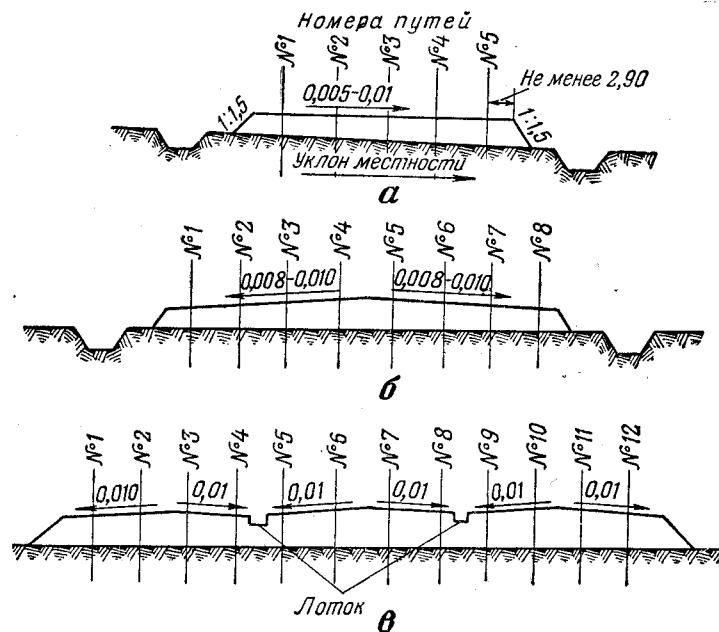


Рис. 20. Поперечные профили земляного полотна на станциях: а — с односкатным уклоном; б — с двухскатным уклоном; в — с пилообразными уклонами

Для стока поверхностных вод станционной площадке под пять и менее путей придается уклон в одну сторону (рис. 20), при большем количестве путей (от пяти до десяти) — двухскатный уклон или пилообразные уклоны по направлению к водоотводам (кюветам, канавам, лоткам).

При количестве параллельных путей более десяти разрабатываются специальные проекты водоотводов.

Крутизна откосов насыпей и выемок на станциях устраивается такой же, как и на перегонах. Резервы и кавальеры на раздельных пунктах не устраиваются.

Земляное полотно на подходах к мостам сооружается по поперечным профилям, описанным ранее для высоких насыпей.

В местах примыкания земляного полотна к береговой опоре моста основная площадка насыпи подходит вплотную к задней грани устоя, а откосы насыпи охватывают устой.

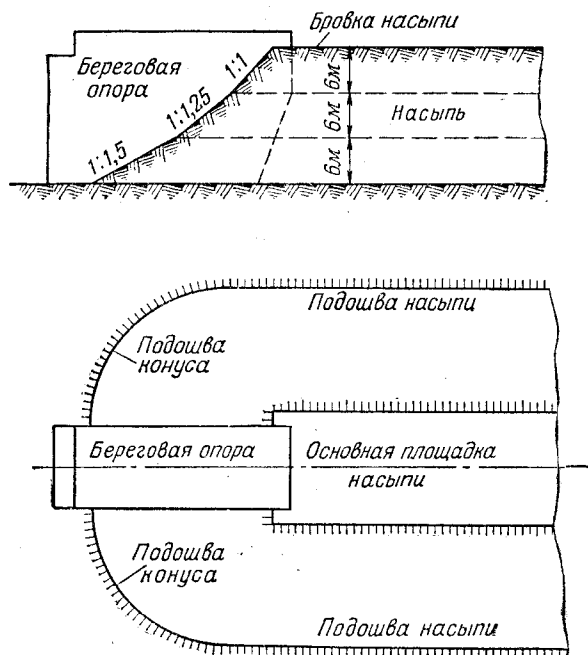


Рис. 21. Сопряжение насыпи с береговой опорой моста

Часть насыпи, охватывающая устой моста, называется конусом (рис. 21).

Крутизна откосов конусов в направлении продольной оси пути при высоте насыпи до 6 м делается 1:1, при большей высоте откосы устраиваются в виде ломаной линии: верхняя часть в пределах первых 6 м — 1:1, средняя часть в пределах вторых 6 м — 1:1,25 и нижняя часть — 1:1,5.

Если насыпь примыкает к деревянной береговой опоре, то крутизна откосов при любой высоте делается такой же, как у примыкающей насыпи, но не круче 1:1,5.

Основная площадка земляного полотна у мостов уширяется в зависимости от типа устоя и рода балласта. Величина уширения определяется расчетом, но насыпь делается такой ширины, чтобы обочины были не менее 0,4 м. Уширение сохраняется на протяжении 10 м от задней грани устоя. На последующих 15 м ширина полотна постепенно сводится к нормальной.

Для ускорения открытия движения поездов при восстановлении фронтных железных дорог иногда необходимо устраивать новые железнодорожные пути для обхода сильно разрушенных станций, туннелей, больших мостов и др. Такие пути называются обходными или обходами.

Обходы являются временными сооружениями, так как срок их службы исчисляется временем, необходимым для восстановления обходимых объектов. Поэтому земляное полотно на обходах с целью уменьшения объема работ по его возведению и тем самым сокращения срока устройства обхода разрешается делать со следующими отступлениями от Технических указаний по сооружению земляного полотна:

- применять уклоны круче руководящего на существующей линии, но не более 12‰ при одиночной тяге;
- применять радиусы кривых до 250 м;
- делать ширину основной площадки 5 м в обычных и 4 м в скальных грунтах.

Все остальные технические указания по сооружению земляного полотна выполняются на обходах так же, как и на основной трассе.

### Водоотводные сооружения и устройства

Прочность и устойчивость земляного полотна в большой степени зависят от наличия в нем воды. Грунт, насыщенный водой, значительно хуже сохраняет приданную ему форму; его способность выдерживать нагрузки при увлажнении снижается. Поэтому при сооружении железной дороги особое внимание уделяется защите земляного полотна от воды. Поверхность земляного полотна планируется таким образом, чтобы вода от дождей и при таянии снега быстро с него стекала, у полотна устраиваются различного рода водоотводные устройства для быстрого отвода ее. Для перехвата и отвода от полотна грунтовых (подземных) вод, которые также могут влиять на его прочность и устой-

чивость, устраиваются специальные водоотводные устройства.

Все водоотводные сооружения и устройства составляют неотъемлемую часть земляного полотна.

Отвод поверхностных вод от выемок производится по кюветам, банкетным и нагорным канавам, а от насыпей — по резервам и водоотводным канавам; в отдельных случаях водоотводная канава может устраиваться в резерве (рис. 22).

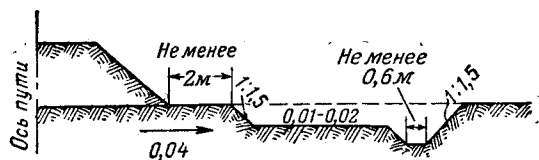


Рис. 22. Водоотводная канава в резерве

Кюветы в глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах должны иметь глубину не менее 0,6 м и ширину по дну 0,4 м. Продольный уклон кюветов должен быть не менее  $2\text{‰}$  и, как правило, совпадать с уклоном полотна. Откос кювета со стороны полотна в песчаных грунтах должен иметь крутизну 1:1,5, в остальных грунтах — 1:1; полевой откос кювета имеет такую же крутизну, как и откос выемки.

При переходе выемки в насыпь кюветы положим закруглением отводятся в сторону от полотна в водоотводную канаву или резерв.

Банкетные канавы должны иметь глубину и ширину по дну не менее 0,3 м и продольный уклон не менее  $5\text{‰}$ . Если рельеф местности не позволяет придать банкетной канаве необходимый продольный уклон, то банкет и банкетная канава не устраиваются.

Водоотводные и нагорные канавы начинаются у каждого пересекаемого железной дорогой водораздела и заканчиваются местом выпуска воды в подгорную сторону в овраг, низину или через отверстие искусственного сооружения.

В местностях с неясно выраженным поперечным уклоном водоотводные канавы устраиваются с обеих сторон насыпей высотой менее 1 м и с обеих сторон выемок.

Расстояние от путевой бровки нагорной канавы до подшвы полевого откоса кавальера должно быть не менее

1 м. При отсутствии кавальеров расстояние от путевой бровки канавы до бровки откоса выемки должно быть не менее 5 м. Полевая бровка нагорной канавы должна быть не ближе 2 м от границы полосы отвода.

Поперечные размеры канав и их продольные уклоны определяются специальными расчетами в зависимости от характера местности, грунтов, ожидаемого притока воды. Наименьшая их ширина по дну и глубина должны быть 0,6 м. Откосы канав в глинах, суглинках, супесях и песках должны быть не круче 1:1,5. Для обеспечения стока воды и предупреждения заиливания продольный уклон канав должен быть не менее  $2\text{‰}$ . Уклон канав также не должен быть слишком большим, так как быстро текущая вода будет размывать стенки и дно канав. Допустимые скорости течения воды в канавах зависят от грунта, в котором канавы открыты, и колеблются от 0,15 м/сек для илистых грунтов до 1,5 м/сек для гальки.

В тех случаях, когда расчетная скорость течения воды превышает допустимую для данного грунта, производится укрепление крутостей канав дерном, мощением и другими способами. Если по топографическим условиям местности уклоны канав и скорости протекания в них воды получаются слишком большими, то канавы делают с допустимыми уклонами, а в определенных местах устраивают специальные сооружения — быстротоки, ступенчатые перепады и водобойные колодцы (рис. 23), позволяющие пропускать воду с резким падением ее уровня с участка канавы, расположенного выше, на участок канавы, расположенный ниже.

Быстротоки, перепады и колодцы сооружаются каменными, бетонными и железобетонными.

Быстроток (рис. 23, а) имеет уклон до 1:2, вода в нем течет по дну сооружения, не отрываясь от него. Для гашения силы потока в нижней части быстротока имеется выступ (зуб), а для предотвращения подмыва всего сооружения в верховой и низовой частях имеются заглубленные стенки, называемые шпорами.

В перепаде (рис. 23, б) вода движется водопадом. При высоте падения воды до 0,2 м устраивают одноступенчатые перепады, при большей высоте — многоступенчатые.

В водобойном колодце (рис. 23, в) вода также движется водопадом, как и в перепаде, но высота падения может быть большей. Энергия падающей воды гасится водной подушкой на дне колодца.

Для понижения уровня грунтовых вод, а также для перехвата и отвода их от земляного полотна применяют устройства, называемые дренажами.

По способу устройства дренажи разделяются на горизонтальные, вертикальные и комбинированные; наибольшее распространение на железнодорожном транспорте имеют горизонтальные дренажи.

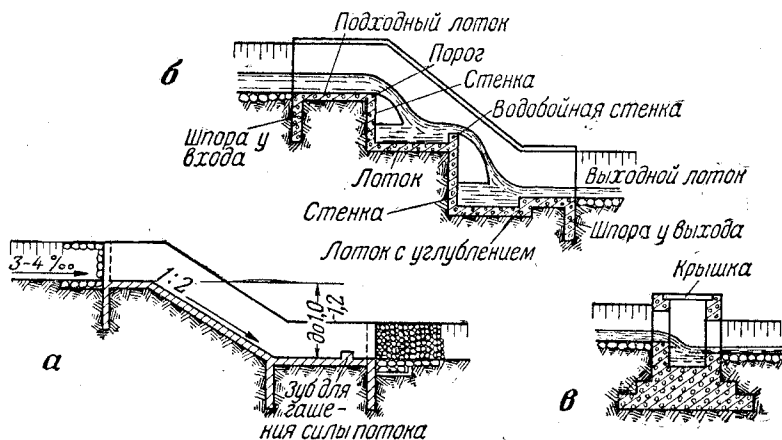


Рис. 23. Устройства для отвода поверхностных вод:  
а — быстроток; б — перепад; в — водобойный колодец

Горизонтальные дренажи разделяются на два вида: дренажи открытого типа, к которым относятся канавы и лотки, и закрытые дренажи, к которым относятся дренажи траншейного типа и штольни.

Дренажные канавы (рис. 24, а) устраиваются при необходимости осушения верхнего водоносного слоя грунта, вода из которого поступает через откосы, а иногда и через дно канавы и отводится от полотна.

В местах, где неустойчивый грунт не допускает устройства канав, а также в случае недостатка места для откосов канавы (например, в выемке) устраиваются лотки (рис. 24, б) деревянные, каменные, бетонные или железобетонные.

Деревянные лотки (рис. 24, в) глубиной 1—1,5 м делаются обычно рамного типа, большей глубины (2 м и более) — свайного типа. Боковые стенки лотков (заборки) делаются из пластин, между которыми оставляются щели

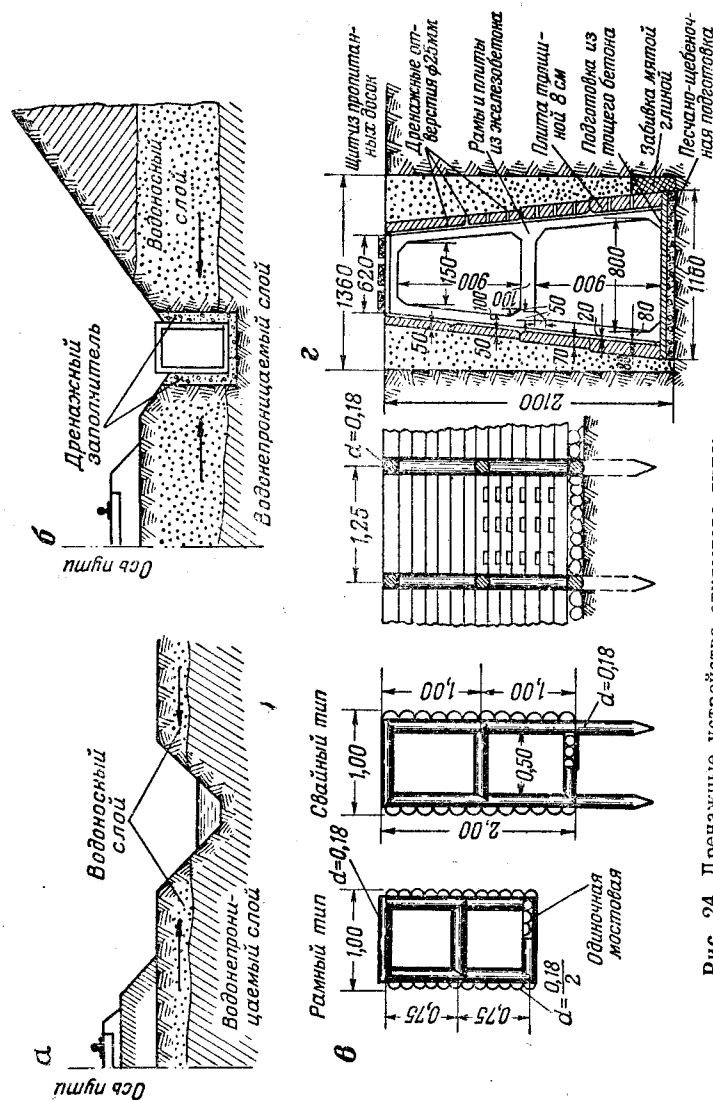


Рис. 24. Дренажные устройства открытого типа:

а — дренажная канава; б — дренажный лоток; в — конструкция железобетонного лотка

или просверливаются в пластинах отверстия диаметром 3—4 см для просачивания грунтовой воды. Дно лотка укрепляют мощением.

Устройство железобетонного лотка показано на рис. 24, г.

Между стенками лотков и грунтом устраивают дренажную засыпку толщиной 25—40 см из крупнозернистого песка, гравия или шлака. Эта засыпка пропускает воду, но задерживает частицы грунта, предохраняя лоток от заиливания.

Из закрытых дренажей траншейного типа наибольшее распространение имеют подкуветные дренажи (рис. 25, а), предназначенные для понижения уровня грунтовых вод под основной площадкой земляного полотна выемок.

Подкуветный дренаж устраивается следующим образом. На дно траншеи, вырытой ниже кювета, насыпается чистый песок слоем 25—30 см, на который укладывается деревянная (прямоугольная), гончарная или бетонная (круглая, диаметром 15—20 см) труба с отверстиями в стенках для сбора воды. Глубина укладки труб определяется расчетом. Вокруг трубы отсыпается фильтр из слоя щебня или гравия с размерами частиц 5—10 мм. Вокруг этого слоя укладывается слой мелкого гравия или щебня и затем слой крупнозернистого песка. Над фильтром отсыпается дренажный заполнитель из крупнозернистого или среднезернистого песка или просеянного шлака. Сверху заполнителя укладываются два слоя дерна толщиной 10—15 см и слой водонепроницаемой забивки из жирной глины с 10—15% содержанием чистого песка, предохраняющей дренаж от попадания в него поверхностной воды.

Продольный уклон трубчатого дренажа делают не менее 0,002 и не более 0,005.

Закрытые дренажи траншейного типа устраивают для осушения откосов выемок (рис. 25, б), перехвата грунтовой воды, могущей притекать из выемки в насыпь (рис. 25, в), и в других случаях.

В местах сбора небольшого количества грунтовой воды и отвода ее на короткое расстояние обычно применяют беструбный дренаж (рис. 25, г). Вода в таком дренаже протекает по пустотам между камнями.

При глубине залегания грунтовых вод более 6 м дренаж делают в виде галереи (рис. 26), размеры которой обеспечивают проход человека для наблюдения за работой дренажа и производства ремонта.

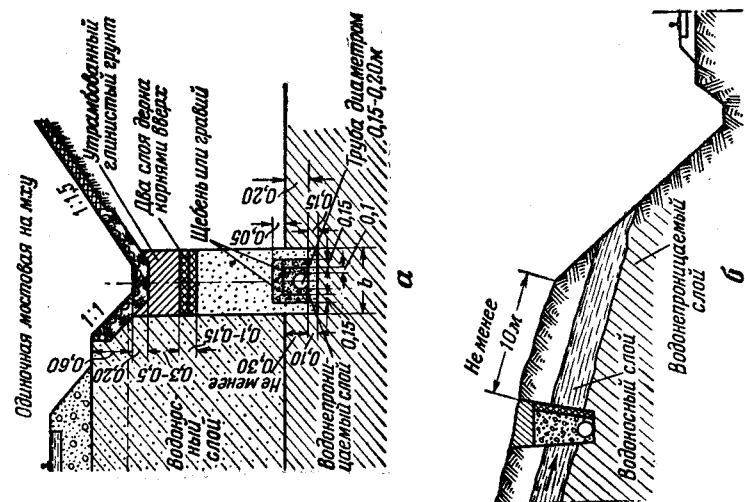


Рис. 25. Дренажные устройства закрытого типа: а — подкуветный дренаж; б — подоткосный дренаж; в — поперечный дренаж-преграждение; г — беструбный дренаж

Галереи устраивают с деревянной, каменной, бетонной и железобетонной обделкой. Для проникания грунтовой воды в галерею в ее стенках делают дренажные отверстия, а за стенкой — фильтр из слоя крупного камня, затем слоя гравия или щебня и слоя песка. Сверху фильтра укладывают заполнитель, а поверх него — забивку, как и при устройстве подкуветного дренажа. Дну галерей придают уклон от 0,005 до 0,01.

Если дно траншеи требуется опустить на глубину более 10 м, то устраивают штольни, закладываемые туннельным способом.

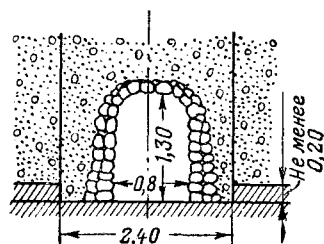


Рис. 26. Дренажная галерея

Для наблюдения за работой и периодической очистки подкуветных дренажей и штолен устраивают смотровые колодцы (рис. 27), располагая их на подкуветных дренажах через 40—50 м, а также в точках поворота дренажа и в местах, где имеются перепады; при устройстве галерей колодцы располагают через 200—250 м.

Смотровые колодцы делают деревянными и из железобетонных колец диаметром 1 м и толщиной стенок 8—10 см. Внутри колодца делают скобы в виде лестницы для спуска в него людей.

Для удобства осмотра дренажных труб дно колодца устраивают на 0,35—0,4 м ниже постели труб, пониженная часть колодца служит отстойником. Взвешенные частицы грунта, осевшие в отстойнике, удаляют при очистке колодца.

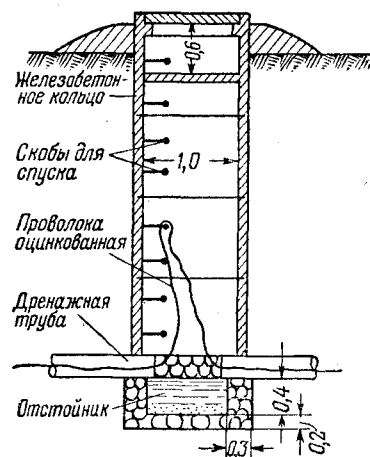


Рис. 27. Сборный железобетонный смотровой колодец

Сверху колодца устраивают две крышки: верхнюю плотную, которой колодец закрывается на зиму, и нижнюю решетчатую, которая дает летом возможность вентилировать дренаж и в то же время предохраняет колодец от засорения.

Выпуск воды из дренажей чаще всего делается в канаву. Расстояние от низа трубы дренажа до дна канавы должно быть не менее 0,5 м. Дну канавы придают уклон 1 : 10 для того, чтобы вода быстрее стекала и в зимнее время не успевала замерзнуть. Дно канавы укрепляется обычно одиной мостовой.

### Укрепление и защита земляного полотна

В большинстве случаев откосы и бермы земляного полотна, а также дно и откосы кюветов и канав требуется укреплять, так как их поверхность может разрушаться поверхностными водами и ветром. Способ укрепления и конструкция его зависят от рода грунта земляного полотна и силы воздействия воды и ветра.

Наиболее распространенными способами укрепления являются: засевание травой, одерновка, мощение камнем и укрепление фашинами.

Засевание травой является наиболее простым способом укрепления откосов. При грунтах, мало пригодных для произрастания трав, откосы предварительно покрывают слоем растительной земли толщиной 10—20 см. Для лучшего соединения растительной земли с грунтом и во избежание ее сползания по откосу последний разделяют уступами. Для посева применяются семена растений с густой стелющейся корневой системой, дающих плотный дерновой покров (смесь тимopheевки, клевера и люцерны).

Для укрепления одерновкой применяется свеженарезанный в стороне луговой дерн. Штучные дернины нарезаются шириной 25 см, длиной 40 см и толщиной 6—9 см. При дерне хорошего качества, выдерживающем скатывание в рулоны, могут применяться дерновые ленты шириной 25 см и длиной 2—3 м.

Одерновку делают «в клетку», сплошь, с укладкой дернин плашмя, и «в стенку».

Одерновка «в клетку» (рис. 28, а) заключается в укреплении поверхности откоса укладкой дерновых лент по двум взаимно-перпендикулярным направлениям под углом 45° к горизонту. Расстояние между лентами прини-

мается 1—1,5 м. Образующиеся квадратные клетки могут засыпаться растительной землей заподлицо с лентами и засеиваться травой.

При одерновке «в клетку» подошва откоса насыпи и нижняя часть выемки укрепляются сплошной одерновкой плашмя несколькими рядами дернин, а бровка насыпи — одной дерновой лентой. Такое же укрепление производится и при обсеиве откосов травами.

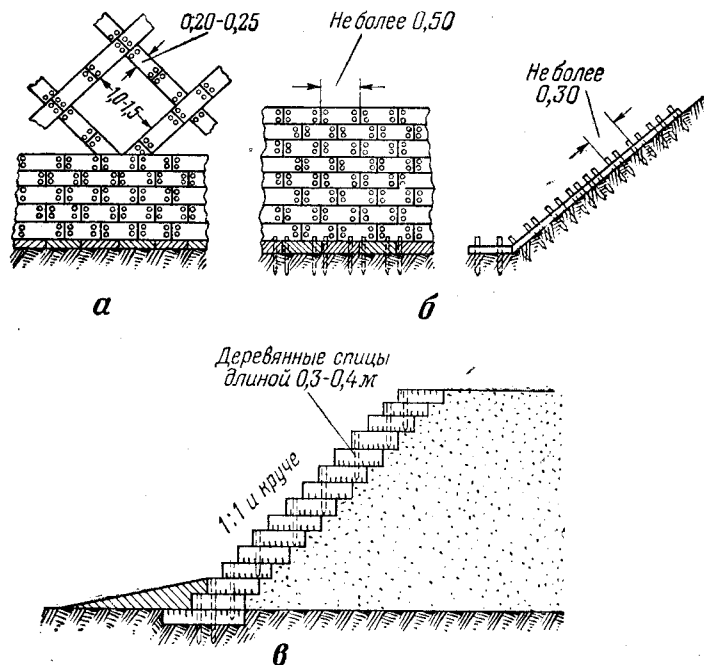


Рис. 28. Укрепление земляного полотна одерновкой:

а — одерновка «в клетку»; б — одерновка плашмя; в — одерновка «в стенку»

Сплошная одерновка плашмя (рис. 28, б) состоит в выстилке дернинами поверхности всего откоса.

При одерновке «в клетку» и сплошной одерновке плашмя каждая дернина скрепляется с грунтом откоса забивкой четырех деревянных кольев (спиц) длиной 25—30 см и сечением  $2 \times 2$  см.

Одерновка «в стенку» (рис. 28, в) состоит в укладке дернин по типу кирпичной стенки. Дернины укла-

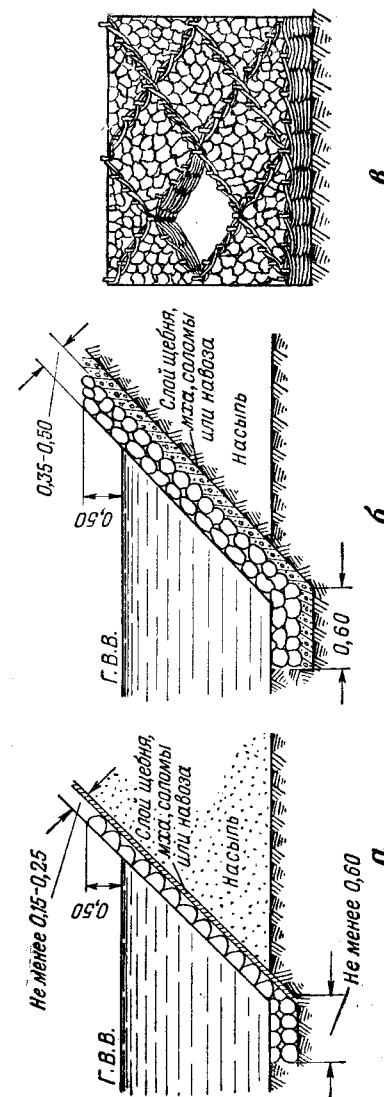


Рис. 29. Укрепление земляного полотна мошением:

а — однократное мошение; б — двойное мошение; в — мошение в плетневых клетках



дываются травой вверх или вниз (однородно) во всех рядах, верхний ряд укладывается травой вверх. Дернины прикрепляются к откосу деревянными спицами длиной 30—40 см.

Обсев травами, одерновка «в клетку» и сплошная одерновка плашмя обычно применяются для защиты откосов выемок и незатопляемых откосов насыпей от их размыва и переувлажнения дождями, против выдувания ветрами и осыпания. Одерновка «в стенку», являющаяся наиболее мощным видом укрепления поверхности грунта дерном, допускающим скорости течения воды до 1,5—2 м/сек, а также сплошная одерновка плашмя применяются для укрепления откосов и дна водоотводных канав, кюветов, резервов, а в отдельных случаях и откосов подтопляемых насыпей.

Мощение камнем применяется главным образом для предохранения от размыва откосов насыпей и конусов мостов, затопляемых высокими водами. Мостовая может устраиваться одиночной или двойной, в отдельных случаях мощение производится в плетневых клетках.

Камень для мощения употребляется булыжный или бутовый размером 15—25 см, из твердых невыветривающихся пород.

При одиночном мощении (рис. 29, а) камни укладываются в один слой на постель из щебня, гравия, песка, а при их отсутствии — на подстилку из мха или соломы. Пустоты между камнями заполняются щебнем.

При двойном мощении (рис. 29, б) камни укладываются в два слоя по такой же постели, как и при одиночном мощении, между слоями камня насыпается слой песка или укладывается мох или солома. Камень для верхнего слоя берется более крупного размера — 30—40 см.

При одиночном мощении камни укладываются тычком, при двойном — в нижнем слое плашмя, а в верхнем — тычком. У подошвы откоса мощение заканчивается в виде зуба, заглубленного в естественный грунт заподлицо с ним.

Мощение в плетневых клетках (рис. 29, в) является более мощным способом укрепления. Плетневые клетки устраиваются следующим образом. По откосу забивают взаимно-перпендикулярные ряды кольев с расстоянием между рядами 1—1,2 м и между кольями 0,3 м. Колья делают из свежесрезанной ивы, диаметр кольев 5—8 см, длина 0,7—1 м, забиваются они в грунт на 0,5—0,8 м. Стороны образованных кольями клеток переплетаются ивовым хвостом.

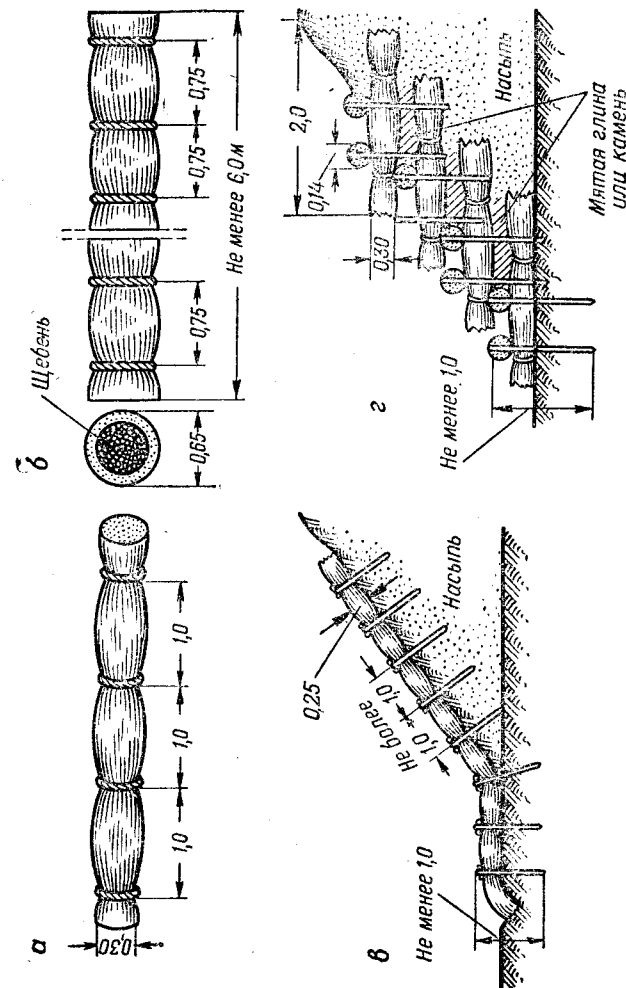


Рис. 30. Укрепление земляного полотна фашинами:

а — однокомельная фашина; б — тяжелая фашина; в — укладка фашин плашмя; г — укладка фашин в стенку

Плетневые клетки заполняются одиночной или двойной мостовой или засыпаются камнем на толщину 0,4—0,5 м.

**Фашины** применяются для временного предохранения затопляемых откосов от размывов. Фашины представляют собой связанные пучки хвороста (рис. 30), преимущественно из ивы, длиной 2—6 м. Диаметр хвороста в тонком конце не менее 1 см, в толстом — не менее 2—3 см.

Фашины применяются однокомельные, двухкомельные и тяжелые.

Однокомельные фашины вяжутся из хвороста, уложенного комлями в одну сторону, двухкомельные — из хвороста, уложенного комлями в разные стороны. Толщина фашины 25—30 см, длина 2—4 м. Перевязываются фашины тонкими гибкими прутьями (вицами) через 0,2—1 м.

Тяжелые фашины вяжутся с заполнением середины их мелким камнем, щебнем или галькой.

Укрепление фашинами производится расстилкой их плашмя вдоль или поперек откоса или укладкой в стенку. При укладке в стенку фашины располагают горизонтальными рядами поперек откоса; комли их зарывают в грунт.

Фашины прикрепляются к откосу ивовыми кольями толщиной 6—7 см и длиной 1—2 м.

Для укрепления откосов пойменных насыпей от размыва быстро и бурно текущей водой также применяются каменная наброска, габионы (проволочные каркасы, наполненные камнем), одевающие стенки из сухой каменной кладки, бетона и железобетона, свайные и ряжевые стенки, бетонные плиты и др.

#### Вопросы для повторения

1. Какие требования предъявляются к земляному полотну?
2. Что называется поперечным профилем земляного полотна и какие существуют виды этих профилей?
3. Из каких элементов состоит поперечный профиль земляного полотна?
4. Назовите составные части насыпи. Для чего предназначены обочины, резервы, бермы и водоотводные канавы?
5. Как устраиваются насыпи на поймах рек и на болотах?
6. Назовите составные части выемки и их предназначение. Какие особенности устройства выемок в песчаных, лессовых и скальных грунтах?
7. Как устраивается земляное полотно на станционных площадках, на подходах к мостам и на обходах?
8. Какие сооружения и устройства применяются при защите земляного полотна от воды?
9. Как и для чего укрепляется земляное полотно?

## ГЛАВА 3

### ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ

#### Общие сведения

Как уже указывалось в главе 1, верхнее строение предназначено для направления подвижного состава по железнодорожному пути, восприятия давления его колес и равномерного распределения этого давления на земляное полотно.

Верхнее строение пути состоит из балласта, шпал, рельсов, креплений, в том числе противоугонов, а также стрелочных переводов, мостовых и переводных брусьев.

Балласт укладывается непосредственно на основную площадку земляного полотна, в верхнем слое его поперек оси пути укладываются шпалы, а на них — рельсы. Между собой и со шпалами рельсы соединяются креплениями.

В местах соединений путей укладываются стрелочные переводы, опорами для которых служат переводные брусья. На некоторых мостах вместо шпал применяются мостовые брусья.

Рельсы, скрепленные со шпалами, образуют так называемую путевую решетку.

Все элементы верхнего строения взаимосвязаны и дополняют друг друга. По прочности, устойчивости и своему состоянию они должны обеспечивать безопасное и плавное (без толчков) движение поездов с установленными скоростями.

Верхнее строение пути работает в очень сложных условиях. Оно подвергается воздействию переменной влажности, переменной температуры, испытывает большие нагрузки от движения подвижного состава, так как, кроме нагру-

зок от его веса, воспринимает дополнительные нагрузки от колебания рессор, торможения, боковых толчков при вилянии подвижного состава, от центробежной силы, возникающей при движении поездов по кривым участкам пути, и т. п. Поэтому верхнее строение для безопасного движения поездов с большими скоростями должно быть прочным и устойчивым, т. е. обладать достаточной мощностью.

Мощность верхнего строения пути характеризуется типом рельсов, качеством и родом балластного слоя, его толщиной, количеством шпал, укладываемых на 1 км пути, и их размерами в поперечном сечении.

Конструкция верхнего строения и типы его отдельных элементов выбираются в зависимости от грузооборота линии, нагрузок на ось подвижного состава и наибольших скоростей движения.

Так как все элементы верхнего строения составляют единое целое, работа и исправность каждого элемента находятся в зависимости от работы и исправности других элементов. Поэтому прочность и устойчивость верхнего строения могут быть повышены улучшением одного элемента или нескольких. Так, например, усиление балластного слоя и рельсов создает лучшие условия для работы шпал, а увеличение количества шпал на 1 км пути создает лучшие условия для работы рельсов, балласта и земляного полотна.

### Балластный слой

Балластный слой служит для того, чтобы равномерно передавать давление от подвижного состава на большую площадь земляного полотна, создавать упругий слой между шпалами и земляным полотном, отводить воду от рельсов, шпал и креплений, увеличивать устойчивость пути в продольном и поперечном направлениях и предохранять от пыли подвижной состав. Кроме того, балластный слой уменьшает промерзание грунта земляного полотна, так как между его частицами имеется воздух, плохо проводящий тепло.

Требования, предъявляемые к балластному слою, вытекают из его назначения и состоят в следующем:

— материалы, применяемые для балластного слоя, должны иметь достаточную прочность, чтобы воспринимать на себя давление от подвижного состава, передаваемое через

шпалы, и обладать свойством передавать это давление в стороны под некоторым углом (рис. 31); благодаря последнему давление будет распределяться на большую площадь земляного полотна, что снизит его величину на единицу поверхности до допустимого для грунта предела; непосредственно на земляном полотне шпалы располагать нельзя, так как вследствие большого давления, передаваемого через них, и недостаточного сопротивления грунта шпалы вдавливались бы в земляное полотно;

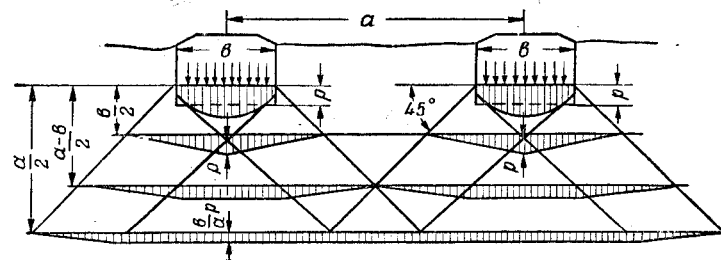


Рис. 31. Схема передачи давления от шпалы на земляное полотно

— балластный слой должен обладать упругостью — сжиматься под действием проходящих поездов, а после прохода их вновь приобретать свою первоначальную форму; это смягчит удары подвижного состава о рельсы, что будет благоприятствовать сохранности подвижного состава и уменьшит расстройство пути;

— материалы, применяемые для балластного слоя, должны хорошо пропускать воду, тем самым обеспечивая ее отвод от путевой решетки;

— балласт должен хорошо препятствовать перемещению шпал в продольном и поперечном направлениях от сил, возникающих при движении подвижного состава, то есть обеспечивать устойчивость пути;

— частицы балласта должны быть достаточно крупными, чтобы не выдуваться ветром и завихрениями воздуха, возникающими при движении поездов с большими скоростями: чем крупнее будут частицы балласта, тем меньше будет пыли, вредно влияющей на подвижной состав.

Кроме того, балласт должен быть достаточно крепким, чтобы частицы его не раздроблялись при движении поездов и при уплотнении под шпалами и не подвергались из-

менению под действием атмосферных явлений (мороза, дождя, ветра). Балласт не должен иметь примесей, вредно влияющих на металлические части верхнего строения пути.

В качестве балластных материалов для железнодорожного пути используются:

- путевой щебень, приготовленный из различных каменных горных пород (гранита, базальта, песчаников, известняков) и металлургических шлаков;

- сортированный гравий с добавлением дробленых частиц;

- естественные скопления различных минералов и горных пород: карьерный гравий, ракушка, крупно- и среднезернистые пески.

В путь разрешается укладывать только балластные материалы, отвечающие Техническим условиям, утвержденным Министерством путей сообщения.

**Щебень** из естественных каменных пород является лучшим материалом для балласта. Он представляет собой неправильной формы остроугольные камни, полученные путем дробления каменных пород. Щебень хорошо пропускает воду, не смерзается зимой, сохраняя необходимую упругость, не дает пыли, лучше других материалов защищает земляное полотно от промерзания. Путь на щебне гораздо устойчивее, чем на других балластах, так как щебень хорошо сопротивляется поперечному и продольному перемещению шпал.

Щебень из естественных каменных пород по крупности изготавливается трех размеров: нормальный, с размерами частиц от 25 до 70 мм, средний (отсев из отходов горных предприятий) — от 7 до 50 мм и мелкий — от 7 до 25 мм. Содержание частиц больше или меньше установленного размера допускается не более 5% общего веса (в том числе 1% пылевидных частиц). В путь не разрешается укладывать щебень размером более 100 мм.

Щебень из металлургических шлаков изготавливается двух размеров: нормальный, с размерами частиц от 25 до 70 мм, и мелкий, с размерами частиц от 7 до 25 мм. Частиц большего и меньшего размеров в щебне из шлаков должно быть столько же, сколько и в щебне из каменных пород.

Так как шлак может содержать различные примеси, вредно влияющие на металлические части верхнего строения пути, он подвергается химическому анализу. В зависимости от количества щелочей и солей кислот, устанавливаемого в результате химического анализа, шлаки отно-

сятся к кислым, нейтральным и основным. Годными для применения в качестве балласта считаются кислые шлаки; основные шлаки в путь не укладываются, а нейтральные могут укладываться, если после трех лет нахождения в отвалах они не будут иметь признаков распада.

**Гравий** представляет собой хороший материал для балласта, хотя по своим качествам он уступает щебню, так как хуже держит подбивку и менее обеспечивает устойчивость пути; путь на гравии хуже, чем на щебне, сопротивляется продольному и поперечному перемещениям.

Зерна гравия имеют закругленную, а не остроугольную форму, как щебень. Гравий должен состоять из прочных горных пород; содержание непрочных пород (слабых известняков, глинистых или известковых песчаников, выветренных гранитов и др.) не должно превышать 15% общей массы гравия. Пески, являющиеся примесью к гравия, в основном должны быть кварцевыми.

Карьерный гравий должен содержать:

- гравийно-галечниковых частиц размером от 3 до 60 мм — 50% и более общей массы;

- песчаных частиц до 3 мм — не менее 20% и не более 50% общей массы;

- пылеватых частиц менее 0,1 мм — не более 6%, в том числе глинистых частиц размером менее 0,005 мм не более 1% общего веса.

Содержание в карьерном гравии валунов размером 60—100 мм допускается не более 5% общей массы. При большем содержании валуны размером 60—100 мм, а также валуны более 100 мм подлежат удалению.

Сортированный гравий получают из карьерного гравия путем отсева частиц менее 3 мм и более 40 мм, причем содержание тех и других частиц должно быть не более чем по 5%. В сортированный гравий добавляются дробленые частицы за счет раздробления материала размером более 40 мм. Количество добавляемых дробленых частиц зависит от количества в гравии частиц размером 20—40 мм и колеблется от 20 до 90% общей массы гравия. Содержание частиц менее 0,1 мм не должно превышать 1%.

**Песчаный балласт**, хотя и является одним из наиболее распространенных, значительно уступает по своим качествам щебеночному балласту. Он обладает меньшей прочностью и упругостью, чем щебеночный балласт, имеет худшую водопроницаемость и сопротивляемость атмосферным воздействиям, хуже предохраняет земляное полотно от

промерзания, плохо предохраняет подвижной состав от пыли.

Пески, применяемые в качестве балласта, должны быть в основном кварцевые; галька и гравий, содержащиеся в виде примеси в песках, должны быть из прочных горных пород.

В зависимости от крупности зерен песчаный балласт делится на два сорта:

- крупнозернистый, с размерами частиц 1—3 мм (частиц более 1 мм должно быть не менее 50 %);

- среднезернистый, с размерами частиц 0,5—1 мм (частиц более 0,5 мм должно быть не менее 50 %).

К крупно- и среднезернистым пескам относятся и так называемые гравелистые пески, содержащие менее половины гравийно-галечных частиц размером 3—60 мм, если основные частицы (размером 1—60 мм для крупнозернистых и 0,5—60 мм для среднезернистых песков) составляют в них более 50 %.

Пылевидных, глинистых и илистых частиц размером менее 0,1 мм в песчаном балласте не должно быть более 10 % общего веса, в том числе глинистых частиц не более 2 %.

Мелкозернистые (0,5—0,25 мм) и тонкозернистые (0,25—0,1 мм) пески при их содержании в общей массе балласта более 50 % не разрешается использовать в качестве путевого балласта.

**Ракушечный балласт** имеет только местное значение. Он достаточно водопроницаем, но менее устойчив, чем щебень. Пригодным для укладки в путь является ракушечник, в котором частиц размером более 0,5 мм не менее 50 %.

Щебень и сортированный гравий, являющиеся наиболее дорогими материалами, применяются преимущественно на железных дорогах I категории, имеющих большую грузонапряженность или большое пассажирское движение. На дорогах II категории, грузонапряженность которых меньше, чем дорог I категории, и на дорогах III категории, имеющих местное значение, укладывается преимущественно балласт из карьерного гравия, ракушки и песка.

Вне зависимости от рода балласта, принятого на железнодорожной линии, в туннелях, на мостах и на подходах к ним путь укладывается на щебеночный балласт. Также на щебень укладываются изолирующие стыки (см. стр. 105) на линиях, оборудованных автоблокировкой, и стрелочные переводы централизованного управления при электрической централизации.

При укладке пути на балласте из щебня, доменных шлаков или сортированного гравия под ними устраивается песчаная подушка, чтобы балласт не вдавливался в земляное полотно, а грунт земляного полотна не проникал в балласт и не засорял его. Если земляное полотно возведено из скальных или песчаных грунтов, то песчаная подушка не устраивается.

Для балластного слоя, как и для земляного полотна, установлены типовые поперечные профили (рис. 32), которые определяют высоту балластного слоя, крутизну его откосов и ширину поверху.

Размеры балластного слоя устанавливаются в зависимости от рода балласта, рода грунтов земляного полотна, количества путей и категории железной дороги. Для главных путей вновь строящихся однопутных железных дорог размеры балластного слоя должны быть следующими<sup>1</sup>:

- ширина по верху балластной призмы независимо от рода грунтов земляного полотна: на дорогах I категории при балласте из щебня или сортированного гравия 3 м; на дорогах I и II категории при балласте из карьерного гравия, песка и ракушки 3,1 м, III категории — 3 м;

- толщина под шпалой верхнего слоя балласта при щебеночном балласте на дорогах I категории независимо от рода грунтов земляного полотна 0,25 м, толщина подушки для этих же дорог при всех грунтах земляного полотна, кроме слабовыветривающейся скалы, щебня, гравия и песка, — 0,2 м; на земляном полотне из слабовыветривающейся скалы, щебня, гравия и песка подушка не устраивается;

- толщина под шпалой балластного слоя из карьерного гравия, песка и ракушки при всех грунтах земляного полотна, кроме слабовыветривающейся скалы, щебня, гравия и песка, на дорогах I категории — 0,35 м, II категории — 0,35—0,25 м, III категории — 0,25 м; при вышеуказанных грунтах земляного полотна эта толщина на дорогах I категории должна быть 0,25 м, II и III категории — 0,2 м.

Ширина балластной призмы в пределах кривых радиусом 600 м и менее при балласте из песка и ракушки увеличивается с наружной стороны кривой на 0,1 м. На двухпутных линиях с общим земляным полотном на прямых

<sup>1</sup> В соответствии с Техническими указаниями по устройству и укладке верхнего строения железнодорожного пути, Трансжелдориздат, М, 1954 г.

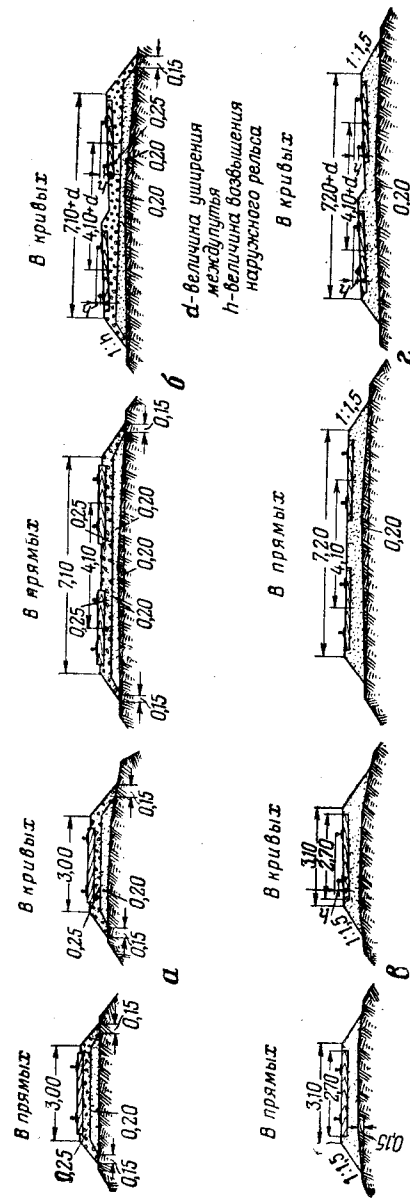


Рис. 32. Типовые поперечные профили балластного слоя:

а — при балласте из щебня и сортированного гравия на однопутных линиях; б — то же на двухпутных линиях; в — при балласте из карьерного гравия, песка и ракушки на однопутных линиях; г — то же на двухпутных линиях

участках ширина балластной призмы поверху увеличивается на 4,1 м (ширину междупутья), а в кривых — на 4,1 м плюс величина уширения междупутья в кривых.

Толщина балластного слоя измеряется: для однопутных участков на прямых — под шпалами по оси рельсов, на кривых — под шпалами по оси внутреннего рельса; для двухпутных участков на прямых — под шпалами по оси внутренних рельсов, на кривых — под шпалами по оси внутреннего рельса кривой наружного пути.

Откосы балластного слоя устанавливаются следующей крутизны:

- для щебня и доменного шлака 1 : 1,25;
- для гравия, песка и ракушки 1 : 1,5;
- для песчаной подушки 1 : 2.

При двухслойной балластной призме расстояние от подошвы откоса песчаной подушки до подошвы откоса верхнего слоя призмы должно быть 0,15 м.

На станционных путях балластный слой устраивается общий для каждой отдельной группы параллельных путей. Толщина балластного слоя под шпалой устанавливается в зависимости от назначения путей, рода балласта, рода грунтов земляного полотна и категории железной дороги и принимается от 0,2 до 0,35 м.

Для обеспечения устойчивости пути балласт под шпалами уплотняют — производят подбивку пути. Наибольшее уплотнение по длине шпалы производят под рельсами и на 0,5 м в обе стороны от них (наружу и внутрь колеи), среднее — в середине колеи и наименьшее — под концами шпал.

Верх балластной призмы после уплотнения балласта должен быть на 30 мм ниже верхней постели шпалы.

### Шпалы

Шпалы предназначены для передачи и распределения давления колес подвижного состава на балластный слой, прочного соединения обеих нитей рельсовой колеи, чтобы сохранить неизменной ее ширину, и для обеспечения устойчивости пути в поперечном и продольном направлениях.

На железных дорогах применяются деревянные, металлические и железобетонные шпалы. Наибольшее распространение имеют деревянные шпалы, однако в последние годы все шире начинают применяться железобетонные шпалы.

**Деревянные шпалы.** Широкому применению деревянных шпал способствуют их положительные качества: большая упругость, смягчающая вредное влияние ударов колес о рельсы; сравнительно небольшой шум при движении поездов; большая сопротивляемость перемещению вдоль и поперек пути, так как шпалы глубоко погружаются в балласт; легкость подбивки пути; простота обработки материала для шпал; невысокая стоимость их в местах, богатых лесом, и др. Основным недостатком деревянных шпал является их недолговечность.

На железных дорогах СССР применяются шпалы из сосны, ели, пихты, кедра, бука и дуба; шпалы из бука и дуба имеют незначительное распространение.

Шпалы, предназначенные к укладке в путь, по качеству и размерам должны удовлетворять требованиям стандарта на шпалы для железных дорог широкой колеи, которые приведены ниже<sup>1</sup>.

По форме поперечного сечения шпалы делятся на **обрезные**, у которых опилены все четыре стороны, и **брусковые**, у которых опилены только две противоположные стороны. Опиленные верхние и нижние стороны шпал называются **постелями**.

В зависимости от формы и размеров установлены следующие типы деревянных шпал: для обрезных — IА, IIА, IIIА, IVА и VА; для брусковых — IБ, IIБ, IIIБ, IVБ и VБ.

По качеству древесины шпалы подразделяются на три сорта. 1-й сорт первых двух типов шпал предназначается для укладки в главный путь дорог I категории; 1-й сорт первых трех типов — в главный путь дорог II и III категорий, а также в приемно-отправочные пути железных дорог всех категорий. 2-й сорт первых трех типов шпал, а также 1-й сорт типов IV и V предназначаются для укладки в станционные пути и линии промышленных предприятий с большим грузооборотом, 3-й сорт всех типов шпал, а также 2-й сорт шпал IV и V типов предназначаются для железнодорожных путей промышленного транспорта.

Длина шпал I—IV типов установлена 2,7 м, V типа — от 2,5 до 2,7 м. Размеры поперечного сечения шпал приведены на рис. 33. Разница в размерах шпал объясняется стремлением как можно полнее, с наименьшим количеством отходов, использовать лес разных диаметров.

<sup>1</sup> В соответствии с ГОСТ 78—40 и Техническими указаниями по устройству и укладке верхнего строения железнодорожного пути, 1954 г.

Все размеры установлены для шпал в воздушно-сухом состоянии. Сырые шпалы должны иметь припуски на усушку  $+0,5$  см по ширине верхней и нижней постелей и по толщине (высоте). Измерение толщины шпал и ширины постелей производится на тонком (верхнем) торце; ширина постелей проверяется на расстоянии 35 см от тонкого торца в шпалах длиной 2,7 м и на расстоянии 25 см в шпалах длиной 2,5 м.

Стандартом допускаются отклонения от размеров шпал:

- по высоте  $\pm 0,5$  см;
- по длине: в шпалах 1-го сорта  $\pm 3$  см, 2-го и 3-го сортов  $+3$  см и  $-10$  см для шпал длиной 2,7 м и  $+3$  и  $-5$  см для шпал длиной 2,5 м;

- по ширине верхней постели: в сторону увеличения — до ширины нижней постели, в сторону уменьшения — на 1 см;

- по ширине нижней постели  $+6$  и  $-1$  см в шпалах 1-го сорта и  $+6$  и  $-2$  см в шпалах 2-го и 3-го сортов;

- по высоте боковых сторон: в сторону увеличения — до толщины (высоты) шпалы, в сторону уменьшения в шпалах 1-го сорта типов I и II — 2 см, типов III и IV — 1 см, в шпалах 2-го и 3-го сортов — до половины толщины (высоты) шпалы;

- отклонение от параллельности постелей: по длине постели не более 1 см на всю длину шпалы, по ширине (кособокость) — в шпалах 1-го сорта не допускается, 2-го сорта — не более 0,5 см, 3-го сорта — не более 1 см.

Шпалы всех сортов должны быть очищены от коры и луба и оторцованы. Сучки должны быть зачищены в уровень с поверхностью шпалы. Заделка пороков древесины при помощи вкладышей и пробок, а также зачистка гнили не допускаются.

Все шпалы должны быть маркированы. Марка с обозна-

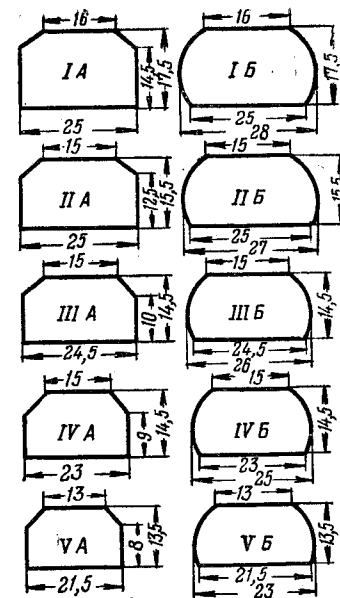


Рис. 33. Типы шпал

чением названия предприятия, типа и сорта шпал ставится на верхнем конце отбойным клеймением.

Как сказано выше, основным недостатком деревянных шпал является их недолговечность, так как, находясь в условиях переменной влажности, они быстро загнивают и, кроме того, изнашиваются от механических воздействий подвижного состава, передаваемых им через рельсы.

Для предохранения шпал от гниения их пропитывают особыми веществами — антисептиками, препятствующими развитию грибков, разрушающих древесину.

К антисептикам предъявляются требования: обладать достаточной ядовитостью в отношении грибков, проникать в древесину, иметь малую летучесть и растворимость в воде, не оказывать вредного влияния на металлические части верхнего строения пути, быть безвредными для людей и животных.

Антисептики применяются двух видов: масляные, к которым относится креозот, и водорастворимые — фтористый натрий и хлористый цинк. Лучшим антисептиком является креозот, так как шпалы, обработанные им, сохраняются более длительный срок. К недостаткам креозота относится его ядовитость; голыми руками брать шпалы, обработанные креозотом, нельзя, так как это вызывает ожоги.

Фтористый натрий и хлористый цинк более слабые и менее стойкие антисептики; являясь водорастворимыми, они выщелачиваются из шпал атмосферными осадками.

Обработка шпал креозотом производится путем пропитки их на специальных шпалопропиточных заводах. Пропитка производится под давлением, в результате чего креозот вгоняется довольно глубоко в древесину шпалы. Пропитке подвергаются шпалы, имеющие влажность не более 25%.

Водорастворимые антисептики обычно наносятся на поверхность шпалы. Они проникают в нижележащие слои древесины лишь в течение длительного периода времени, выдержка их в это время производится в штабелях. Лежащие в пути шпалы также могут быть антисептированы путем обмазки, но в этом случае они после нанесения антисептика покрываются слоем битума для предохранения от атмосферных осадков.

Шпалы, антисептированные хлористым цинком, нельзя укладывать в путь на участках, оборудованных автоблокировкой или электрифицированных, так как этот антисептик проводит электрический ток.

Обрабатывать шпалы обмазкой водорастворимыми антисептиками можно при влажности древесины не менее 30%.

Большое значение для предохранения шпал от гниения имеют обеспечение хорошего отвода воды балластным слоем, правильное хранение шпал на складах, бережное обращение с ними при транспортировке, укладке и в процессе эксплуатации. Категорически запрещается, например, ударять по шпалам подбойками, кирками и молотками, перегонять кувалдами на нужное место и вообще наносить повреждение любыми способами, так как поврежденная древесина начнет быстрее загнивать. При перешивке пути необходимо антисептировать костыльные отверстия путем заливки их креозотом, а ненужные костыльные отверстия забивать деревянными пробками, пропитанными антисептиками. Все трещины в шпалах и места затески для укладки подкладок должны быть также антисептированы, а заусенцы на шпалах, образующиеся в местах прикрепления рельсов, своевременно зачищены.

Механический износ шпал происходит от вдавливания подошвы рельса или подкладки в верхнюю постель шпал, при котором происходит перерезание волокон древесины, а также от смятия и перерезания древесины шпалы костылями.

Вдавливание подошвы рельса в шпалу происходит вследствие того, что на единицу поверхности шпалы приходится очень большое давление от подвижного состава, разрушающее древесину шпалы; при подкладках, имеющих недостаточную площадь опирания на шпалу, происходит такое же явление, но в меньшей степени. Для уменьшения вдавливания рельсов они должны укладываться на подкладки, имеющие достаточно большую площадь, что снизит давление на единицу поверхности верхней постели шпалы до допустимой величины.

Перерезание древесины шпал происходит особенно усиленно на участках, где имеется угон пути, т. е. скольжение рельсов по шпалам.

Смятие древесины шпал костылями происходит вследствие боковых ударов колес о рельсы, особенно в кривых, в результате чего костыльные отверстия разрабатываются и костыль плохо держится. Перерезание волокон древесины шпалы костылем происходит при его забивке непосредственно в шпалу; волокна загибаются при этом внутрь и переламываются. Структура древесины вокруг костыля на-



рушается, что способствует увеличению смятия, а следовательно, и механическому разрушению древесины.

Для борьбы с этим явлением перед забивкой костылей в шпале просверливают отверстия диаметром 12 мм и глубиной до 13 см. При забивке костыля в такое отверстие повреждения волокон древесины не происходит.

При выдергивании и вторичной забивке костылей, что имеет место при работах, связанных с перешивкой колеи, исправлением пути на пучинах и пр., также происходит разрушение древесины шпалы. Для увеличения сопротивления вторично забитого костыля выдергиванию и отжатию в костыльное отверстие вставляется пропитанная креозотом деревянная пластинка-закрепитель длиной около 110 мм, толщиной 5 мм и шириной на 1 мм меньше толщины костыля.

Большое значение для предупреждения механического износа шпал имеет правильность забивки костылей, затески шпал и правильность приемов работ при смене шпал, их подбивке и других работах, а также своевременность ремонта шпал, имеющих трещины на концах. В последнем случае в торцы шпал забивают скобы или стягивают шпалы проволокой.

Для шпал, пропитанных масляными антисептиками, действующими нормами срок службы в пути установлен не менее 15 лет, шпал, пропитанных водными антисептиками, — 12 лет. При хорошем уходе за шпалами и своевременном проведении всех мероприятий по предупреждению их загнивания и механического износа эти сроки могут быть увеличены для пропитанных креозотом шпал до 18 и более лет, а для пропитанных водными антисептиками — до 14 лет. Срок службы непропитанных шпал установлен 8 лет.

Количество шпал, укладываемых на 1 км пути, зависит от категории дороги, назначения пути и его плана. Это количество устанавливается проектом и должно быть в пределах прямых участков и кривых радиусом более 1200 м на дорогах I категории и в прямых и кривых радиусом более 600 м на остальных дорогах не менее следующего:

— на главных путях дорог I категории — 1840 шт., II категории — 1600 шт. и III категории — 1440 шт.;

— на приемо-отправочных путях дорог I категории — 1600 шт., II и III категорий — 1440 шт.;

— на прочих станционных путях независимо от категории дороги 1440 шт.

В пределах кривых радиусом 1200 м и менее для дорог I категории, 600 м и менее для дорог остальных категорий, а также на затяжных спусках круче 12‰ и в туннелях количество шпал на 1 км увеличивается до 2000 шт. на дорогах I категории, до 1840 шт. — II категории и 1600 шт. — III категории.

Шпалы под рельсами укладываются на определенном расстоянии одна от другой. Схема расположения шпал на одном звене рельсов называется эпюрой шпал.

Эпюры шпал бывают различны и зависят от длины рельса, количества шпал на 1 км и от типа стыка. Расположение шпал при разных длинах рельсов и при разном расстоянии между стыковыми шпалами приведено в табл. 1. Расстояние между осями шпал, указанное в таблице, в кривых измеряется по наружной рельсовой нити.

Шпалы укладываются в прямых участках перпендикулярно оси пути, а в кривых участках — по направлению радиуса кривой. На однопутных линиях концы шпал с правой стороны по ходу километров выравниваются по шнуру, на двухпутных линиях по шнуру выравниваются наружные (полевые) концы шпал. На станциях выравниваются концы шпал со стороны пассажирского здания.

В пределах кривых участков пути концы шпал выравниваются по кривой, параллельной рельсовой нити.

**Железобетонные шпалы** значительно долговечнее деревянных. Прочность их в отличие от деревянных с течением времени не уменьшается, а возрастает, они не гниют, не горят, не боятся сырости. Большой вес железобетонных шпал (200—235 кг), который при транспортировке и укладке их в путь является недостатком, после укладки шпал становится положительным качеством, так как путь, уложенный на тяжелых шпалах, значительно устойчивее.

К недостаткам железобетонных шпал относятся их жесткость, большая сложность технологии изготовления, необходимость расхода металла, сложность прикрепления рельсов к шпалам, большой вес, затрудняющий производство работ, большая стоимость и др.

Железобетонные шпалы изготавливаются на специальных заводах. Материалом для их изготовления служат цемент, песок, гравий или щебень и стальная арматура (стержни или проволока).

**Арматура**, заделываемая внутрь шпалы, служит для восприятия растягивающих усилий, возникающих в шпале, так как бетон очень плохо работает на растяжение, давая

Таблица 1

**Расположение шпал при разных длинах рельсов и разных расстояниях между стыковыми шпалами**

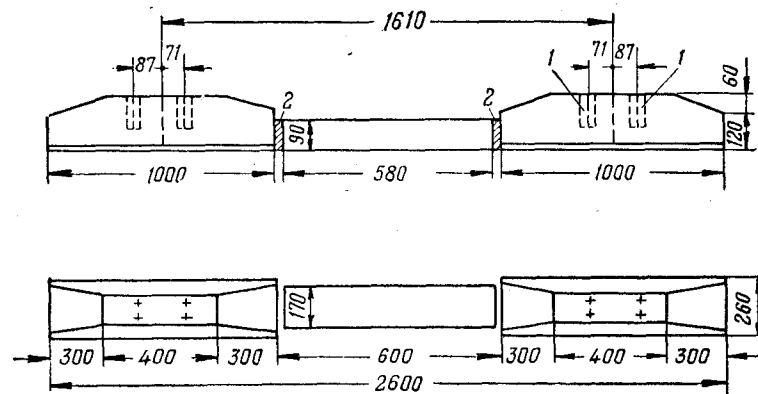
Длина рельсов в м	Число шпал		Расстояние между осями шпал в мм	
	на звено	на 1 км	стыковых и пристыковых	промежуточ- ных
При расстоянии между осями стыковых шпал 440 мм				
12,5	23	1840	500	533
12,5	25	2000	475	505
25,0	46	1840	498	548
25,0	50	2000	460	503
12,0	22	1840	498	556
12,0	24	2000	467	506
11,0	20	1840	503	562
11,0	22	2000	464	507
При расстоянии между осями стыковых шпал 500 мм				
12,5	23	1840	520	548
12,5	20	1600	569	639
12,5	18	1440	608	719
25,0	46	1840	533	545
25,0	40	1600	558	632
25,0	50	2000	500	500
12,0	22	1840	525	550
12,0	19	1584	574	647
12,0	17	1417	619	733
12,0	24	2000	500	500
11,0	20	1819	524	556
11,0	18	1636	562	625
11,0	16	1455	609	714
11,0	22	2000	500	500
10,67	19	1781	528	569
10,67	17	1593	570	645
10,67	15	1406	621	744
12,8	23	1797	530	562
12,8	20	1563	574	656
12,8	18	1406	615	738

трещины. При этом арматура предварительно натягивается с целью создания в шпале сжимающих усилий, что отодвигает появление трещин, так как нагрузка, вызывающая растягивающие усилия в шпале, должна преодолеть предварительно созданные сжимающие усилия<sup>1</sup>. Железобетон с натянутой арматурой называется предварительно напряженным.

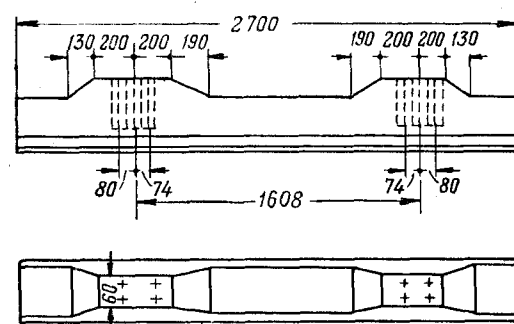
<sup>1</sup> Более подробно о железобетоне см. главы 9 и 10.

На железных дорогах СССР приняты два основных вида железобетонных шпал — двухшарнирные (сборные) и брусковые (монолитные).

**а**



**б**



**Рис. 34. Железобетонные шпалы:**

**а** — двухшарнирная; **б** — брусковая; **1** — вкладыш из дуба или бука; **2** — прокладка

Двухшарнирная шпала (рис. 34, а) состоит из трех блоков, каждый из которых изготавливается и бетонируется отдельно. Во всех блоках при их изготовлении оставляются продольные каналы для арматуры.

При сборке шпалы между блоками помещаются прокладки из прочного упругого материала (текстолит, прессо-

ванная древесина), играющие роль шарниров, и в отверстиях блоков пропускается арматура, которая затем натягивается, после чего каналы заполняются бетоном.

Опыт применения этих шпал на наших железных дорогах показывает, что у них часто расстраиваются шарниры.

Брусковая шпала из предварительно напряженного бетона (рис. 34, б) представляет собой единое целое. Она имеет два прилива для укладки рельсов и более тонкую среднюю часть.

По виду арматуры железобетонные шпалы делятся на струнотетонные, пучковые и стержневые. Струнотетонная арматура состоит из тонких стальных проволок — струн, диаметром 2,5—3 мм, пучковая — из одного — двух пучков проволоки, стержневая — из одного или нескольких стержней диаметром 20—22 мм.

В местах прикрепления рельсов в железобетонных шпалах при их изготовлении в бетон заделываются вкладыши из бука или дуба.

Ориентировочный срок службы шпалы из предварительно напряженного бетона около 50 лет.

**Металлические шпалы** (рис. 35) значительно долговечнее, чем деревянные, но обладают рядом недостатков, основными из которых являются большая жесткость, трудность изоляции рельсовых нитей на участках, оборудованных автоблокировкой и электрифицированных, большая трудоемкость работ по балластировке пути и подбивке шпал, большой расход металла (вес шпалы около 60 кг). Все эти недостатки ограничили распространение этих шпал как у нас, так и за границей. Наиболее широко они применяются на железнодорожных путях для грузового движения в Германии.

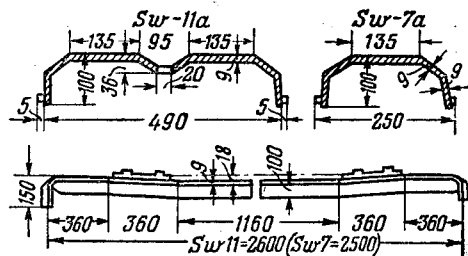


Рис. 35. Немецкие металлические шпалы типа Sw-11a и Sw-7a

Переводные брусья предназначены для укладки в стрелочных переводах. Они представляют собой отрезки круглого леса, опиленные или отесанные с двух или четырех сторон. Брусья изготавливаются из тех же пород дерева и выполняют ту же роль, что и шпалы.

В зависимости от размеров поперечного сечения до 1959 г. было установлено пять типов переводных брусков: 0, 1, 2, 3 и 4 (рис. 36); брусья типов 1 и 3 назывались нормальными, а типов 2 и 4 — уширенными.

Новым стандартом с 1 января 1959 г. установлено 10 типов переводных брусков: обрезные (марка А) — 0А, 1А,

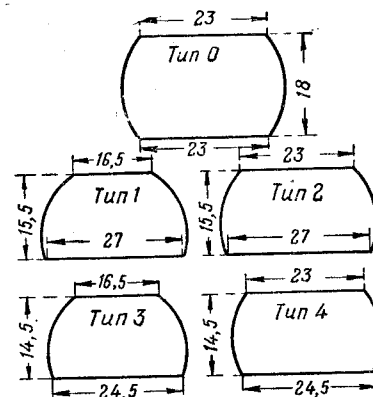


Рис. 36. Поперечные сечения переводных брусков

Таблица 2

Комплекты переводных брусков  
(по ОСТ 2761)

Длина брусков в м	Наименование комплектов и количество брусков в комплекте							
	А		Б		В		Г	
	тип 0	тип 0	нормаль-ных	уширен-ных	нормаль-ных	уширен-ных	нормаль-ных	уширен-ных
2,75	4	4	3	—	3	—	—	—
3,00	14	14	14	1	13	1	—	—
3,25	8	8	7	—	7	—	—	—
3,50	7	5	6	—	5	—	12	7
3,75	6	5	7	—	5	—	—	16
4,00	6	4	5	—	4	—	4	2
4,25	5	4	5	1	4	1	6	4
4,50	7	6	8	1	6	1	4	6
4,75	5	4	5	—	4	—	8	—
5,00	5	4	4	—	4	—	8	—
5,25	4	4	4	—	4	—	8	—
5,50	—	—	—	—	—	—	4	4
Итого . . .	71	62	68	3	59	3	54	39
Всего . . . . .	71	62	71		62		93	

Таблица 3

## Комплекты переводных брусьев

(по ГОСТ 8816—58)

Длина брусьев в м	Наименование комплектов и количество брусьев в комплекте										
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Б		Б <sub>1</sub>		В		Г	
	уширенных типа 0			нормальных типа I или III	уширенных типа 0, II или IV	нормальных типа I или III	уширенных типа 0, II или IV	нормальных типа I или III	уширенных типа 0, II или IV	нормальных типа I или III	уширенных типа 0, II или IV
2,75	13	9	9	—	4	—	4	3	—	—	—
3,00	19	13	13	5	8	5	8	14	1	—	—
3,25	14	7	7	7	—	7	—	7	—	—	—
3,50	8	7	9	7	—	8	—	6	—	12	7
3,75	7	8	5	8	—	5	—	7	—	—	16
4,00	6	4	3	4	—	3	—	5	—	4	2
4,25	8	6	5	—	6	—	5	5	1	6	4
4,50	10	7	6	—	7	—	6	8	1	4	6
4,75	8	6	4	6	—	4	—	5	—	8	—
5,00	8	5	4	5	—	4	—	4	—	8	—
5,25	7	4	4	4	—	4	—	4	—	8	—
5,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4
Итого...	—	—	—	46	25	40	23	68	3	54	39
Всего...	108	76	69	71		63		71		93	

IIA, IIIA, IVA и необрезные (марки Б) — 0Б, 1Б, 11Б, 111Б и 11ВБ.

Длина переводных брусьев — от 2,75 до 5,5 м с интервалом в 0,25 м.

Количество брусьев, необходимое для укладки одного стрелочного перевода, называется комплектом. До 1959 г. было установлено пять комплектов брусьев в зависимости от типа, размеров и количества брусьев, входящих в состав одного комплекта: А, А<sub>1</sub>, Б, В и Г (табл. 2). Комплекты А и А<sub>1</sub> состоят из брусьев типа 0, комплекты Б, В и Г — из брусьев различной длины нормального типа (1 и 3) и брусьев уширенного типа (2 и 4).

С 1 января 1959 г. новым стандартом установлено семь комплектов брусьев (табл. 3). Укладка стрелочных переводов из рельсов Р65 производится на брусьях типа 0, из

рельсов Р50 и Р43 на главных и прямо-отправочных путях — на брусьях типа 0, а на остальных станционных путях — на брусьях типов I и II. Обыкновенные стрелочные переводы из рельсов типа I-а, Р38 и слабее укладываются на главных и прямо-отправочных путях на брусьях типов I и II, на остальных станционных путях — на брусьях типов III и IV.

В местах укладки связных полос, стрелочных и упорных башмаков и специальных подкладок, ширина которых равна 18—20 см, должны укладываться уширенные брусья. Кроме того, уширенные брусья укладываются под передними и задними стыками крестовин, а в перекрестных переводах — под задними стыками рамных рельсов.

Меры, принимаемые для предохранения переводных брусьев от гниения и механического износа, те же, что и для шпал.

Мостовые брусья служат для укладки по ним пути на металлических и деревянных мостах. Они изготовляются из сосны, лиственницы, кедра и дуба и, как правило, пропитываются масляными антисептиками. Брусья опиливаются с двух или четырех сторон.

Размер поперечных сечений мостовых брусьев: 20 × 24 см, 22 × 26 см и 22 × 28 см, длина — 3,2; 4,2 и 5,2 м. Отклонения от указанных размеров допускаются: по длине ±20 мм, по высоте и толщине +5 и —2 мм.

Все брусья маркируются перед укладкой. Маркировка наносится на торцы отбойным клеймом, штампом или кистью (несмываемой краской).

## Рельсы

Рельсы предназначаются для направления движения колес подвижного состава, непосредственного восприятия давления от них и передачи этого давления на шпалы или брусья.

Направление колес подвижного состава по железнодорожному пути достигается тем, что колеса имеют специальные бортики — реборды, которые упираются с внутренней стороны колеи в рельсы. Это и заставляет движущийся подвижной состав поворачивать по направлению, определяемому рельсами.

Чтобы отвечать своему назначению, рельсы должны быть достаточно твердыми и износостойкими, прочными,

устойчивыми против опрокидывания и не заключать в себе излишнего металла.

Твердость необходима рельсам для того, чтобы они не расплющивались (особенно в стыках) от ударов колес подвижного состава и меньше изнашивались от трения. В то же время рельсы не должны быть хрупкими, чтобы не ломаться под воздействием нагрузок; они должны быть достаточно вязкими.

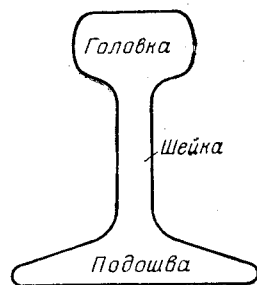


Рис. 37. Поперечное сечение рельса

Прочность рельсов зависит как от материала, из которого они изготавливаются, так и от формы их поперечного сечения. Материалом для изготовления рельсов является специальная рельсовая сталь, одинаково хорошо сопротивляющаяся растягивающим и сжимающим усилиям. Наилучшей формой поперечного сечения рельсов из такого материала при минимальном расходе металла является двутавровое сечение, так как оно лучше других сопротивляется изгибу, на который в основном и работает рельс. Поперечное сечение рельсов поэтому представляет собой форму, близкую к поперечному сечению двутавровой балки; вместо верхней полки, имеющейся у двутавра, у рельса сделана более массивная головка (рис. 37). Это вызвано тем, что головка должна иметь запас металла на истирание, так как по ней происходит качение колес подвижного состава.

Устойчивость рельса к опрокидыванию достигается наличием широкой подшвы, которой он опирается на опоры.

Рельсы изготавливаются путем проката слитков рельсовой стали. Сталь для них изготавливается двумя способами: бессемеровским и мартеновским. Основными материалами при производстве стали мартеновским способом являются чугун и стальной лом, при бессемеровском — чугун.

Рельсовая сталь по своему химическому составу должна удовлетворять требованиям стандарта. Кроме железа, которого в стали около 98%, мартеновская сталь, например, должна иметь углерода 0,55—0,7%, марганца 0,6—0,9%, кремния 0,13—0,28%, фосфора и серы не более чем по 0,05%. Увеличение содержания углерода увеличивает твердость стали, но одновременно увеличивает ее хрупкость. Марганец и кремний являются полезными примесями, увеличивающими твердость стали, а фосфор и сера — вред-

ными примесями, увеличивающими ее хрупкость. Сера вредна тем, что делает металл ломким в горячем состоянии (красноломким), а фосфор — ломким в холодном состоянии (хладноломким). Поэтому стандартом устанавливаются строгие ограничения в допускаемых количествах этих примесей.

Сваренная сталь, по своему качеству отвечающая техническим требованиям, разливается в изложницы (формы), где застывает в виде слитков, которые затем направляются в прокатный цех.

Перед прокатом слиток разогревается до необходимой температуры и обжимается на блюминге, принимая форму прямоугольного сечения. Обжатый слиток называется блюмсом. Блюмсы направляются на прокатный стан, где подвергаются прокатке между вращающимися валками, имеющими ручки. Таких валков несколько, ручки в них разного сечения, последние из валков имеют ручки, соответствующие профилю рельса. Проходя между валками, блюмс уменьшается в поперечном сечении, постепенно удлиняется и достигает размера поперечного сечения рельса. Полученные полосы рельсов длиной около 100 м направляются под пилу и в горячем состоянии разрезаются на отдельные рельсы требуемой длины. Затем рельсы подвергаются отделке: правке в горячем и холодном состоянии, высверливанию отверстий для болтов, удалению заусенцев, оставшихся от прокатки, и др.

Контроль качества рельсов производится отделом технического контроля завода-изготовителя, а приемка их — представителем заказчика (инспектором МПС). При приемке определяется химический состав рельсовой стали, рельсы испытываются на удар, излом, растяжение, твердость и др. В зависимости от качества рельсы относятся к первому или второму сорту.

Характеристикой типов рельсов, принятой в СССР, являются размеры их поперечного сечения и вес 1 пог. м в килограммах.

До 1947 г. на наших железных дорогах применялись четыре стандартных типа рельсов: I-а, II-а, III-а и IV-а. В 1947 г. по новому стандарту приняты типы рельсов Р38 (бывший тип II-а), Р43, Р50, а позднее — Р65; для особо грузонапряженных линий предполагается выпускать более мощный рельс Р75. Буква Р в обозначении типа рельса является первой буквой слова «рельс», цифры означают вес 1 пог. м рельса с округлением до 1 кг.

Кроме этих типов рельсов, на второстепенных и станционных путях продолжают лежать в пути рельсы старых, более легких типов.

Нормальная длина новых стандартных рельсов принята 12,5 и 25 м. Допускаются к укладке на станционных путях и в исключительных случаях на прямых участках главных путей протяжением не менее 1 км рельсы так называемой льготной длины 12 и 11 м. Льготная длина рельсов установлена для уменьшения количества отходов при их производстве.

Так как внутренняя нить рельсовой колеи на кривых участках пути короче наружной, а стыки рельсов должны располагаться по наугольнику, во избежание их забега для укладки на внутренней нити в кривых участках изготавливаются укороченные рельсы: к 12,5-м рельсам — длиной 12,46; 12,42 и 12,38 м (укорочение на 40, 80 и 120 мм) и к 25-м рельсам — 24,96; 24,92; 24,88 и 24,84 м (укорочение на 40, 80, 120 и 160 мм).

Рельсы старых типов имеют длину 10; 10,67; 12,5; 12,8 и 15 м. Наибольшее распространение получили рельсы длиной 12,5 м; для укладки в кривых к этим рельсам изготавливались укороченные рельсы длиной 12,38; 12,42 и 12,46 м.

Основные размеры и вес рельсов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Основные размеры и вес рельсов

Тип рельса	Высота рельса в мм	Размеры головки в мм		Толщина шейки в мм	Размеры подошвы в мм		Вес в кг	
		ширина	высота		ширина	высота	пог. м	одного рельса длиной 12,5 м
P65	180	76	45	17	150	30	64,90	812,0
P50	152	70	42	15,5	132	27	51,51	643,5
P43	140	70	42	14,5	114	27	44,65	557,7
P38								
(II-a)	135	68	40	13	114	24	38,42	479,8
I-a	140	70	44	14	125	25	43,57	544,1
III-a	128	60	37	12	110	23	33,48	418,1
IV-a	120,5	53,5	40	12	100	21,5	30,89	385,8

По Техническим указаниям по устройству и укладке верхнего строения железнодорожного пути, 1954 г., на главных путях дорог I категории должны укладываться новые

рельсы P50 и тяжелее, II категории — новые рельсы P50 и P43, III категории — новые рельсы P43 и в отдельных случаях старогодные рельсы P43 и P38; на прямо-отправочных путях — новые P43, старогодные не слабее P38 и старогодные не слабее III-a; на прочих станционных путях дорог всех категорий — старогодные не слабее III-a.

Для обеспечения соединения рельсов между собой в непрерывную рельсовую нить они имеют на концах отверстия.

Как известно, рельсы при нагревании удлиняются, а при охлаждении укорачиваются. Чтобы дать возможность рельсам изменять свою длину, их укладывают не впритык один к другому, а на некотором расстоянии, называемом зазором. Отверстия в рельсах, в которых проходят болты, скрепляющие рельсы, делаются овальной формы с расположением длинной стороны овала вдоль рельса. Такая форма дыр позволяет концам рельсов перемещаться при изменении температуры, не изгибая болты. Для разных типов рельсов установлены разные размеры отверстий — от  $30 \times 38$  мм до  $23 \times 31$  мм.

Вместо овальных отверстий в рельсах длиной 12,5 м допускается делать круглые отверстия диаметром 31,5 мм; перемещение концов рельсов происходит в этом случае за счет зазора между стенками отверстия и путевым болтом.

Все рельсы при их изготовлении маркируются. На шейке рельса накатываются выпуклые (в 1 мм) цифры и буквы высотой не менее 20 мм в следующем порядке:

— марка завода (буквенная), например, КМК — Кузнецкий металлургический комбинат;

— обозначение рода стали (М — мартемовская, Б — бес-семеровская);

— год и месяц изготовления рельса (например, V 1956);

— тип рельса (например, P50);

— обозначение рода термической обработки (например, 3 — закалка концов).

Независимо от знаков, перечисленных выше, на шейке каждого рельса с той же стороны, где и эти знаки, впереди них, выбивают номер плавки и порядковый номер рельса (1 или 2) от усадочного конца слитка стали. Номера плавки и порядковые номера рельсов также выбиваются на торце подошвы.

На торцах головки рельса 1-го сорта ставятся инспекторские клейма: «серп и молот» и «клюш и молоток», которые обводятся белой масляной краской по контуру торца

головки. На рельсах 2-го сорта ставятся два клейма «ключ и молоток», подошва и половина шейки окрашиваются масляной красной краской, а марка завода на шейке пересекается посередине при помощи крейцмейселя на ширину около 5 мм и глубину выпуклости знаков.

На забракованных рельсах инспекторских клейм не ставится, вдоль всех знаков заводской маркировки делается вырубка крейцмейселем и торцы рельсов окрашиваются синей краской.

Укороченные рельсы дополнительно маркируются окраской белой масляной краской левого угла торца подошвы при укорочении на 40 мм и обоих углов торца подошвы при большем укорочении.

Пример маркировки рельсов приведен на рис. 38.

Срок службы рельсов при нормальных условиях эксплуатации и при соблюдении требований по текущему содержанию пути зависит от размера грузооборота дороги и составляет в среднем 20—22 года. Рельсы снимаются с пути по достижении установленных предельных норм износа или при обнаружении в них дефектов, угрожающих безопасности движения поездов.

Износ рельсов происходит как по верху головок (вертикальный износ), так и по боковой грани головок (боковой износ). В кривых участках пути рельсы изнашиваются сильнее, чем в прямых; чем кривая круче, тем больше износ.

Вертикальный износ измеряется на расстоянии 6—8 см от конца рельса, а боковой износ — на высоте 13 мм от поверхности катания бандажа по рельсу.

Износ рельсов нормируется по так называемому приведенному износу, который равен вертикальному износу плюс величина бокового износа, деленная пополам. Так, если вертикальный износ равен 5 мм, а боковой 6 мм, то приведенный износ будет равен 8 мм.

Приведенный износ рельсов, лежащих в главных путях, допускается не более 9 мм для рельсов типов РЗ8 и тяжелее и не более 6 мм для рельсов более легких типов.

Наиболее распространенными дефектами рельсов являются:

- изломы и трещины в концах по болтовым отверстиям и вне их;
- продольное расслоение головки, отколы головки и изломы рельсов вследствие расслоения;
- смятие головок рельсов в стыках или по всей длине;

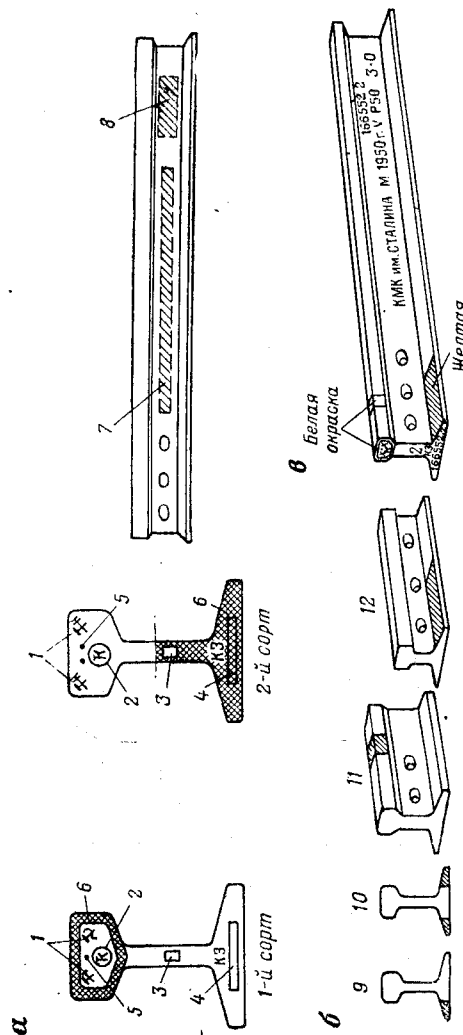


Рис. 38. Маркировка железнодорожных рельсов на заводах:

а — основная маркировка на торце и на шейке по длине рельса; 1 — инспекторские клейма МПС; 2 — клейма ОТК завода; 3 — место нанесения порядкового номера (1 и 2) головного рельса; 4 — место нанесения номера плавки стали; 5 — предварительная маркировка керном; 6 — место нанесения краски (в рельсах 1-го сорта — белой, 2-го сорта — красной); 7 — место нанесения наименования завода-изготовителя, рода стали, года и месяца изготовления, типа рельса и рода термической обработки; 8 — место нанесения номера рельса; б — дополнительные маркировки: 9 — окраска левого угла торца подошвы белой масляной краской — рельс укорочен на 40 мм; 10 — то же на обоих углах — укорочен на 80 мм; 11 — белая полоса на поверхности и боковых гранях головки — рельс имеет закаленные концы (на торце рельса в этом случае выбиваются буквы КЗ); 12 — окраска желтой краской верхних поверхностей подошвы — рельс по содержанию углерода твердый; в — пример маркировки: рельс изготовлен Кузнецким металлургическим комбинатом им. Сталина из марганцевой стали в мае 1930 г., тип Р50, подвергнут замедленному охлаждению, сталь плавки № 166534 разлита из второго ковша, второй порядковый от головы слитка, с закаленными концами, по содержанию углерода — твердый

— изломы и трещины вследствие волосовин и закатов на подошве;

— поперечные изломы без видимых дефектов;

— поперечные изломы и трещины в рельсах по сварному стыку;

— закалочные трещины от скольжения колес при торможении (юза);

— поперечные изломы со светлым или темным овальным пятном в головке;

— продольная трещина под головкой рельса посередине шейки, выкол шейки и подошвы в виде арки;

— раковины на головке и ржавление подошвы рельсов.

Причинами выхода рельсов из пути из-за изломов и других дефектов являются как неудовлетворительное состояние пути и наличие отступлений от норм содержания его, так и наличие в рельсах дефектов, допущенных при их изготовлении. Отступление от норм содержания пути способствует ускорению выхода рельсов по заводским причинам.

Для обнаружения дефектных рельсов каждый месяц производится сплошной осмотр рельсов независимо от их обычных осмотров при текущем содержании пути. При осмотре для обнаружения дефектов рельсов применяются специальные приборы — дефектоскопы, а также различные приспособления: щупы, зеркальца, лупы, молоточки с пружинной рукояткой и др.

Все обнаруженные дефектные рельсы (в том числе и с износом более допустимого) подлежат замене в плановом порядке, а остродефектные рельсы — немедленно по обнаружении.

К дефектным рельсам главных и приемо-отправочных путей относятся рельсы:<sup>1</sup>

— имеющие на всем протяжении приведенный износ: в главных путях — более 9 мм для типов Р38 и тяжелее и более 6 мм для рельсов более легких типов; в приемо-отправочных путях соответственно более 12 и 9 мм;

— имеющие горизонтальный износ боковых граней головки более 5 мм с каждой стороны или более 10 мм с одной стороны для рельсов типов I-а и Р38, соответственно

<sup>1</sup> Классификация признаков дефектных и остродефектных рельсов, а также технические условия на укладку в путь старогодных рельсов, приведенные далее, излагаются применительно к Инструкции по предупреждению изломов и повреждений рельсов в пути ЦП с изменениями, установленными приказом МПС № 74/ЦЗ от 15 апреля 1955 г.

6 и 11 мм для рельсов типа Р43; 7 и 13 мм для рельсов типа Р50; 8 и 15 мм для рельсов типа Р65 и 4 и 7 мм для рельсов типа легче Р38;

— имеющие волнообразный износ с глубиной впадин более 3 мм на участках при скоростях движения до 50 км/час или более 2 мм на участках при скоростях движения свыше 50 км/час;

— имеющие провисшие концы в стыках более 5 мм, в том числе и смятие головки от расплющивания, а также рельсы с расплюснутыми концами с уширением головки внутрь колеи на величину, не допускающую содержание пути по ширине колеи в пределах установленных допусков;

— выбоксованные на глубину более 2 мм;

— с изношенной или изъеденной ржавчиной подошвой по толщине на величину более 4 мм для рельсов типа Р38 и тяжелее и более 3 мм для рельсов более легких типов; измерение производится у края подошвы;

— имеющие местный износ подошвы от костылей на величину 5 мм и более;

— короче 4,5 м и с отрубленными или отрезанными автогеном концами независимо от длины, а также рельсы с прожженными, простреленными и с нестандартными болтовыми отверстиями;

— имеющие продольную горизонтальную трещину под головкой или посередине шейки длиной более 30 мм, но не выходящую в торец рельса, а также красноту под головкой независимо от ее длины;

— имеющие выкрашивание наплавленного или закаленного слоя на длину более 25 мм;

К остродефектным рельсам на главных и приемо-отправочных путях относятся рельсы:

— имеющие трещины под головкой, начинающиеся с торца с одной или двух сторон шейки независимо от длины этой трещины, трещины по болтовым отверстиям или выкол части головки;

— имеющие продольное вертикальное или горизонтальное расслоение, выходящее или не выходящее на поверхность рельса, в том числе имеющие заметное уширение при наличии ржавчины под головкой;

— имеющие серповидный выкол подошвы;

— имеющие тонкие трещины по поверхности головки от торможения (юза) или излом по этим трещинам;

— имеющие внутренние поперечные трещины головки или изломы по этим трещинам;



— имеющие продольную горизонтальную трещину под головкой или посередине шейки длиной более 30 мм, не входящую в торец рельса;

— с поперечным изломом, выколом части головки или подошвы, а также с трещинами из-за волосовин в подошве.

К дефектным рельсам станционных путей (кроме приемо-отправочных) относятся рельсы:

— с приведенным износом головки более 17 мм для рельсов типа Р38 и тяжелее и более 13 мм для рельсов более легких типов;

— с трещинами в головке, шейке, подошве и в местах перехода шейки в головку или подошву;

— с выколом подошвы;

— с расплюснутыми и провисшими концами в стыках на 8 мм и более, а также с уширением головки внутрь колеи на величину, не допускающую содержание пути по ширине колеи в пределах установленных допусков;

— короче 4,5 м.

К остродефектным рельсам станционных путей (кроме приемо-отправочных) относятся рельсы, имеющие поперечный излом, выкол головки, вертикальный износ, при котором реборды колес задевают гайки путевых болтов, и рельсы с другими дефектами, необходимость замены которых определяется дорожным мастером в зависимости от условий работы и назначения пути.

Старогодные рельсы. Рельсы, снятые с пути при замене их на более тяжелые вследствие увеличения грузонапряженности дороги или из-за износа до допустимого предела, а также из-за наличия дефектов, называются старогодными. В зависимости от степени их годности и возможности дальнейшего использования эти рельсы рассортировывают на четыре группы:

— 1-я группа — рельсы, годные для укладки в главный путь при одиночной или сплошной замене без ремонта их;

— 2-я группа — рельсы, годные для укладки в главный путь после ремонта их;

— 3-я группа — рельсы, годные для укладки в станционные пути, подъездные, карьерные и рабочие пути как без ремонта, так и после производства ремонта;

— 4-я группа — рельсы, непригодные для укладки в путь.

К 1-й группе относятся старогодные рельсы, удовлетворяющие следующим требованиям:

— имеющие приведенный износ не более 7 мм для рельсов типа Р38 и тяжелее при укладке их сплошными участками на линиях с грузонапряженностью более 5 млн. т/км/км в год, не более 8 мм для этих же рельсов и не более 5 мм для рельсов типа III-а и легче при укладке их на малодеятельных линиях и соответственно не более 9 мм и 6 мм при одиночной замене на главных и боковых направлениях;

— имеющие горизонтальный износ боковой грани головки не более 5 мм с каждой стороны или не более 10 мм с одной стороны для рельсов типов I-а и Р38, соответственно 6 и 11 мм для рельсов типа Р43, 7 и 13 мм для рельсов типа Р50, 8 и 15 мм для рельсов типа Р65 и 4 и 7 мм для рельсов типа III-а и легче;

— имеющие длину не менее 9 м для рельсов типа III-а и тяжелее, не менее 7 м для рельсов типа легче III-а и не менее 4,5 м при укладке стрелочных переводов;

— имеющие прогнутость концов и смятие головки в общей сумме не более 2 мм для линий с грузонапряженностью более 5 млн. т/км/км в год и не более 3 мм на малодеятельных линиях;

— имеющие наибольший суммарный износ на рабочих поверхностях под головкой и у подошвы рельсов от накладок не выше 2 мм;

— имеющие кривизну в горизонтальной плоскости не более 1/500 длины;

— не являющиеся дефектными.

Ко 2-й группе относятся старогодные рельсы, которые после ремонта отвечают требованиям, предъявляемым к рельсам 1-й группы.

Ремонт рельсов производится при помощи электроконтактной сварки, электродуговой и газовой наплавки изношенных концов, а также обрезки концов рельсов. Длина отремонтированных старогодных рельсов должна быть не менее указанной для рельсов 1-й группы, а длина сварных рельсов — 12,5 и 25 м, в отдельных случаях — 15 м.

К 3-й группе относятся старогодные рельсы, удовлетворяющие следующим требованиям:

— имеющие приведенный износ не более 12 мм для рельсов Р38 и тяжелее и не более 9 мм для рельсов более легких типов при замене и укладке на приемо-отправочных путях; имеющие соответственно не более 17 и 13 мм при замене и укладке на всех остальных станционных, а также на подъездных, карьерных и рабочих путях;

— имеющие горизонтальный износ боковой грани головки рельса: для замены на приемо-отправочных путях не более 5 мм с каждой стороны или не более 10 мм с одной стороны для рельсов типов I-а и Р38, соответственно 6 и 11 мм для рельсов типа Р43, 7 и 13 мм для рельсов типа Р50, 8 и 15 мм для рельсов типа Р65 и 4 и 7 мм для рельсов типа легче Р38; для замены на остальных станционных, а также на подъездных и карьерных, на которых не обращаются организационные поезда, и рабочих путях для рельсов типа Р38 и тяжелее не более 10 мм с каждой стороны или не более 15 мм с одной стороны, для рельсов более легких типов не более 7 мм с каждой стороны или не более 10 мм с одной стороны;

— имеющие прогнутость концов и смятие головки в сумме не более 3 мм;

— имеющие суммарный износ поверхностей под головкой и у подошвы от накладок не более 3 мм;

— имеющие вмятины или забоины глубиной не более 3 мм и плавный износ кромки подошвы от костылей не более 5 мм; уменьшение толщины подошвы вследствие коррозии не более 50% толщины у ее края;

— не являющиеся дефектными, а также имеющие признаки дефектности, которые могут быть удалены ремонтом;

— имеющие длину не менее 7 м, а для сварных рельсов — 12,5 и 25 м.

К 4-й группе относятся только те рельсы, которые даже ремонтом — электроконтактной сваркой или другими способами — невозможно привести в состояние, пригодное для укладки в карьерные пути, пакгаузные и другие тупиковые станционные пути. К таким рельсам относятся куски короче 2 м, рельсы, имеющие сплошной износ более допускаемого для рельсов 3-й группы, рельсы, резко искривленные и скрученные, а также с трещинами и пороками, если из них нельзя вырезать годного куска длиной не короче 2 м.

Перед сплошной сменой рельсов на обоих рельсовых нитях с внутренней стороны колеи посередине звена, на шейке, наносится масляной краской горизонтальная черта длиной около 20 см.

После снятия рельсы тщательно осматриваются и по результатам осмотра маркируются следующим образом. На шейке каждого рельса со стороны, где нанесена черта, на расстоянии от торца около 1 м указывается масляной краской группа годности, тип и длина рельса, при этом на рельсах, годных для укладки в путь без ремонта, цифра,

указывающая группу, обводится кружком (рис. 39). Длина рельсов указывается с точностью до 1 см.

Рельсы 2-й и 3-й групп после ремонта должны быть замаркированы вновь; старая маркировка при этом закрашивается или удаляется.

После ремонта рельсов при помощи сварки, кроме указанной маркировки, на торцах головки ставится клеймо, представляющее собой дробь, в числителе которой указывается номер рельсосварочного поезда, год ремонта (двумя

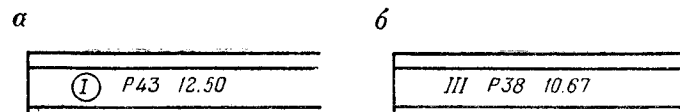


Рис. 39. Пример маркировки старогодных рельсов:

а — рельс типа Р43 длиной 12,5 м первой группы, годный для укладки в главный путь без ремонта; б — рельс типа Р38 длиной 10,23 м, третьей группы, подлежащий ремонту

последними цифрами) и группа рельса (Г — годный для укладки в главный путь, ГМ — годный для укладки в малодействительный главный путь, С — годный для укладки во все станционные пути, СП — годный для укладки в станционные пути, кроме приемо-отправочных), а в знаменателе — порядковый номер сварного рельса, например 13—58—С.  
451

Повторная укладка старогодных рельсов в путь производится так, чтобы маркировка на шейке была обращена внутрь колеи.

При восстановлении верхнего строения пути допускается в главные и станционные пути добавлять рельсы на один тип легче, чем рельсы восстанавливаемого пути, но не легче типа III-а. Допускается также укладка в путь рельсовых рубок не короче: на кривых радиусом менее 1500 м — 6 м, на прямых и кривых радиусом более 1500 м — 4,5 м. Отверстия для болтов в рельсовых рубках просверливаются или пробиваются пороховыми дыропробойниками. Рельсовые стыки при укладке рубок разрешается располагать вразбежку; в стыке допускается сболчивание накладок четырьмя болтами (по два болта на каждый конец рельса).

### Скрепления

Скрепления служат для прикрепления рельсов к шпалам, соединения отдельных рельсов между собой в

непрерывную рельсовую нить и для предотвращения смещения рельсов вдоль пути под воздействием поездов.

Скрепления, предназначенные для прикрепления рельсов к шпалам, называются промежуточными. На железных дорогах СССР к этим креплениям относятся подкладки, костыли и путевые шурупы.

Скрепления, предназначенные для соединения рельсов между собой, называются стыковыми. К ним относятся накладки, путевые болты с гайками и шайбы.

Скрепления, предназначенные для предотвращения смещения рельсов вдоль пути, называются противоугонами. Они бывают клиновые и пружинные.

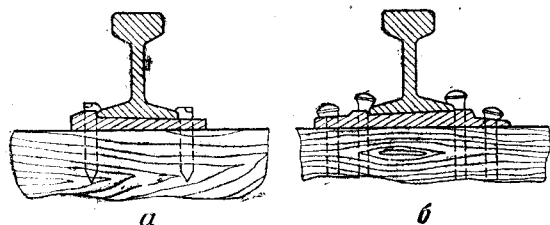


Рис. 40. Промежуточные крепления:  
а — нераздельные; б — смешанные

К каждому типу рельсов имеется свой комплект креплений. В некоторых случаях отдельные элементы креплений могут подходить к двум и более типам рельсов. Эти элементы для таких типов рельсов называются взаимозаменяемыми.

Промежуточные крепления служат для обеспечения устойчивого положения рельсовой нити на опорах и противодействия опрокидыванию и сдвигу рельсов в поперечном направлении.

В зависимости от способа прикрепления рельсов к шпалам промежуточные крепления делятся на три основных вида:

- нераздельные, при которых рельсы и подкладки прикрепляются непосредственно к шпалам одними и теми же костылями или шурупами (рис. 40, а);

- раздельные, при которых рельсы прикрепляются к подкладкам, а подкладки в свою очередь отдельно от рельсов прикрепляются к шпалам (см. рис. 221);

- полураздельные, при которых рельсы и подкладки с одной стороны прикрепляются к шпале, как при нераз-

дельном скреплении, а с другой стороны — как при раздельном скреплении (см. рис. 221).

Кроме этих видов креплений, применяются так называемые смешанные скрепления, при которых рельсы и подкладки прикрепляются к шпалам, как при нераздельном скреплении, и, кроме того, подкладки дополнительно прикрепляются к шпале (рис. 40, б).

Простейшим видом креплений является прикрепление рельсов к шпалам костылями или шурупами без укладки подкладок. На дорогах СССР такое крепление сохранилось лишь на малодеятельных станционных путях и на некоторых ветвях, так как из-за малой площади опирания рельсов на шпалы последние испытывают от подвижного состава очень большие напряжения, сминающие древесину, что ведет к быстрому механическому износу шпал. При таком скреплении необходимо затесывать шпалы для создания подуклонки рельсов (см. рис. 56), что ослабляет сечение шпалы и способствует более быстрому ее загниванию. Кроме того, при этом скреплении костыли или шурупы, прикрепляющие рельс к шпале, с каждой стороны рельса разобщенно сопротивляются его поперечному сдвигу, что является одним из недостатков скрепления.

Преимущество простейшего скрепления — простота устройства и малый расход металла.

Простейшие скрепления в настоящее время встречаются на главных путях железных дорог Франции, где рельсы имеют сравнительно широкую подошву, а шпалы дубовые и других прочных пород древесины.

Нераздельные скрепления применяются на наших дорогах очень широко. Преимуществом их является: меньшая величина напряжения в шпалах от подвижного состава, так как подкладка имеет большие размеры опорной площади, чем площадь опирания рельса непосредственно на шпалу, и большая величина сопротивления поперечному сдвигу рельсов, так как благодаря подкладке отжатию рельса сопротивляются все костыли. К недостаткам этого типа креплений относятся: большой расход металла на подкладки и повышенный механический износ шпал вследствие перетирания древесины от вибрации подкладок и от выдергивания костылей или вывинчивания шурупов при перешивке пути.

Вибрация подкладок (перемещение их на небольшую величину вдоль и поперек шпалы) происходит из-за их сотрясений от воздействия колес на рельсы, так как размеры

отверстий в подкладке и размеры костылей или шурупов имеют определенные производственные допуски.

С нераздельными креплениями на наших дорогах уложены рельсы всех старых типов.

Раздельные крепления на железных дорогах СССР, кроме линий метрополитена, не применяются. За границей, особенно в Германии, этот тип креплений распространен довольно широко.

В немецком раздельном креплении типа «К» (см. рис. 221) подкладка прикрепляется к шпале четырьмя шурупами, а рельс к подкладке — при помощи двух клемм, прижимаемых к его подошве фасонными болтами.

Недостатками раздельных креплений являются их сложность и большой расход металла, а достоинством — уменьшение механического износа шпал, так как отсутствует вибрация подкладок, а динамические воздействия подвижного состава не передаются непосредственно на костыли или шурупы.

Полураздельные крепления на наших дорогах также не применяются. Одна из конструкций немецкого полураздельного крепления приведена на рис. 221. Рельс и подкладка с одной стороны прикреплены к шпале шурупом, с другой стороны рельс прикреплен к подкладке ее выступом, а подкладка к шпале — отдельным шурупом.

Смешанные крепления приняты на железных дорогах СССР как типовые при укладке рельсов типа Р43 и тяжелее. Рельс и подкладка на прямых участках и на кривых с радиусом более 650 м прикрепляются к шпале двумя костылями, а на кривых радиусом 650 м и менее — тремя костылями, и, кроме того, подкладка прикрепляется к шпале дополнительно двумя костылями.

При смешанном виде креплений вибрация подкладки уменьшается, но полностью не устраняется.

Подкладки служат для того, чтобы передавать давление рельса на большую площадь шпал и увеличивать сопротивление рельса отжатию; благодаря подкладкам отжатию сопротивляются все костыли одновременно.

На наших железных дорогах раньше применялись плоские безребордные подкладки. На эти подкладки расходовалось сравнительно немного металла, но при укладке пути с ними требовалось производить затеску шпал для создания подуклонки рельсов. Недостатком их также являлся большой износ костылей под головками и краев по-

дошвы рельсов, так как подошва упиралась непосредственно в стержень костыля.

Для рельсов типов I-а, II-а, III-а и IV-а вместо этих подкладок были введены клинчатые одноребордчатые трехдырные подкладки (рис. 41, а). Нижняя поверхность клинчатых подкладок, которой они укладываются на шпалу, горизонтальная, а верхняя, на которую опирается подошва рельса, имеет наклон в 1/20; затески поверхности шпал

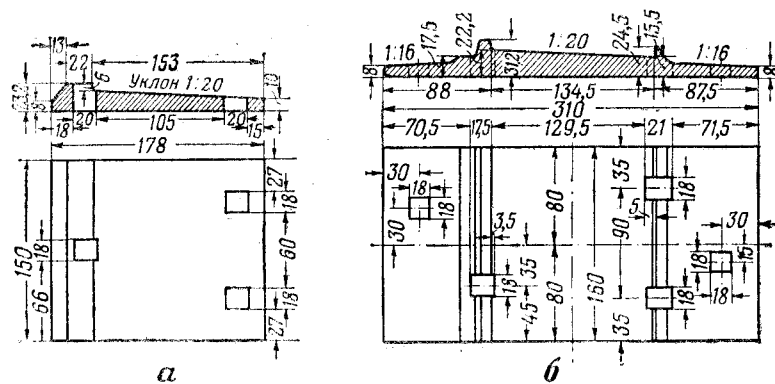


Рис. 41. Клинчатые подкладки:

а — одноребордчатая к рельсу типа III-а; б — двухребордчатая к рельсу типа P50

для создания подуклонки рельсов при применении этих подкладок, таким образом, не требуется. Наличие у подкладки реборды затрудняет боковое перемещение рельса и предохраняет один костыль от подтачивания подошвой рельса.

Клинчатая одноребордчатая подкладка укладывается в путь так, чтобы реборда с одним отверстием для костыля была с наружной стороны колеи, а два отверстия для костылей — с внутренней стороны колеи. Такое расположение подкладки вызывается тем, что рельс под воздействием подвижного состава, стремясь сдвинуться в наружную сторону, упрется в реборду (тем самым будет исключено подтачивание стержня костыля и подошвы рельса), а стремясь опрокинуться в наружную сторону, встретит сопротивление двух костылей, а не одного, как это было бы при расположении подкладки ребордой внутрь колеи.

С целью увеличения площади опирания подкладки, а также с целью уменьшения износа подошвы рельса и ко-

стылей для рельсов типов I-а и II-а была принята трехдырная клинчатая двухребордчатая подкладка.

В настоящее время<sup>1</sup> для рельсов типа Р65 принята шестидырная двухребордчатая клинчатая подкладка с наклоном поверхности в 1/40, а для рельсов типов Р50 и Р43 — пятидырная двухребордчатая клинчатая подкладка (рис. 41, б).

Размеры и вес подкладок приведены в табл. 5.

Таблица 5

Размеры и вес подкладок

Тип рельса	Наименование подкладок	Количество дыр	Размеры в мм			Площадь в см <sup>2</sup>	Вес в кг
			ширина	длина	толщина (наибольшая)		
Р65	Двухребордчатая	6	360	165	34,6	594	7,91
Р50	То же	5	310	160	31,2	496	5,80
Р43	"	5	290	160	30,3	464	5,25
Р43, I-а и Р38	"	3	260	150	29,4	390	5,02
I-а	"	3	260	150	28,3	390	4,85
Р38	"	3	260	150	29,4	390	4,95
I-а	Одноребордчатая	3	209	150	24,5	314	3,69
Р38	То же	3	194	150	23,8	291	3,34
III-а	"	3	178	150	23,2	267	3,06
IV-а	"	3	164	150	21,6	246	2,58

Подкладки изготавливаются из полос, прокатанных из мартеновской или бессемеровской стали. Наружная поверхность их должна быть чистой, не иметь трещин, заусенцев, закатов. Поверхности прилегания подкладки к рельсу и шпале должны быть плоскими, без выпуклостей и вогнутостей.

Костыли и шурупы служат для предотвращения опрокидывания и сдвига рельсовой нити поперек пути.

На наших железных дорогах костыли применяются двух видов (рис. 42): с квадратной головкой (старый тип) и с овальной головкой (новый тип). Костыли с квадратной головкой для рельсов всех старых типов выпускались до 1945 г., в настоящее время они изготавливаются в небольших количествах только для рельсов типа IV-а и слабее. Ко-

<sup>1</sup> Для рельсов Р65 — по ГОСТ 8194—56, для рельсов Р50 и Р43 — по ГОСТ 7050—54.

стыли с овальной головкой применяются ко всем рельсам типа III-а и тяжелее.

В зависимости от длины костыли подразделяются на нормальные длиной 165 мм и удлиненные длиной 205, 230, 255 и 280 мм. Удлиненные костыли применяются для исправления пути на пучинах.

На поверхности костыля не должно быть пережатых мест, трещин и окалины. Поверхность стержня костыля должна быть ровная, под головкой не допускается складок металла высотой более 2 мм. Вес костыля нормальной длины 378 г.

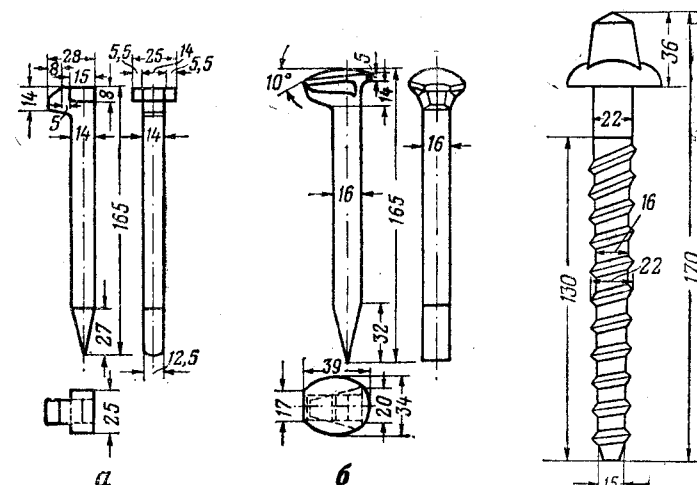


Рис. 42. Костыли:

а — с квадратной головкой; б — с овальной головкой

Рис. 43. Путьевой шуруп

Путьевые шурупы в зависимости от их назначения разделяются на три типа: I тип — для нераздельного типа рельсового скрепления, II тип — для подкладок раздельного типа скрепления и III тип — стрелочный (рис. 43). Они имеют четырехгранную головку, чтобы их можно было заворачивать и отворачивать торцовыми ключами.

Шурупы благодаря своей нарезке сильнее, чем костыли, сопротивляются выдергиванию, но слабее сопротивляются отжатю, так как острые грани нарезки, врезаясь в древесину шпалы, измочаливают ее.

На железных дорогах СССР преимущественно применя-

ются костыли (на стрелочных переводах — шурупы), а на дорогах Западной Европы — шурупы.

**Рельсовые стыки и стыковые скрепления.** Стыком называется место соединения рельсов между собой, а скрепления, применяемые для этой цели, называются стыковыми.

Стык является самым слабым местом рельсовой колеи, так как в нем нарушается целостность рельсовой нити. Прочность рельсовой нити в стыке ослабляется еще и тем, что

температурные изменения длины рельсов вызывают необходимость оставлять между рельсами свободные промежутки, называемые зазорами.

От конструкции стыка требуется, чтобы во избежание ударов колес подвижного состава прогиб рельсов в стыке был такой же, как и на остальном протяжении рельса и чтобы стык допускал продольное перемещение рельсов при изменении температуры.

В зависимости от расположения стыков по отношению к шпалам различают следующие основные виды стыков (рис. 44):

— на весу, когда он расположен между шпалами на расстоянии между ними, достаточном для подбивки каждой шпалы с обеих сторон (рис. 44, а);

— на двоянных шпалах, когда обе стыковые шпалы сдвинуты до соприкосновения и стянуты болтом (рис. 44, б);

— на шпале (рис. 44, в).

Ни один из этих стыков не удовлетворяет требованию в отношении прогибов рельсов; достаточно удовлетворительной конструкции стыка еще нет.

Преимуществом стыков на весу является их большая упругость, недостатком — большой прогиб рельсов и большие напряжения в элементах стыковых скреплений. Стыки

на двоянных шпалах имеют меньшие прогибы концов рельсов и меньшие напряжения в элементах скреплений, но они имеют сравнительно большую жесткость, а кроме того, при их устройстве требуется дополнительный металл на болты, стягивающие шпалы. Стыки на шпалах обладают большой жесткостью и вследствие сильных ударов колес подвижного состава быстро расстраиваются.

На железных дорогах СССР принят как типовой стык на весу, но допускается и устройство стыка на двоянных шпалах (изолирующие стыки с деревянными накладками). В Западной Европе большое распространение имеют стыки на двоянных шпалах.

Стыки на обеих рельсовых нитях по отношению друг к другу на наших дорогах располагаются по наугольнику, т. е. в одном поперечном сечении, перпендикулярном оси пути. Отклонения от положения по наугольнику (забег или недобег стыков) допускаются в прямых до 10 мм, а в кривых — до 10 мм плюс половина величины укорочения рельсов, уложенных на данной кривой.

При восстановлении железных дорог рубками (кусками) рельсов стыки допускается располагать в любом положении по отношению друг к другу.

На железных дорогах Западной Европы стыки также располагаются по наугольнику, в США принято расположение их вразбежку, при котором стык на одной рельсовой нити находится против середины рельса второй рельсовой нити.

**Стыковые скрепления** — накладки, путевые болты с гайками и пружинные шайбы — служат для соединения рельсов между собой таким образом, чтобы обеспечить их неизменное правильное взаимное положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В стыке (см. рис. 48) накладки с обеих сторон рельсов вставляются в пазухи последних, образованные нижними поверхностями головок и верхними поверхностями подошв, и стягиваются болтами. Пружинные шайбы, помещенные между гайками болтов и накладками, препятствуют ослаблению стыка, так как не дают самопроизвольно развинчиваться гайкам.

Накладки разделяются на плоские и фигурные; последние в свою очередь разделяются на уголовые, фартучные и двухголовые.

Плоские накладки, применявшиеся в начале развития железных дорог, были маломощны, обладали малым сопротивлением против действия вертикальных сил и совершенно

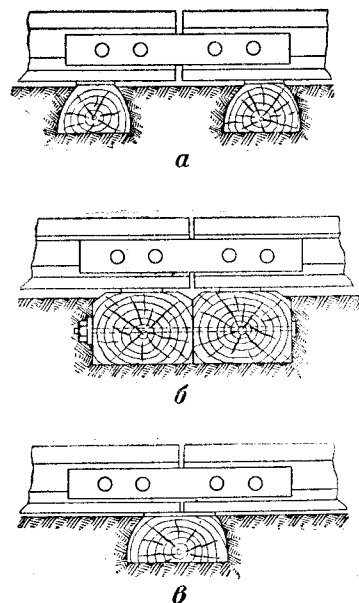


Рис. 44. Основные виды стыков:  
а — на весу; б — на двоянных шпалах;  
в — на шпале



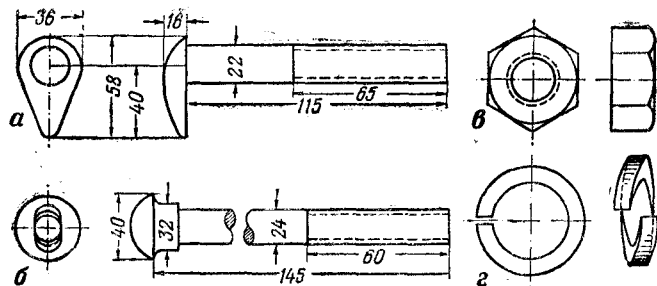


Рис. 46. Болты путевые, гайки и шайбы:

а — болт с овальной головкой к рельсам типов Р43, Р38, I-а и IV-а; б — болт с круглой головкой к рельсам типа Р50; в — гайка к путевому болту; г — шайба пружинная

Болты путевые с гайками служат для стягивания накладок при соединении рельсов в стыке. По форме головок они разделяются на два типа (рис. 46): с овальной головкой (для фартучных накладок) и с круглой головкой (для двухголовых накладок).

Таблица 6

Размеры и вес накладок

Тип рельса	Наименование накладок	Размеры в мм						Вес в кг
		диаметр круглых отверстий	размеры овальных отверстий	длина	высота	толщина (наибольшая)	расстояние от торца до оси первого отверстия и между осями отверстий	
Р65	Двухголовая	29	29:39	800	127,1	45,5	80—220—	22,35
Р50	То же	26	26:34	820	104,2	46	200—220—80 50—140— 150—140— 150—140—50	18,77
Р43, I-а, Р38	Фартучная	24	24:32	790	94,0	40	65—160— 110—120— 110—160—65	15,61
Р43, I-а, Р38		24	—	788	143,1	27	64—160— 110—120— 110—160—64	19,63
III-а		24	—	788	136,6	24	64—160— 110—120— 110—160—64	16,09
IV-а		21	—	754	121,7	19	47—160— 110—120— 110—160—47	12,14

Носик болта с овальной головкой при сболчивании и разболчивании стыка упирается в горизонтальную полку накладки и не дает вращаться всему болту. У болтов с круглой головкой во избежание их провертывания имеется утолщенный конический подголовник, который входит в овальное отверстие накладки.

В стыках с фартучными накладками два средних болта ставятся гайками внутрь колеи, остальные — гайками наружу; в двухголовых накладках — гайками наружу и внутрь колеи (через один). Такое расположение делается во избежание среза всех гаек стыка при сходе с рельсов подвижного состава.

Шайбы пружинные (рис. 46, г), надеваемые на болты под гайки, предназначаются для обеспечения постоянного упругого натяжения стыковых болтов (сила натяжения шайб сечением 9×9 мм достигает 900—1000 кг). Кроме того, острые концы шайб, въедаясь в гайку и накладку, затрудняют саморазвинчивание гайки.

Основные данные по путевым болтам, гайкам и шайбам приведены в табл. 7.

Таблица 7

Размеры и вес путевых болтов, гаек и шайб

Тип болта	Тип рельса	Болт			Гайка		Шайба	
		диаметр стержня в мм	длина стержня в мм	вес 1 болта в кг	высота в мм	вес 1 шт. в кг	поперечное сечение в мм	вес 1000 шт. в кг
С круглой головкой . . . . .	Р65	27	146	0,75	30	0,22	10×10	92
То же . . . . .	Р50	24	145	0,62	27	0,14	9×9	57
То же . . . . .	Р43, I-а, Р38	22	130	0,48	25	0,15	8×8	48
С овальной головкой . . . . .	Р43, I-а, Р38, III-а	22	115	0,42	25	0,15	8×8	48
То же . . . . .	IV-а	19	85	0,24	22	0,10	6×6	23,7

Болты с овальной головкой изготавливаются из низкоуглеродистой стали и выпускаются без дополнительной термической обработки. Болты с круглой головкой изготавливаются из углеродистой стали и подвергаются закалке.



Резьба болта не должна иметь сорванных ниток, вмятин и заусенцев, препятствующих навинчиванию гаек. Гайки должны свободно навинчиваться от руки на длину от двух до шести ниток и плотно доводиться гаечным ключом на всю длину резьбы, не срывая ее и не свертывая стержня болта.

Шайбы должны быть однообразны и правильны по форме и сечению, иметь ровную поверхность без заусенцев, трещин и других дефектов.

Для соединения в стыке двух рельсов разных типов применяются так называемые переходные накладки. Форма и размеры их должны обеспечивать совпадение поверхностей катания и рабочих боковых граней соединяемых рельсов.

Переходные накладки изготавливаются из накладок для более тяжелого из соединяемых рельсов; накладки не должны иметь болтовых отверстий. Одна половина такой накладки остается без изменения, а другая соответствующим образом обрабатывается (перегибается в вертикальной плоскости с последующей острожкой излишнего металла или на нее в необходимых местах наплавляется металл), чтобы она подошла к стыкуемому рельсу более слабого типа; отверстия для болтов просверливаются после подгонки накладки.

Переходные стыки укладываются на специальном мостике на сдвоенных шпалах (рис. 47). Детальные чертежи переходных стыков приводятся в специальных альбомах.

На главных путях стыки рельсов разных типов, как правило, свариваются; переходные накладки применяются главным образом при восстановлении фронтных железных дорог.

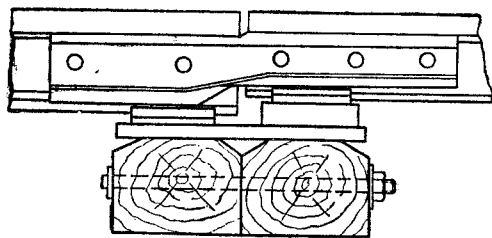


Рис. 47. Общий вид переходного стыка рельсов типов P50 и P43

Рельсовые нити на участках, оборудованных автоблокировкой и электрифицированных, используются как токопроводящие цепи. На границах этих цепей устраиваются изолирующие стыки, чтобы не допустить прохождения тока из одной цепи в другую.

Изолирующие стыки на железных дорогах СССР применяются двух видов: лигнофолевыми (прессованная, пропитанная специальными смолами древесина) накладками — к рельсам типов P43, I-a и P38 и с изолирующими прокладками и металлическими накладками обычного типа (к рельсам P50 и P65) или объемлющего типа (к рельсам P43, I-a и P38). Между торцами рельсов прокладываются прокладки из фибры, кожи или пластмассы.

Изолирующие стыки с лигнофолевыми накладками (рис. 48, а) и с изолирующими прокладками и металлическими накладками обычного типа (рис. 48, б) устраиваются на сдвоенных шпалах, а с изолирующими прокладками и металлическими накладками объемлющего типа (рис. 48, в) — на весу или на сдвоенных шпалах.

Зазоры между рельсами в изолирующих стыках устанавливаются неизменными, что достигается в стыках с лигнофолевыми накладками устройством специальных противоугонных упоров, а в стыках с металлическими накладками — соответствующим расположением отверстий для болтов.

Для обеспечения устойчивости и хорошего отвода воды

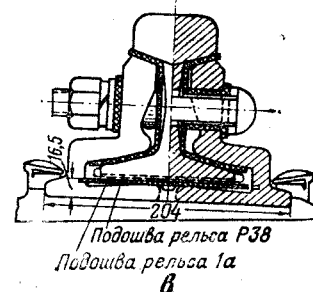
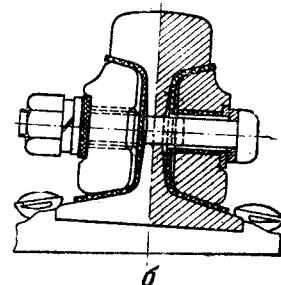
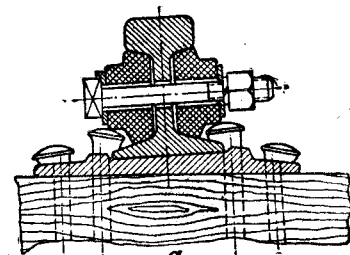


Рис. 48. Изолирующие стыки: а — с лигнофолевыми накладками для рельсов типов P43, P38 и I-a; б — с металлическими накладками для рельса типа P50; в — с металлическими накладками объемлющего типа для рельсов типов P43, P38 и I-a

изолирующие стыки укладываются на щебеночном балласте независимо от рода балласта, принятого на линии.

Для улучшения токопроводимости обычных рельсовых стыков на участках между изолирующими стыками применяются стыковые соединители:

— на электрифицированных участках — из медного троса сечением около  $100 \text{ мм}^2$ , концы которого зажимаются в манжеты, привариваемые к головкам рельса с наружной стороны колен (рис. 49, а);

— на участках с автоблокировкой при паровой тяге — из двух оцинкованных проволок диаметром около  $5 \text{ мм}$  с приваренными на концах коническими штепселями, которые плотно забиваются в специально просверленные в шейках рельсов отверстия (рис. 49, б).

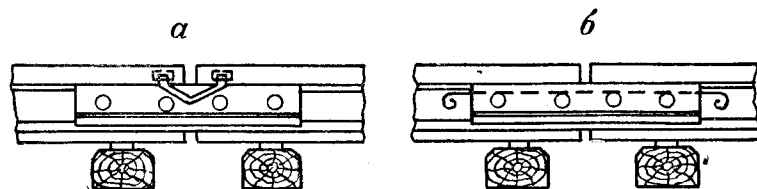


Рис. 49. Стыковые соединители:  
а — для тягового тока; б — для сигнального тока

**Противоугоны** предназначаются для предотвращения перемещения рельсов вдоль пути. Угон пути, т. е. его перемещение в продольном направлении, происходит от многих причин; главнейшими из которых являются: трение между колесами и поверхностью катания головок рельсов, особенно при торможении; удары колес о торец встречного рельса в стыках, прогибы рельса под колесами проходящих поездов; температурные удлинения рельсов и др. Силы угона очень велики и достигают  $6 \text{ т}$  на звено пути.

Угон пути проявляется сильнее всего на двухпутных участках, где по отдельным путям поезда, как правило, двигаются всегда в одном направлении. Особенно сильный угон возникает на затяжных уклонах, при маломощных рельсах, тяжелых нагрузках и пр. Угон очень сильно разрушает путь, сближая и растягивая стыковые зазоры, сдвигая со своих постелей стыковые и промежуточные шпалы.

Существуют два вида угона: угон всей рельсовой колеи по балласту и угон только одних рельсов по шпалам.

Для противодействия уgonу шпал путь укладывается на щебеночный балласт, при котором явление угона шпал почти полностью исчезает, а для противодействия уgonу рельсов применяются противоугоны.

На железных дорогах СССР применяются два вида противоугонов: клиновые и пружинные.

Клиновой противоугон (рис. 50, а) состоит из скобы, имеющей свисающий якорь, и клина. Скоба свободно надевается на подошву рельса и заклинивается клином. Про-

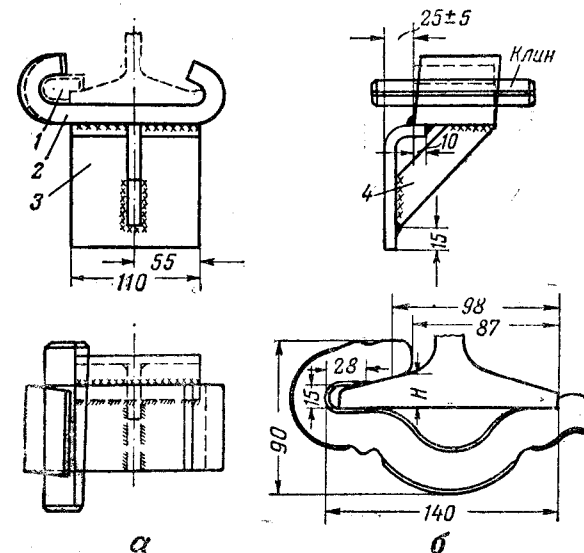


Рис. 50. Противоугоны:

а — клиновой системы Шестопалова; б — пружинный к рельсам  
Р50: 1 — клин; 2 — скоба; 3 — якорь; 4 — ребро жесткости

тивоугоны устанавливаются на оба рельса так, чтобы их якоря упирались в боковые грани шпал, что и препятствует уgonу рельсов. Между ближайшими к противоугонам шпалами ставятся деревянные распорки с тем, чтобы передать силы угона на несколько шпал. Распорки устанавливаются внутри колеи на расстоянии  $25 \text{ см}$  от подошвы рельса и плотно забиваются между шпалами таким образом, чтобы нижние грани их находились ниже уровня постелей шпал на  $1—3 \text{ см}$ , а верх распорок был ниже верхней постели шпал на  $3—4 \text{ см}$ . Распорки изготавливаются из здоровой древесины; площадь их поперечного сечения должна быть не

менее 150 см<sup>2</sup>; торцы распорок обрезаются по наугольнику.

Клиновые противоугоны устанавливаются секциями, состоящими из одной пары противоугонов и, как правило, трех пар распорок при щебеночном балласте и четырех пар распорок при песчаном балласте. Количество секций противоугонов, устанавливаемых на одно звено главного пути, приведено в табл. 8, а схемы их установки показаны на рис. 51.

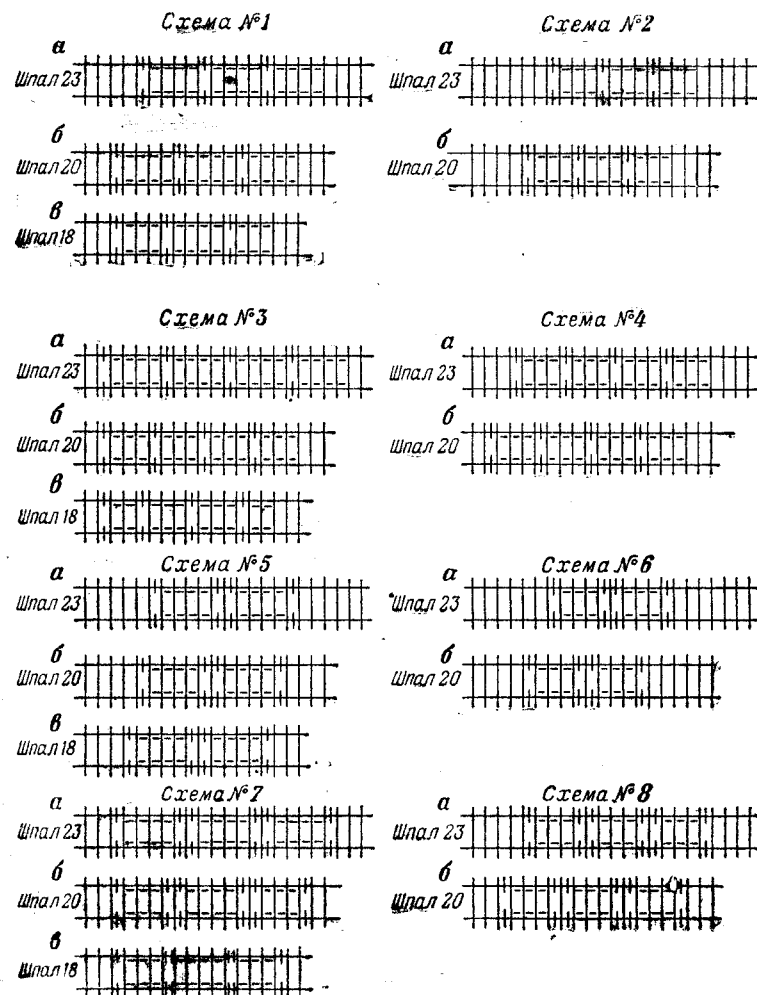


Рис. 51. Схемы закрепления пути от угона клиновыми противоугонами

Пружинные противоугоны (рис. 50, б) изготавливаются из специальной пружинной стали. Они представляют собой скобу, которая защемляется на подошве рельса; сопротивление скольжению вдоль рельса одного противоугона довольно велико и достигает, например, для противоугона к рельсу типа Р50 800 кг и более.

Такие противоугоны на наших дорогах находят все более широкое распространение, так как они имеют ряд преимуществ по сравнению с клиновыми: состоят из одной детали, при их применении не требуется деревянных распорок, мешающих производству путевых работ, установка и снятие их менее трудоемки, общий вес металла, потребного для закрепления пути, меньше, чем при закреплении клиновыми противоугонами.

Таблица 8

Установка клиновых противоугонов на звено пути

Характеристика участка	Количество шпал на звено	Нетормозные участки			Тормозные участки		
		количество секций противоугонов <sup>1</sup>	номер схемы закрепления пути (рис. 51) при балласте		количество секций противоугонов <sup>1</sup>	номер схемы закрепления пути (рис. 51) при балласте	
			песчаном	щебеночном		песчаном	щебеночном
Двухпутные участки	23	3/0	1а	2а	4/0	3а	4а
	20	3/0	1б	2б	4/0	3б	4б
	18	3/0	1в	—	4/0	3в	—
Однопутные участки с примерно равным грузовым движением в обоих направлениях . . . . .	23	2/2	5а	6а	4/0	3а	4а
	20	2/2	5б	6б	4/0	3б	4б
	18	2/2	5в	—	4/0	3в	—
Однопутные участки с явно выраженным односторонним грузовым движением . . . . .	23	3/0	1а	2а	4/0	3а	4а
	20	3/0	1б	2б	4/0	3б	4б
	18	3/0	1в	—	4/0	3в	—
Тормозные участки для негрузового направления . . . . .	23	—	—	—	3/3	7а	8а
	20	—	—	—	3/3	7б	8б
	18	—	—	—	3/3	7в	—

<sup>1</sup> В числителе — количество пар противоугонов, устанавливаемых в одном направлении; в знаменателе — устанавливаемых в обратном направлении.

Пружинные противоугоны устанавливаются в путь впритык к шпалам в количестве от 9 до 17 пар на звено и располагаются в средней части звена, чтобы меньше препятствовать температурным изменениям длины рельсов.

Количество противоугонов, устанавливаемых на одном звене главного пути, приведено в табл. 9, а порядок их расположения на однопутных и двухпутных участках — на рис. 52.

Таблица 9

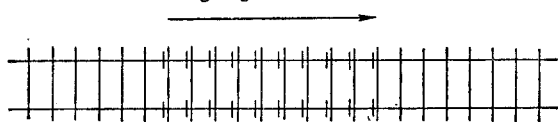
Установка пружинных противоугонов на звено пути

Характеристика участка	Нетормозные участки при балласте		Тормозные участки при балласте	
	щебеночном	песчаном	щебеночном	песчаном
Двухпутные участки . . . . .	9	10	14	17
Однопутные участки с примерно равным грузооборотом в обоих направлениях	6/6	7/7	14/0	17/0

**Примечание.** В числителе указано количество противоугонов в одном направлении; в знаменателе — в обратном направлении.

На участках пути с двухголовыми накладками при одностороннем закреплении пути противоугонами к количеству противоугонов, указанному в таблицах 8 и 9, добав-

Расстановка противоугонов на одном звене на двухпутных линиях



Расстановка противоугонов на одном звене на однопутных линиях

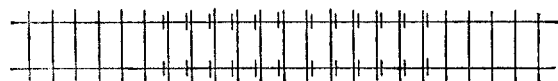


Рис. 52. Схемы закрепления пути от угона пружинными противоугонами

ляется по одной паре клиновых или по две пары пружинных противоугонов, устанавливаемых в сторону, противоположную преимущественному движению поездов.

Путь на подходах к мостам с каждой стороны моста должен быть полностью закреплен от угона; передача угона пути с подходов на мост не допускается.

Примыкающие к стрелочным переводам рельсовые звенья, а также звенья с изолирующими стыками закрепляются противоугонами на одну ступень выше принятой схемы закрепления остального пути.

Станционные пути и стрелочные переводы также закрепляются от угона постановкой пружинных или клиновых противоугонов по схемам, установленным МПС.

Большое влияние на величину угона пути оказывает качество текущего содержания пути. Угон пути будет значительно меньшим, если путь будет отлично содержаться, так как ровный путь без толчков, с хорошо подбитыми шпалами в стыках, без извилины в плане, с добитыми до нормы костылями и подтянутыми путевыми болтами оказывает меньшее сопротивление движению поездов.

Старогодные рельсовые скрепления. Все скрепления: накладки, подкладки, болты и костыли, снятые с пути при реконструкции, ремонте и текущем содержании пути, рассортировываются на группы в зависимости от их состояния и износа.

Накладки рассортировываются на три группы. К первой группе относятся накладки, не имеющие трещин, с наибольшим износом по высоте в средней части не более 1,5 мм и с износом стенок болтовых отверстий не более 4 мм. Ко второй группе относятся накладки, которые могут быть отремонтированы для дальнейшей работы в пути, а к третьей группе — негодные для ремонта (с износом более 4 мм, трещинами и изломами).

Подкладки, болты и костыли рассортировываются также на три группы. К первой группе относятся не требующие ремонта:

— подкладки: не изогнутые, без трещин и отколов, имеющие толщину по линии внутренней кромки подошвы рельса более 8 мм для клинчатых и более 10 мм для двухребордчатых, с износом костыльных дыр не более 2 мм;

— болты: прямые, с износом стержня по диаметру не более 1 мм, с неиспорченной резьбой;

— костыли: не искривленные, с износом стержня до 3 мм и с износом по высоте головки не более 3 мм.

Во вторую группу входят крепления, которые нуждаются в ремонте или реновации (восстановлении), в третью группу — крепления, которые не могут быть отремонтированы.

Ремонт старогодных креплений второй группы производится:

— накладок — перештамповкой под мощным прессом с перемещением металла в изношенные участки из малоответственных мест профиля накладки и сваркой лопнувших накладок;

— подкладок — подсадкой концевой части и оправкой костыльных дыр, электросваркой костыльных отверстий с пробивкой их вновь или перештамповкой под рельсы на один тип ниже;

— болтов — исправлением погнутости, заполнением изношенных мест кузнечным способом с подсадкой и возобновлением резьбы;

— костылей — кузнечным способом с подсадкой за счет укорочения длины стержня костыля и наплавкой металла в местах износа.

На всех отремонтированных креплениях ставится клеймо, состоящее из одной буквы — условного шифра мастерской или завода, и двух цифр, обозначающих последние две цифры года реновации, например Д-49. Сваренные накладки, кроме клейма, должны иметь две буквы — инициалы сварщика.

Клеймо ставится на накладках с наружной стороны, на подкладках — на скосе утолщенного конца, на болтах — на головке, на костылях — сзади на головке.

Старогодные крепления первой группы и отремонтированные крепления второй группы могут укладываться во всех случаях со старогодными рельсами, а также с новыми рельсами на второстепенных станционных путях и приемоотправочных путях линий III категории.

### Покилометровый запас материалов верхнего строения пути

Для быстрой замены вышедших из строя элементов верхнего строения пути на каждом километре главного пути или на трех километрах станционного пути создается их запас, размеры которого указаны в табл. 10.

### Покилометровый запас материалов верхнего строения пути

Наименование материалов	Единица измерения	Норма на 1 км развернутых главных или 3 км станционных путей в зависимости от грузонапряженности и типов рельсов								
		10 млн. т/км/км				более 10 млн. т/км/км				
		P50 12,5	P50 25,0	P43	1-я и 2-я	P65	P50 12,5	P50 25,0	P43	1-я и 2-я
Рельсы . . . . .	Шт.	—	—	2	3	2	2	1	3	4
Накладки двухголовые . . . . .	"	4	2	4	—	6	6	4	6	—
Накладки фартучные . . . . .	"	—	—	10	10	—	—	—	14	14
Болты с гайками . . . . .	"	6	3	6	10	8	8	4	8	12
Шайбы . . . . .	"	6	3	6	10	8	8	4	8	12
Подкладки . . . . .	"	2	2	2	2	4	4	4	4	4
Костыли . . . . .	"	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Противоугоны пружинные . . . . .	"	8	8	8	8	12	12	12	12	12
Противоугоны клиновые . . . . .	"	2	2	2	2	4	4	4	4	4
Шпалы . . . . .	"	4	4	5	5	5	5	5	5	5

Примечания: 1. На кривых участках в покилометровый запас кладутся два рельса, из которых один укороченный.  
2. При рельсах типа Р43 накладки могут быть или двухголовые или фартучные.

### Вопросы для повторения

1. Из чего состоит верхнее строение пути?
2. Для чего служит балластный слой и какие требования к нему предъявляются?
3. Какие материалы используются в качестве балласта?
4. Начертите поперечный профиль балластного слоя из щебня на железных дорогах I категории с указанием всех размеров.
5. Для чего предназначаются шпалы, из каких материалов они делаются?
6. Какие существуют типы деревянных шпал и как шпалы предохраняются от гниения и механического износа?
7. Что такое эпюра укладки шпал?
8. Как устроены железобетонные и металлические шпалы?
9. Для чего предназначаются переводные и мостовые брусья, какие типы их существуют?
10. Для чего предназначаются рельсы, из чего и как они изготавливаются?
11. Какие типы рельсов используются в настоящее время для укладки на железных дорогах СССР? Назовите основные размеры и веса рельсов Р38, Р43, Р50 и Р65.
12. Как маркируются рельсы при изготовлении?

13. Какие дефекты рельсов встречаются наиболее часто?
14. Что такое старогодные рельсы, на какие группы они рассортировываются и как маркируются?
15. Для чего предназначаются скрепления и какие виды скреплений существуют?
16. Как устроены подкладки, костыли и шурупы?
17. Что называется стыком и какие виды их существуют?
18. Отчего происходит угон пути и какие устройства применяются для его предотвращения?
19. Как рассортировываются и ремонтируются старогодные скрепления?

## ГЛАВА 4

### УСТРОЙСТВО РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

#### Особенности устройства ходовых частей подвижного состава, влияющие на устройство рельсовой колеи

Рельсовая железнодорожная колея состоит из двух уложенных и закрепленных на шпалах рельсовых нитей. Ее устройство и размеры взаимосвязаны с устройством и размерами ходовых частей подвижного состава, а также с особенностями движения его в прямых и кривых участках пути.

Колеса подвижного состава, непосредственно катящиеся по рельсам, связаны попарно осями. Ось с насаженными на нее двумя колесами называется колесной парой (рис. 53).

С внутренней стороны колеи колеса имеют гребни, называемые ребордами. Реборды служат для направления колес, а следовательно и подвижного состава, по рельсовой колее, не давая им сойти с пути. При движении по кривой реборда колеса, следующего по наружной рельсовой нити, упираясь в боковую грань головки рельса, поворачивает колесную пару по направлению, определяемому рельсами.

Поверхность катания колес имеет не цилиндрическую, а коническую форму с уклоном в 1:20. Необходимость устройства конической поверхности катания колес вызывается тем, что подвижной состав с такими колесами имеет более спокойный ход без резких боковых толчков в прямых участках пути. Объясняется это следующим. Если на прямом участке одно из колес прижмется к рельсовой нити, то из-за коничности поверхности катания оно будет катиться по кругу, диаметр которого больше, чем диаметр катания противоположного колеса. Вследствие этого

прижатое к рельсу колесо будет опережать другое, а это заставит колесную пару вернуться в среднее положение.

Кроме того, коническая поверхность катания колес также обеспечивает более плавный переход колесных пар с одних путей на другие через стрелочные переводы. Если бы колеса были цилиндрическими по всей ширине поверхности

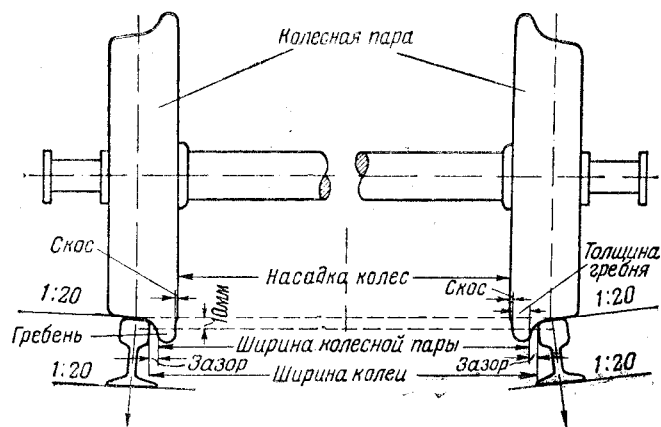


Рис. 53. Взаимное расположение колесной пары и рельсов в рельсовой колее

сти катания, то из-за износа на этой поверхности создавался бы желоб, что повлекло бы за собой резкие удары и толчки при проходе колеса через крестовину или с остряка на рамный рельс (см. гл. 5).

Так как поверхность катания колес устраивается конической и с внутренней стороны колес расположены реборды, дающие усилие, стремящиеся опрокинуть рельсы наружу колеи, рельсы устанавливаются не вертикально, а с наклоном внутрь колеи (подуклонкой). Величина подуклонки равна 1:20 (для рельсов типов Р50 и Р65 допускается подуклонка в 1:40). Такое положение рельсов обеспечивает передачу вертикальных усилий от подвижного состава по оси рельса, а верхняя поверхность головок рельсов изнашивается более равномерно.

Между рабочими гранями рельсов и реборд колес в прямых участках пути имеются зазоры, величина которых определяется допусками в ширине колеи, ширине насадки колес (см. рис. 53), в износе реборд и др. Наименьшая величина зазора при крайних допусках в размерах колес и

колес — 11 мм, наибольшая — 38 мм. Наличие зазоров позволяет подвижному составу свободно двигаться по прямым участкам и перемещаться поперек пути на всю величину зазора.

В кривых участках пути указанная величина зазоров для свободного прохождения подвижного состава оказывается недостаточной и ширину колеи приходится дополнительно увеличивать. Эта особенность устройства рельсовой колеи в кривых связана также с устройством ходовых частей подвижного состава.

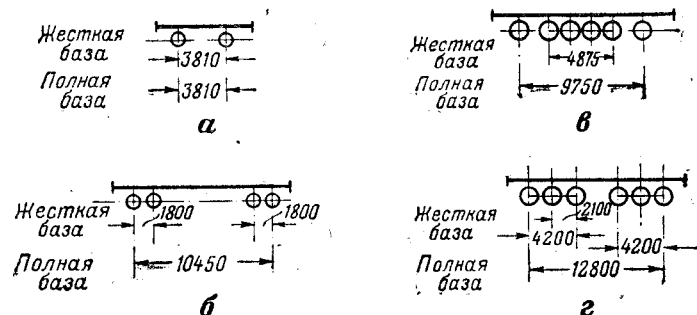


Рис. 54. Жесткая и полная база:

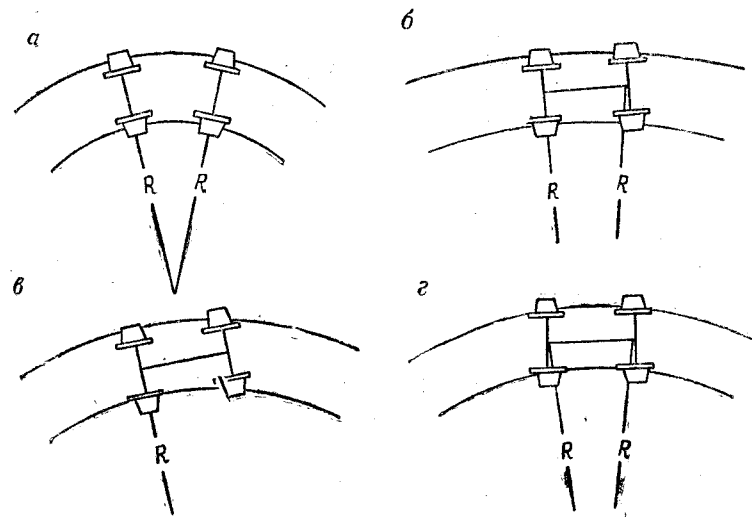
а — двухосного вагона; б — четырехосного вагона; в — паровоза ЛВ; г — тепловоза ТЭ-3

Единицы подвижного состава (вагон, платформа, локомотив), называемые иначе экипажами, в зависимости от количества осей делятся на двухосные, трехосные, четырехосные и т. д. Оси связываются группами в жестких рамах. У двухосных экипажей обе оси связаны в одной раме, у четырехосных экипажей они попарно связаны в особые двухосные тележки, закрепленные к раме экипажа на шкворнях, позволяющих тележке поворачиваться относительно основной рамы.

Расстояние между крайними осями в группе осей, закрепленных в одной раме, называется жесткой базой, а расстояние между крайними осями экипажа независимо от того, закреплены ли они в основной раме или в рамах тележек, называется полной колесной базой (рис. 54).

Если бы в кривой каждая колесная пара могла становиться по направлению радиуса (рис. 55, а), то подвижной состав мог бы также свободно проходить кривые, как и

прямые участки пути за счет наличия зазоров между рабочими гранями рельсов и реборд. Но колесные пары экипажей на протяжении длины жесткой базы так закреплены в раме, что они всегда параллельны одна другой. В пределах жесткой базы по радиусу может быть расположена только одна ось, а остальные под некоторыми углами к направлению радиуса (рис. 55, б). При таком положении величина возможного поперечного перемещения колесных пар за счет зазоров между рабочими гранями рельсов и



**Рис. 55.** Положение колесных пар в кривой:  
а — свободных колесных пар; б, в, г — колесных пар, связанных жесткой базой

реборд будет меньше, чем на прямом участке пути. В результате этого по мере уменьшения радиуса наступит момент, когда при движении передняя колесная пара упрется ребордой в наружный рельс, а задняя колесная пара — ребордой во внутренний рельс и экипаж займет положение, при котором величина зазора для поперечного перемещения будет равна нулю (рис. 55, в). При дальнейшем уменьшении радиуса, если не будет сделано уширение колеи, задняя колесная пара уже не сможет занять радиального положения и поэтому будет стремиться набегать на внутреннюю нить (рис. 55, г), в результате чего прохождение экипажа по кривой будет затруднено.

Если радиус кривой будет еще меньше, а ширина колеи останется прежней, экипаж вообще не сможет двигаться по кривой, так как упрется ребордами в обе нити рельсового пути, т. е. заклинится.

Таким образом, особенности устройства ходовых частей подвижного состава вызывают необходимость укладки рельсов с подуклонкой и уширение колеи в кривых участках пути.

### Устройство рельсовой колеи в прямых участках пути

**Ширина колеи.** Шириной колеи называется расстояние между внутренними гранями головок рельсов, измеренное на уровне 10 мм ниже поверхности головок рельсов.

Нормальная ширина колеи железных дорог СССР в прямых участках пути равна 1524 мм. Отклонения по ширине не должны превышать +6 мм по уширению и —2 мм по сужению.

С учетом допусков ширина колеи на прямом участке пути может колебаться от 1522 до 1530 мм, но переход от одного допускаемого размера к другому должен быть плавным — не более 1 мм на 1 пог. м пути. Так, например, переход от наибольшего допустимого размера к наименьшему может быть осуществлен на участке не менее 8 м ( $1530 - 1522 = 8$  мм); если ширина колеи в одном месте равна 1525 мм, а через 2 м — 1529 мм, то есть уширится на 4 мм, это недопустимо, ширина колеи должна быть исправлена, хотя оба размера лежат в пределах допустимых отклонений.

Кроме железных дорог нормальной колеи, в СССР имеются узкоколейные железные дороги с шириной колеи 1000, 750 и 600 мм. На большинстве заграничных железных дорог нормальная ширина колеи на прямых участках пути принята 1435 мм.

**Положение рельсовых нитей по уровню.** Верх головок обеих рельсовых нитей на прямых участках пути нормально должен быть в одном уровне. Допускается отклонение от этого уровня, т. е. изменение положения по высоте одного рельса относительно другого, но не более 4 мм. Переход от отклонения к нормальному уровню должен быть плавным и не превышать 1 мм на 1 пог. м пути. Не допускаются места, где на расстоянии менее 25 м имеются отклонения рельсов от нормального уровня в разные стороны. В таких местах рама экипажа может наклоняться



(в силу своей жесткости) только в одну какую-либо сторону, вследствие чего одно из колес будет находиться в недогруженном состоянии, что может привести к сходу экипажа с рельсов. Места эти называются перекосами и представляют угрозу для безопасности движения поездов.

На прямых участках пути большой длины при расположении обеих рельсовых нитей в одном уровне подвижной состав при движении поезда сильно «разбалтывает» от одной рельсовой нити к другой вследствие зазора между рабочими гранями рельсов и реборд. На таких участках

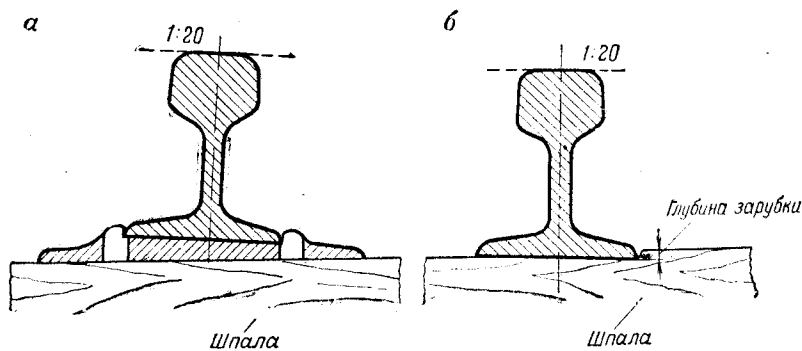


Рис. 56. Придание рельсу подуклонки:

а — с помощью клинчатой подкладки; б — зарубкой шпалы под подошвой рельса

пути разрешается держать одну рельсовую нить выше другой на 4 мм; подвижной состав при движении в этом случае будет прижиматься колесами к пониженной нити и ход его будет более спокойным.

Подуклонка рельсов. Нужная величина подуклонки рельсов на прямых участках пути обеспечивается:

— при укладке рельсов в путь на клинчатых подкладках — самими подкладками, верхняя поверхность которых делается с уклоном в 1:20 (рис. 56, а);

— при укладке рельсов на плоских подкладках или непосредственно на шпалах — зарубкой и затеской шпал под рельсами с уклоном в 1:20 (рис. 56, б).

Так, например, если требуется уложить рельсы типа Р43 без подкладок, то глубина зарубки должна быть 114:20, т. е. примерно 6 мм, где 114 — ширина подошвы рельса Р43 в мм.

Таблица 11

Величины нормальных температурных зазоров для рельсов длиной 12,5 и 25 м

Величина зазоров в мм	Температура рельсов в °С									
	для северной полосы		для средней полосы		для южной полосы					
	длина рельсов в м		длина рельсов в м		длина рельсов в м					
	12,5	25	12,5	25	12,5	25	12,5	25	12,5	25
0	От +55 до +45	От +30 до +25	От +60 до +50	От +40 до +35	От +65 до +55	От +45 до +40	От +70 до +60	От +50 до +45	От +75 до +65	От +55 до +50
1,5	+45	+25	+50	+35	+55	+40	+60	+45	+65	+55
3,0	+35	+20	+40	+30	+45	+35	+50	+40	+55	+45
4,5	+25	+15	+30	+25	+35	+25	+40	+35	+45	+40
6,0	+15	+5	+20	+15	+25	+20	+30	+25	+35	+30
7,5	+5	0	+10	+5	+15	+10	+20	+15	+25	+20
9,0	-5	-5	0	0	+5	+5	+10	+5	+15	+10
10,5	-15	-15	-10	-10	0	0	0	0	0	0
12,0	-25	-15	-20	-10	-10	-5	-10	-5	-15	-10
13,5	-35	-25	-30	-20	-20	0	-20	-10	-25	-15
15,0	-45	-35	-40	-30	-30	+5	-30	-20	-35	-25
16,5	-55	-45	-50	-40	-40	+10	-40	-30	-45	-35
18,0	-65	-55	-60	-50	-50	+15	-50	-40	-55	-45
19,5	-	-	-	-	-	+20	-60	-50	-	-
21,0	-	-	-	-	-	+25	-	-	-	-

Примечания: 1. При рельсах длиной 12 и 15 м величина зазоров принимается, как для рельсов длиной 12,5 м, а для рельсов длиной 18 м — как для рельсов длиной 12,5 м с увеличением в полтора раза.

2. При рельсах длиной 30 м величина зазоров принимается, как для рельсов длиной 25 м, а для рельсов длиной 50 м — как для рельсов длиной 25 м с увеличением в полтора раза.

Отклонение от норм в сторону переуклонки допускается до 1:15, в сторону разуклонки — до 1:30.

Температурные зазоры. При увеличении температуры рельсы удлиняются, при уменьшении температуры — укорачиваются. Для возможности изменения длины рельсов при изменении температуры они укладываются с зазорами. Величина необходимого зазора определяется по формуле:

$$a = 0,0118 (T - t) L,$$

где  $a$  — величина зазора в мм;

0,0118 — коэффициент удлинения, т. е. величина в мм, на которую удлиняется каждый метр рельса при увеличении температуры на  $1^\circ\text{C}$ ;

$T$  — наибольшая температура в  $^\circ\text{C}$ , встречающаяся в данной местности, при которой рельсы в пути могут лежать без зазоров;

$t$  — температура рельсов в момент укладки их в путь;

$L$  — длина укладываемых рельсов в м.

Температура рельсов определяется по термометру, уложенному на головку рельса, причем ртутный шарик термометра обязательно должен касаться рельса и быть присыпан сухим песком.

Величины нормальных стыковых зазоров, подсчитанные по этой формуле, для рельсов длиной 12,5 и 25 м приведены в табл. 11.

### Устройство рельсовой колеи в кривых участках пути

Устройство рельсовой колеи в кривых участках пути отличается от устройства ее в прямых участках тем, что в кривых, начиная с определенного радиуса и менее, делается уширение колеи; наружный рельс в кривых ставится выше внутреннего; в местах сопряжения кривых с прямыми участками устраиваются специальные переходные кривые; по внутренней нити кривой укладываются укороченные рельсы.

Уширение рельсовой колеи в кривых делается за счет сдвижки внутренних рельсовых нитей. До 1957 г. на железных дорогах СССР были установлены следующие нормы ширины колеи для кривых участков пути:

при радиусе	651 м и более	— 1524 мм,
»	от 650 до 451 м	— 1530 »,
»	от 450 до 351 м	— 1535 »,
»	350 м и менее	— 1540 ».

С 1957 г. введены новые нормы, по которым колея должна быть:

при радиусе от 350 м и более	— 1524 мм,
» от 349 до 300 м	— 1530 »,
» от 299 м и менее	— 1540 ».

Переход на эти нормы на существующих железных дорогах СССР производится в срок с 1958 по 1962 г. При новом железнодорожном строительстве и реконструкции пути участки пути переводятся на новые нормы ширины колеи в процессе работ. До перевода на новые нормы на железных дорогах сохраняются старые нормы ширины колеи.

В кривых участках пути допуски в ширине колеи остаются такими же, как и для прямых участков: по сужению 2 мм и по уширению 6 мм. Ширина колеи менее 1522 мм и более 1546 мм ни в каких случаях не допускается.

Переход от ширины колеи в прямой к ширине колеи в кривой делается постепенным: 1 мм на 1 пог. м пути. Этот переход называется отводом уширения колеи.

Отвод уширения колеи делается от кривой в сторону прямой на длину в метрах, равную разнице между шириной колеи в кривой и прямой, выраженной в миллиметрах. Например, если эта разница составляет 11 мм, то отвод делается на протяжении 11 м (рис. 57, а).

В случаях сопряжения между собой двух кривых отвод уширения устраивается следующим образом.

При наличии между кривыми прямой вставки отвод уширения делается от каждой кривой в пределах этой вставки, если между началами отводов в прямой остается участок не менее 25 м (рис. 57, б). При более короткой вставке на всем ее протяжении сохраняется ширина колеи, имеющаяся в кривых, если радиусы их одинаковы, а при разных радиусах ширина колеи изменяется постепенно, в пределах вставки, от меньшей к большей.

При непосредственном примыкании обеих кривых друг к другу (при отсутствии прямой вставки между ними) отвод уширения делается в пределах кривой большего радиуса.

Возвышение наружного рельса в кривых. При движении экипажей по кривой возникает центробежная сила, стремящаяся выбросить их наружу кривой (подобно стремящемуся вырваться из рук камню, вращаемому на веревке). Чем меньше радиус кривой и чем больше скорость движения экипажей, тем больше центробежная сила.

Эта сила прижимает реборды колес подвижного состава к рельсам наружной нити, вызывая их усиленный износ. Для уменьшения износа наружных рельсов стремятся уменьшить действие центробежной силы. Достигается это

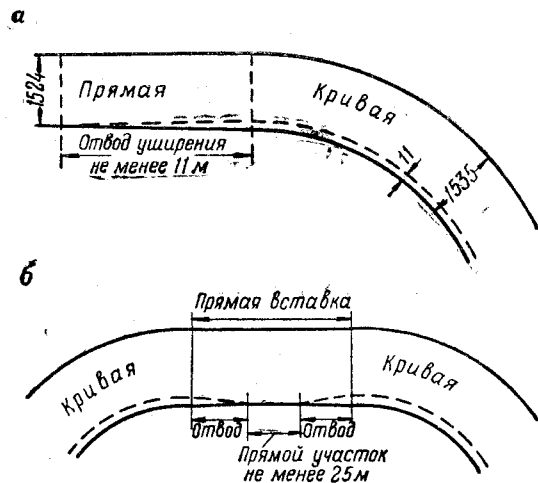


Рис. 57. Отвод уширения колеи в кривой:  
а — при сопряжении прямой с кривой; б — при сопряжении двух кривых с прямой вставкой между ними

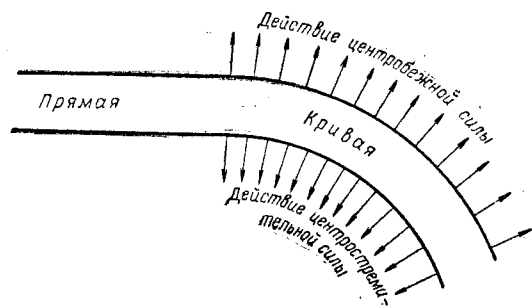


Рис. 58. Действие центробежной и центростремительной силы на подвижной состав, движущийся по кривой

тем, что в кривых участках пути наружную рельсовую нить укладывают выше, чем внутреннюю, вследствие чего экипажи получают наклон внутрь кривой. Это вызывает появление другой силы — центростремительной, направленной в сторону, противоположную центробежной силе.

(рис. 58). Центростремительная сила прижимает реборды колес к внутренней нити, уравновешивая таким образом действие центробежной силы.

Возвышение наружного рельса подсчитывается по формуле

$$h = 8 \frac{v^2}{R},$$

где  $h$  — величина возвышения наружного рельса в мм;  
 $v$  — наибольшая допускаемая скорость экипажей в данной кривой в км/час;  
 $R$  — радиус кривой в м.

Нормы возвышения рельсов наружной нити в кривых с различными радиусами при различных скоростях движения приведены в табл. 12.

Таблица 12

Нормы возвышения наружных рельсов в кривых

Радиус кривых в м	Скорость движения экипажей в км/час								
	30	40	50	60	75	90	100	110	120
	Возвышение наружных рельсов в мм								
200	35	65	100	—	—	—	—	—	—
250	30	50	80	115	—	—	—	—	—
300	25	40	65	100	—	—	—	—	—
350	20	35	60	85	125	—	—	—	—
400	20	30	50	70	110	—	—	—	—
500	15	25	40	60	90	125	—	—	—
600	10	20	35	50	75	110	125	—	—
700	10	20	30	40	65	95	115	—	—
800	10	15	25	35	55	80	110	120	—
900	10	15	20	30	50	70	90	110	125
1000	10	15	20	30	45	65	80	95	115
1200	—	10	15	25	40	55	65	80	95
1400	—	10	15	20	35	45	60	70	80
1600	—	10	15	20	30	40	50	60	70
1800	—	—	10	15	25	35	45	55	65
2000	—	—	10	15	20	30	40	50	55
3000	—	—	—	10	15	20	25	30	40
4000	—	—	—	10	10	15	20	25	30

При радиусах кривых более 4000 м возвышения наружных рельсов не делается. Возвышение более 150 мм не допускается. Если на кривой наблюдается неравномерный износ наружных и внутренних рельсов, то разрешается (с ведома начальника дороги) изменять величину возвышения на 15% в меньшую или большую сторону.

Возвышение наружной рельсовой нити делается за счет утолщения балластного слоя. На станционных путях возвышение наружного рельса, как правило, не устраивается.

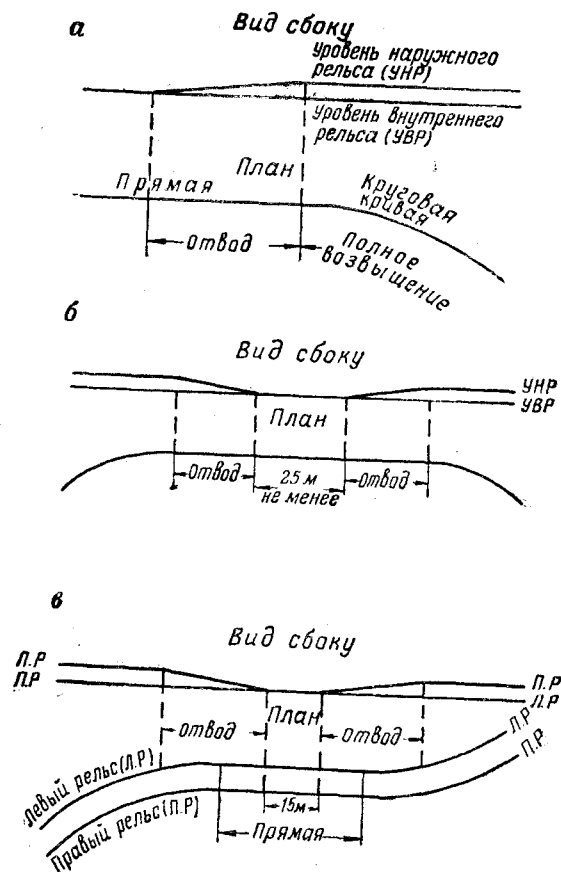


Рис. 59. Отвод возвышения наружной рельсовой нити в кривой:

а — при сопряжении прямой с кривой; б — при сопряжении двух кривых с прямой вставкой между ними; в — то же при кривых, направленных в разные стороны

Возвышение наружных рельсов на полную величину делается на всем протяжении кривой. Переход от возвышения к нормальному положению рельсов на прямой делается постепенно, от кривой, в пределах прямой, не круче,

чем 1 мм на 1 пог. м пути. Этот переход называется отводом возвышения (рис. 59, а).

В случаях сопряжения между собой двух кривых отвод возвышения устраивается следующим образом.

Если кривые направлены в одну сторону и между ними имеется прямая вставка, то отвод возвышения делается для каждой кривой в пределах этой вставки при условии, что между концами отводов останется не менее 25 м прямого пути с рельсами, расположенными в одном уровне (рис. 59, б). Если участок прямого пути между отводами остается менее 25 м, то при одинаковых радиусах кривых наружная нить между ними ставится на всем протяжении прямой вставки на уровне возвышения наружных рельсов в кривых, а при разных радиусах — с постепенным переходом одного возвышения в другое.

Если кривые направлены в разные стороны с прямой вставкой между ними, то отвод возвышения делается для каждой кривой в пределах прямой вставки с оставлением между отводами прямого участка пути не менее 25 м. Если участок длиной 25 м между отводами не получается, то крутизну отвода можно довести до 3 мм на 1 пог. м пути, а в порядке исключения длину прямой вставки между отводами возвышения уменьшить до 15 м. Отводы в этом случае разрешается также делать наполовину на прямой и наполовину на кривой (рис. 59, в).

Подуклонка рельсов. При возвышении наружного рельса происходит изменение положения внутреннего рельса в сторону его разуклонки. В разуклоненном рельсе нарушается центральность передачи давления и возникает горизонтальная сила, стремящаяся опрокинуть рельс. Во избежание этого под подкладками внутреннего рельса делается затеска верхних постелей шпал, в результате чего по отношению к этим постелям рельс получает наклон внутрь колеи больший, чем 1:20. Уклоны затески шпал для укладки внутренней нити рельсовой колеи в кривых приведены в табл. 13.

Переход от нормальной подуклонки к увеличенной должен быть постепенным. Он делается на протяжении не менее одного звена.

Переходные кривые. Центробежная сила, возникающая при входе экипажа с прямой на круговую кривую, создает боковой толчок, вредно отражающийся на состоянии подвижного состава и пути. Этот толчок будет тем больше, чем меньше радиус кривой и чем больше скорость

Таблица 13

## Уклон затески шпал и подуклонка внутреннего рельса в кривых участках пути

Возвышение наружного рельса в мм	Уклон затески шпал по внутренней нити относительно поверхности шпал		Уклон подшвы внутреннего рельса относительно подшвы шпал	
	при плоских подкладках или без подкладок	при клинчатых подкладках	при плоских подкладках или без подкладок	при клинчатых подкладках
От 0 до 80	1:20	0	1:20	1:20
От 85 до 125	1:12	1:30	1:12	1:12

движения экипажа. Во избежание резких толчков и для достижения плавности движения экипажей необходимо перемену прямолинейного направления движения к круговому производить не сразу, а постепенно. Это достигается путем сопряжения прямых участков и участков на круговых кривых так называемыми переходными кривыми  $m$ , радиус которых меняется от бесконечно большой величины до величины, равной радиусу круговой кривой. Свойствами изменять таким образом радиус обладает кривая, называемая радиоидальной спиралью, по которой и производится разбивка переходных кривых на железных дорогах СССР.

На рис. 60 показаны три радиоидальные кривые, отличающиеся одна от другой своей крутизной. Как видно из рисунка, к заданному радиусу круговой кривой  $R$  можно перейти при помощи переходных кривых  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$ , имеющих разную длину и разную крутизну. Это позволяет подобрать переходную кривую такой крутизны, которая обеспечит плавный переход экипажей с прямой на круговую кривую.

Если умножить величину радиуса  $R$  круговой кривой, для которой подбирается переходная кривая, на длину переходной кривой  $l$ , то получится величина  $C$ , называемая параметром переходной кривой, т. е.

$$C = Rl.$$

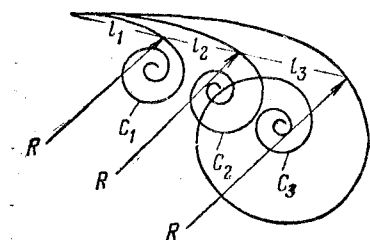


Рис. 60. Радиоидальные кривые

Величина параметра характеризует кривизну переходной кривой. Чем больше величина параметра, тем больше длина переходной кривой и тем она плавнее.

Для железных дорог СССР установлены стандартные значения параметров переходных кривых в зависимости от радиуса круговых кривых и категории железнодорожной линии. Для дорог I и II категорий величина параметра  $C$  принимается от 15 000 до 160 000 м<sup>2</sup>, для дорог III категории — от 8000 до 45 000 м<sup>2</sup>; длина переходных кривых для этих параметров колеблется от 60 до 150 м для дорог I и II категорий и от 20 до 80 м для дорог III категории.

Переходные кривые устраиваются на дорогах I и II категорий при радиусах кривых менее 3000 м, на дорогах III категории — менее 1500 м.

При наличии переходных кривых отвод возвышения наружного рельса и отвод уширения колеи делаются в ее пределах.

**Укороченные рельсы.** Как уже указывалось, наружная рельсовая нить в кривых участках пути длиннее внутренней нити. Если укладывать в наружной и внутренней нитях рельсы одинаковой длины, то стыки рельсов по внутренней нити не будут лежать по отношению к стыкам наружной нити по наугольнику, а забегать вперед. Во избежание этого по внутренней нити кривой укладываются укороченные рельсы.

Укороченные рельсы размещаются попеременно с рельсами нормальной длины так, чтобы несовпадение стыков наружной и внутренней нитей (забег стыков) было не более, чем на величину, равную половине укорочения рельсов, принятых для укладки в данной кривой. Например, при укладке рельсов, укороченных на 120 мм, допускается забег стыков той или иной нити не более 60 мм.

Количество укороченных рельсов для кривой определяется по формуле

$$n = \frac{E}{K},$$

где  $n$  — количество укороченных рельсов;

$E$  — общее укорочение внутренней нити кривой в мм;

$K$  — принятое укорочение одного рельса в мм.

Общее укорочение внутренней нити кривой определяется по формулам:

для круговой кривой

$$E = \frac{SL}{R},$$

для переходной кривой

$$E = \frac{Sl^2}{2C},$$

где  $E$  — общее укорочение внутренней нити кривой в мм;  
 $S$  — расстояние между осями рельсов в кривой в мм;  
 $L$  — длина круговой кривой в м;  
 $R$  — радиус круговой кривой в м;  
 $l$  — длина переходной кривой в м;  
 $C$  — параметр переходной кривой в м<sup>2</sup>.

Рельсы с укорочением на 120 мм применяются для укладки в кривых радиусом менее 250 м, с укорочением на 80 мм — радиусом от 250 до 500 м и с укорочением на 40 мм — радиусом более 500 м.

В кривых радиусом 250 м по внутренней нити все рельсы укладываются с укорочением на 80 мм, а в кривых радиусом 500 м — с укорочением на 40 мм.

Обычно для определения порядка размещения укороченных рельсов в кривых разных радиусов пользуются специальными таблицами, которые приводятся в справочниках.

### Усиление пути в кривых

Верхнее строение на участках пути в кривых при проходе подвижного состава работает в более тяжелых условиях, чем на участках в прямых. В кривых участках, помимо воздействия подвижного состава на путь, которое имеет место в прямых, добавляются дополнительно горизонтальные усилия, возникающие вследствие поворота подвижного состава, и перегрузка наружной или внутренней рельсовой нити из-за разности скорости того или иного поезда по сравнению со скоростью, на которую рассчитано возвышение наружной нити.

Чтобы верхнее строение было равнопрочным в прямых и кривых участках, в пределах кривых участков радиусом 1200 м и менее на дорогах I категории и 600 м на остальных железных дорогах, на затяжных спусках круче 12‰, а также в туннелях для железных дорог всех категорий усиливают верхнее строение главных путей.

В качестве мер усиления применяются:

— постановка пути на щебень или сортированный гравий;

— увеличение количества шпал на 1 км до 1600 шт., если на прямой лежит 1440 шт., до 1840 шт., если на пря-

мой лежит 1600 шт., и до 2000 шт., если на прямой лежит 1840 шт.;

— постановка нескольких упоров или стяжек на каждое звено (рис. 61); количество упоров или стяжек зависит от условий работы пути и колеблется от 3 до 7 шт. на звено;

— уширение балластной призмы со стороны наружной нити кривой.

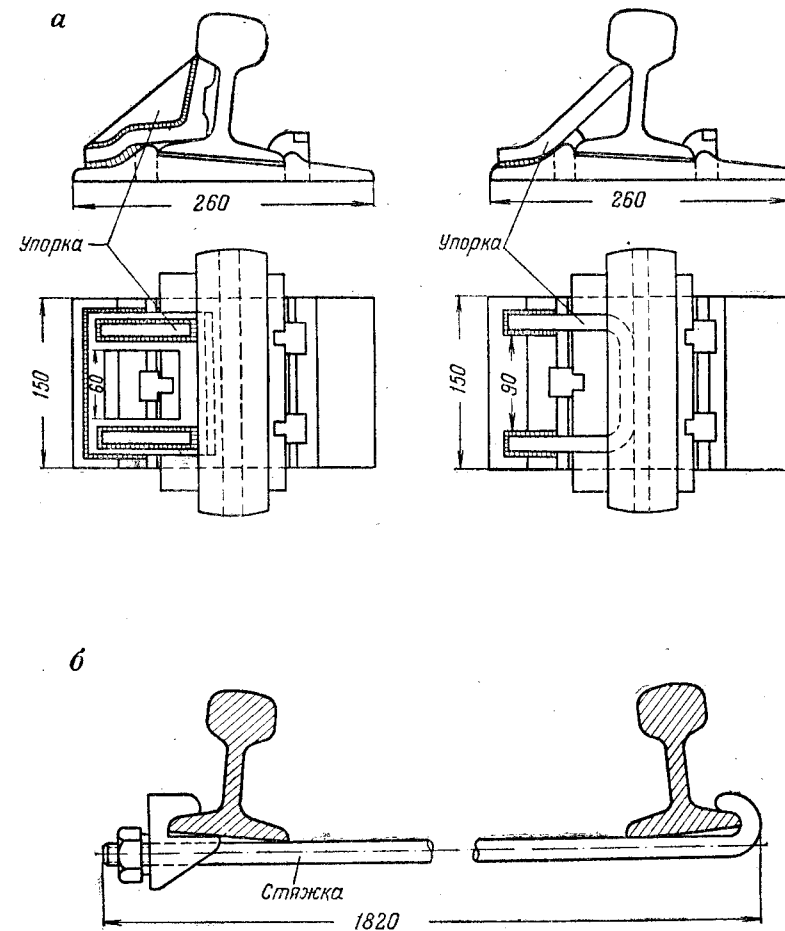


Рис. 61. Усиление пути в кривых малых радиусов:  
 а — упорки у наружных рельсов; б — стяжка для сохранения ширины колеи

В местах перелома продольного профиля пути, т. е. при переходе от одного уклона к другому или от уклона к площадке, и наоборот, плавность хода экипажей нарушается. Для сохранения их спокойного хода необходимо имею-

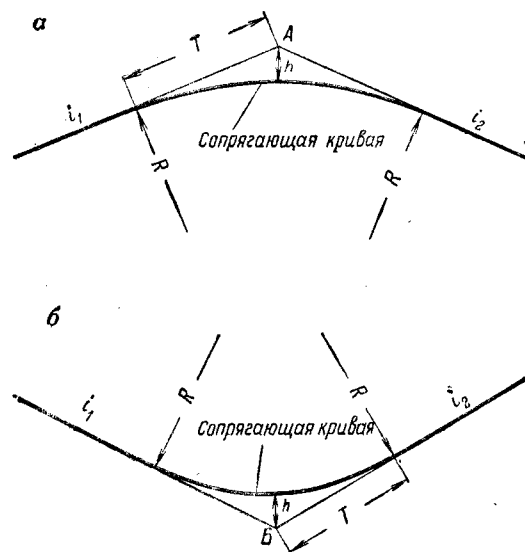


Рис. 62. Сопряжение элементов продольного профиля в вертикальной плоскости:  
а — выпуклый профиль; б — вогнутый профиль;  $i_1$  и  $i_2$  — уклоны сопрягаемых элементов профиля; А и В — точки перелома продольного профиля

щиеся в местах перелома профиля углы заменить в вертикальной плоскости плавной кривой (рис. 62), называемой сопрягающей кривой. Радиус сопрягающей кривой  $R$  для магистральных линий берется равным 10 000 м, для остальных линий — 5000 м. Величина тангенса  $T$  и наибольшего повышения или понижения отметок колеи  $h$  в точке перелома профиля, а также отметки других точек колеи приводятся в специальных таблицах, по которым и производится разбивка сопрягающих кривых.

Верхнее строение пути на мостах, называемое мостовым полотном, служит продолжением пути, лежащего на земляном полотне.

Существует два вида мостового полотна: с ездой на поперечинах и с ездой на балласте. В настоящее время наиболее распространено мостовое полотно с ездой на поперечинах, так как оно имеет меньший вес. Однако этот тип мостового полотна требует больших расходов при эксплуатации, опасен в пожарном отношении, нежелателен для применения на мостах в городах (большой шум, падение вниз капель и т. д.). Мостовое полотно на балласте является более совершенным, так как обеспечивается простота его содержания и однородность пути на мосту и земляном полотне.

Мостовое полотно на поперечинах применяется на металлических и деревянных мостах. Оно состоит из рельсов со скреплениями, мостовых брусьев, охранных брусьев, контррельсов, настила и перил (рис. 63).

При проходе подвижного состава по мостам в стыках рельсов происходят удары, которые вредно отражаются на пролетных строениях. Для предотвращения этих ударов на мостах длиной менее 30 м и мостах длиной более 100 м температурные зазоры в стыках не устраиваются. Рельсы укладываются впритык один к другому, а в болтовые отверстия вставляются специальные вкладыши, уменьшающие величину отверстий, что не дает возможности рельсам при укорочении образовывать зазоры в стыках. На мостах длиной от 30 до 100 м стыки рельсов устраиваются с такими же зазорами, как и в рельсовой колее на земляном полотне.

Для возможности изменения длины рельсов при изменении температуры на мостах пролетом более 100 м устанавливаются так называемые уравнильные приборы (рис. 64). Уравнильный прибор представляет собой два рельса (рамный и остряковый), уложенные на металлической плите (лафете). Рамный рельс в таком приборе обычно закреплен неподвижно, а остряк может передвигаться по лафету и, следовательно, по отношению к рамному рельсу. Такие приборы устанавливаются на каждой рельсовой нити и позволяют ей укорачиваться или удлиняться при изменении температуры.



Рис. 63. Устройство мостового полотна на мостах:  
а — металлический; б — деревянный; в — мостовое полотно в плане; г — отгиб контррейсов, "челноком" без башмака



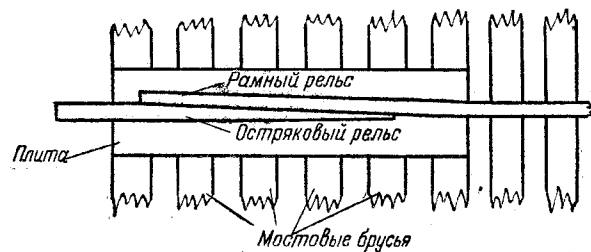


Рис. 64. Уравнильный прибор

Рельсы с подкладками укладываются на мостовые брусья и прикрепляются к ним костылями. Мостовые брусья, заменяющие шпалы, укладываются на продольные балки металлических пролетных строений или на прогоны деревянных мостов и прикрепляются к балкам лапчатыми болтами (рис. 65), а к деревянным прогонам — болтами диаметром 22 мм.

Брусья укладываются строго по наугольнику на расстоянии один от другого в свету 10—15 см, стыковые брусья укладываются так, чтобы расстояние между их

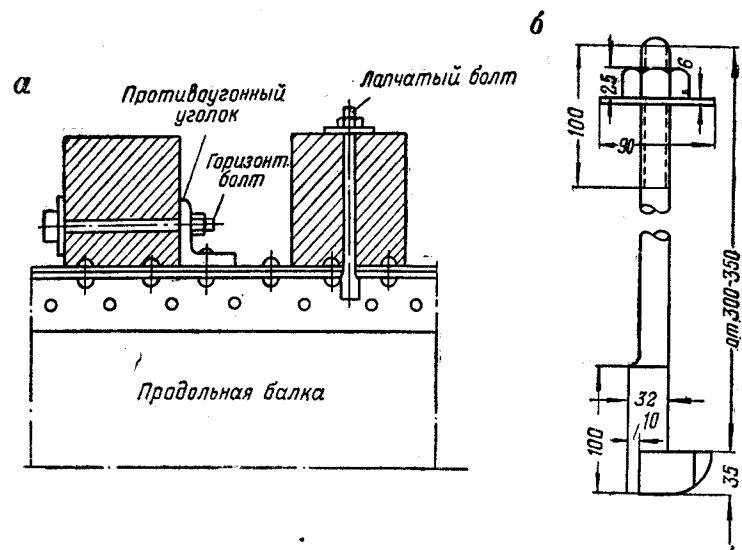
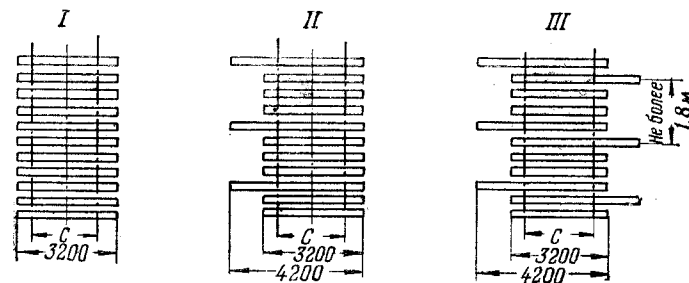


Рис. 65. Прикрепление мостовых брусьев:

а — прикрепление к противоугольному уголку и лапчатым болтом; б — лапчатый болт

осями было равно 27 см. Верхние постели брусьев должны находиться на одном уровне. На нижней постели брусьев делаются врубки глубиной не менее 1 см и не более 3 см при укладке на металлические балки и не менее 2 см и не более 3 см при укладке на деревянные прогоны.

Для пролетных строений на отдельных опорах



Для пролетных строений на общих опорах

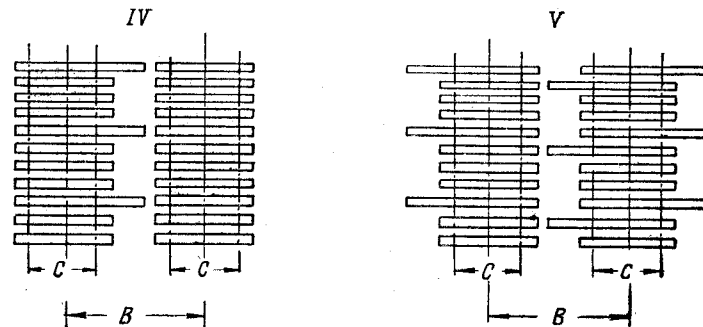


Рис. 66. Схемы расположения мостовых брусьев:

C — расстояние между осями продольных балок или ферм; B — расстояние между осями путей

Мостовые брусья располагаются на мостах по следующим схемам (рис. 66):

— на однопутных пролетных строениях длиной до 10 м — по схеме I без тротуаров; длиной от 10 до 20 м — по схеме II с одним тротуаром; длиной свыше 20 м и на всех мостах на станциях — по схеме III с двумя тротуарами;

— на двухпутных пролетных строениях длиной до 10 м — по схеме IV с одним тротуаром в междупутье; для

ной свыше 10 м и на всех мостах на станциях — по схеме V с тремя тротуарами.

Для удержания мостовых брусьев от смещения вдоль моста (угона) служат охранные (противоугонные) брусья или охранные уголки (см. рис. 68). Охранные брусья сечением  $15 \times 20$  см (в старых мостах  $16 \times 20$  см) взаимно прирубаются с мостовыми брусьями на глубину 2 см и прикрепляются к ним болтами диаметром 22 мм (через один брус).

Для того чтобы все мостовые брусья не могли сдвигаться вместе с охранными брусьями вдоль оси моста, на поясах балок ставятся по два противоугонных угольковых коротыша сечением  $120 \times 100 \times 12$  мм; в пролетных строениях со сплошной стенкой такие коротыши ставятся через 5 м. Мостовые брусья прикрепляются к этим уголкам болтами, как показано на рис. 65.

Для того чтобы колеса подвижного состава не отклонились в сторону при сходе его с рельсов на мосту, внутри колеи укладываются контррельсы из рельсов типа не легче Р38. Контррельсы укладываются на всех мостах длиной более 5 м и на всех мостах, расположенных на кривых радиусом 1000 м и менее.

Контррельсы прикрепляются к каждому мостовому брусу двумя костылями на расстоянии 200 мм (в свету) между внутренними гранями головок путевого рельса и контррельса. Стыки их соединяются накладками без фартуков на четыре болта. Напротив уравнильных приборов в стыках контррельсов накладки ставятся на два болта на одном конце рельса. Контррельсы протягиваются за устой на расстоянии от 2,5 до 10 м от шкафной стенки или закладного щита (см. гл. 8), отгибаются внутрь колеи и далее на расстоянии не ближе 5 м сводятся «челноком» (см. рис. 63). Сведенные концы контррельсов закрепляются металлическим башмаком или скашиваются и соединяются двумя болтами. Челноки служат для улавливания колес и направления их в желоб между рельсом и контррельсом в случае схода колес с рельсов перед мостом.

Для прохода обслуживающего персонала и пешеходов на мосту устраиваются тротуары и настил внутри колеи. На тротуарах укладывается по четыре доски сечением  $20 \times 5$  см с зазором между ними по 2 см, а внутри колеи — две доски сечением  $20 \times 3$  см с зазором в 4 см. Доски прикрепляются к мостовым брусьям гвоздями.

На деревянных мостах пространство между контррельсами покрывается дощатым настилом, поверх которого на-

сыпается щебень или гравий. На металлических мостах с деревянными опорами такое покрытие делается над опорами длиной по 2—5 м в обе стороны от опоры.

На всех мостах длиной более 10 м, а также на всех мостах на станциях и на насыпях высотой более 6 м устраиваются перила. На деревянных мостах перила делаются деревянными, на металлических — металлическими. Металлические перила состоят из стоек, поручня, перильного за-

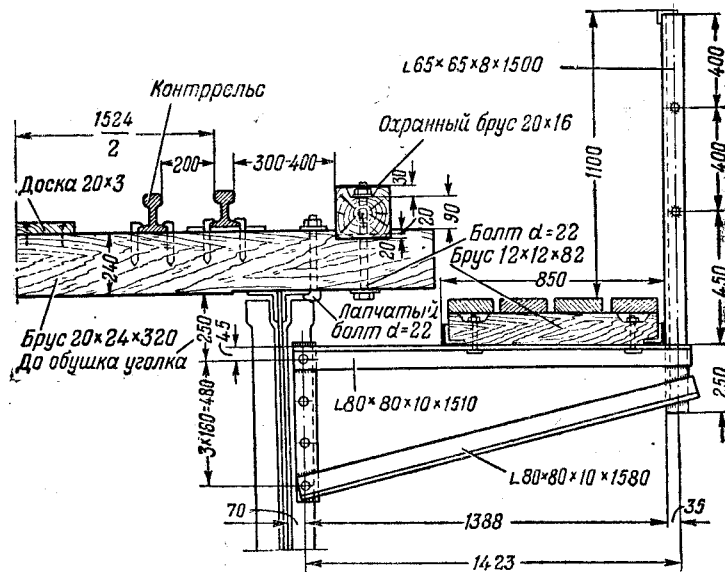
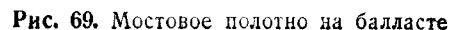
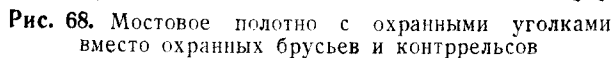


Рис. 67. Мостовое полотно с боковыми тротуарами на металлических консолях

полнения и цепочек. Расстояние от верха поручня до настила равняется 110 см. Стойки и поручни делаются из угловой стали сечением  $65 \times 65 \times 8$  мм, а перильное заполнение — из круглой стали диаметром 20 мм. Все элементы перил соединяются на сварке. Пространство между перилами двух соседних пролетных строений перекрывается цепочками.

В настоящее время применяются и другие типы мостового полотна на поперечинах. Так, новые металлические пролетные строения с 1950 г. изготавливаются с боковыми тротуарами на металлических консолях (рис. 67). При



На деревянных мостах мостовое полотно на балласте устраивается так, как показано на рис. 69.

$$R = 600 \text{ м}, 800 \text{ м}, 900 \text{ м}, 1000 \text{ м};$$

$$L = 200 \text{ м}, 300 \text{ м}, 400 \text{ м}, 500 \text{ м}.$$

9. Какие меры принимаются для усиления пути в кривых?
10. Для чего и как делается сопряжение элементов продольного профиля?
11. Как обеспечивается температурное изменение длины рельсовых нитей на мостах?
12. По каким схемам располагаются и как закрепляются мостовые брусья на мостах? Для чего укладываются контрольные брусья на мостах?

## ГЛАВА 5

### СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

#### Общие сведения

Соединения железнодорожных путей устраиваются для перехода подвижного состава с одного пути на другой или через пересекающиеся пути.

Основными видами соединений являются: соединение двух путей в один; съезд, соединяющий два соседних пути; стрелочная улица, соединяющая ряд параллельных путей; треугольник или петля, соединяющие пути в целях поворота подвижного состава.

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой служат стрелочные переводы; на деповских путях для этой цели применяются поворотные круги. Для перехода через путь в одном уровне устраиваются глухие пересечения. Один из видов стрелочных переводов — перекрестные стрелочные переводы, служат как для перехода подвижного состава с одного пути на другой, так и для пересечения путей.

Стрелочные переводы по своей конструкции довольно сложны и состоят из большого количества деталей. Так, простые стрелочные переводы имеют до 3000 металлических частей, а перекрестные — до 6000.

К основным видам стрелочных переводов относятся одиночные, двойные и перекрестные.

**Одиночные** стрелочные переводы служат для ответвления от основного направления только одного бокового пути в ту или другую сторону. Одиночные переводы разделяются на следующие типы:

— обыкновенный, или простой, у которого основной путь прямой, а боковой — кривой (рис. 70, а);

если боковой путь ответвляется от основного прямого направления вправо, перевод называется правым, влево — левым;

— односторонний несимметричный, у которого основной и ответвляемый пути кривые и направ-

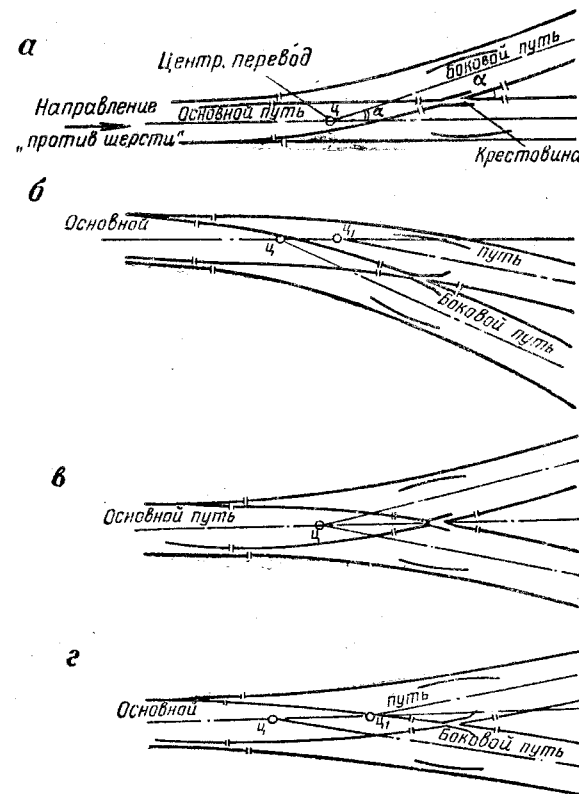


Рис. 70. Одиночные стрелочные переводы:  
а — обыкновенный (левый); б — односторонний несимметричный; в — разносторонний симметричный; г — разносторонний несимметричный

лены от основного прямого направления в одну сторону (рис. 70, б);

— разносторонний симметричный, у которого оба пути кривые и направлены от основного прямого направления в разные стороны под одинаковыми углами (рис. 70, в);

— разносторонний несимметричный, у которого оба пути кривые и направлены от основного прямого направления в разные стороны под разными углами (рис. 70, з).

Для подвижного состава, идущего по основному направлению навстречу ответвлению, одиночный перевод считается противощерстным, в обратном направлении — пощерстным.

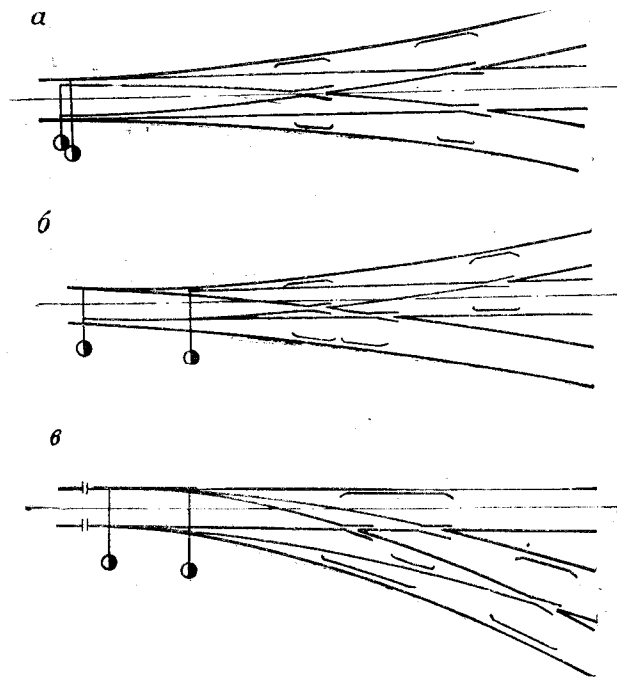


Рис. 71. Двойные стрелочные переводы:

а — симметричный разносторонний; б — несимметричный разносторонний; в — несимметричный односторонний

**Двойные стрелочные переводы** применяются для ответвления от основного прямого направления двух боковых путей. В этом переводе одно направление разветвляется на три направления, поэтому такие переводы иногда называются тройниками. Двойные стрелочные переводы бывают:

— симметричными разносторонними, если оба боковых пути ответвляются от основного в разные стороны под одинаковым углом (рис. 71, а);

— несимметричными разносторонними, если оба боковых пути ответвляются от основного в разные стороны под разными углами (рис. 71, б);

— несимметричными односторонними, если оба боковых пути ответвляются от основного в одну сторону (рис. 71, в).

**Перекрестные стрелочные переводы** служат для прохода подвижного состава по пересекающимся в одном уровне направлениям и перехода его с одного пути на другой. Если по перекрестному стрелочному переводу, кроме

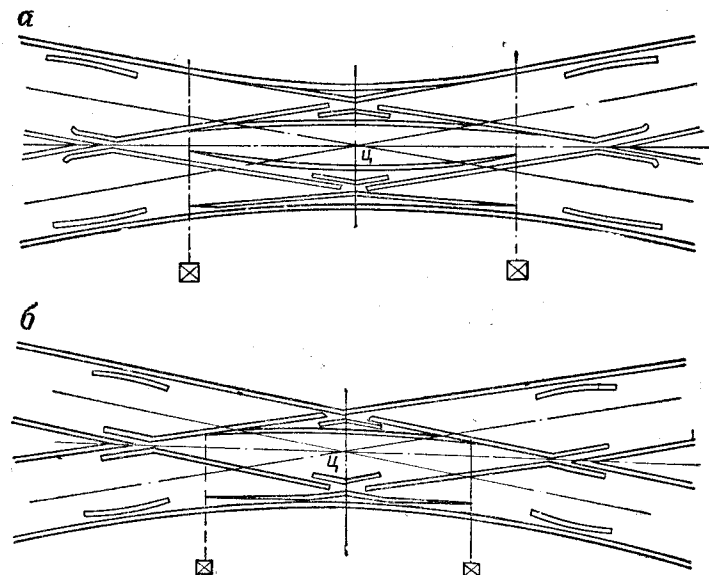


Рис. 72. Перекрестные стрелочные переводы:

а — двойной перекрестный; б — односторонний перекрестный

сквозного прямого движения, возможен переход подвижного состава с любого из сходящихся направлений на любое из расходящихся, то такой перевод называется двойным перекрестным (рис. 72, а). Если, кроме пересечения путей, возможен переход только с одного из сходящихся на любой из расходящихся путей, то перевод называется односторонним перекрестным (рис. 72, б).

Кроме одиночных, двойных и перекрестных стрелочных переводов, на железных дорогах Советского Союза встре-

чаются и некоторые другие виды переводов, к которым относятся:

— переводы, разветвляющие основное направление на четыре пути (рис. 73, а);

— упрощенные стрелочные переводы (рис. 73, б), применяемые для срочного пропуска поездов при отсутствии обыкновенных стрелочных переводов;

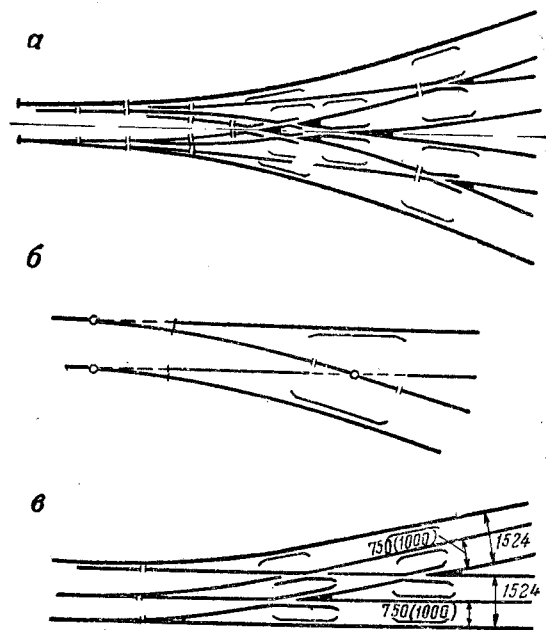


Рис. 73. Стрелочные переводы:

а — симметричный на четыре направления; б — упрощенный;  
в — совмещенный

— совмещенные стрелочные переводы, применяемые при совмещении путей с нормальной и узкой колеей (рис. 73, в).

Все стрелочные переводы подразделяются на типы в зависимости от типов рельсов, из которых они изготовлены. Если, например, стрелочный перевод изготовлен из рельсов Р38, то и тип этого перевода будет Р38. Типы стрелочных переводов должны соответствовать типам рельсов на примыкающих к переводам путях. Так, если в пути лежат или укладываются рельсы типа Р50, то стрелочные пере-

воды должны укладываться на этих участках также типа Р50.

Стрелочные переводы различаются между собой не только по виду и типу, но и по маркам крестовин.

При отклонении бокового пути от основного рельсовая нить отклоняемого пути пересекается с рельсовой нитью основного пути (см. рис. 70, а). В месте пересечения нитей укладывается специальное устройство, называемое крестовиной, которое позволяет ребрам колес беспрепятственно проходить место пересечения рельсов. Чем меньше угол пересечения рельсовых нитей, т. е. чем острее крестовина, тем спокойнее движение подвижного состава по стрелочному переводу.

Тангенс угла крестовины, называемый маркой крестовины, принято выражать дробью вида  $1/N$  ( $1/6$ ,  $1/9$ ,  $1/11$  и др.).

На железных дорогах СССР на главных и приемо-отправочных пассажирских путях укладываются стрелочные переводы с крестовинами марки не круче  $1/11$ , а для перекрестных переводов — не круче  $1/9$ . На путях, по которым пассажирские поезда проходят только по прямому направлению (не отклоняются), а также на приемо-отправочных путях грузового движения укладываются переводы с марками крестовин не круче  $1/9$ . На прочих станционных путях укладываются стрелочные переводы с маркой крестовин не круче  $1/8$ , а симметричные — не круче  $1/4,5$ . На путях промышленного транспорта встречаются стрелочные переводы с крестовинами марки  $1/5$ .

На наших железных дорогах лежит в пути большое количество стрелочных переводов различных видов и типов, которые можно разделить на две группы:

— не изготавливаемые более заводами переводы из рельсов типов I-а, I-у, II-а (Р38), III-а, IV-а, I, II, III, IV и из более старых типов рельсов;

— изготавливаемые в настоящее время заводами и укладываемые в путь переводы из рельсов типов Р43, Р50 и Р65.

Наибольшее распространение имеют обыкновенные стрелочные переводы из рельсов типов I-а, II-а (Р38) и Р43. Эти переводы лежат в основном на главных и приемо-отправочных путях дорог I и II категорий. В последнее время значительно увеличивается количество лежащих в пути стрелочных переводов из рельсов Р50 и Р65. Спро-

ектированы и изготавливаются опытные переводы из рельсов Р75.

У стрелочных переводов и в других местах соединения путей устанавливаются предельные столбики, обозначающие место, ближе которого по условиям безопасности не может быть установлен подвижной состав при движении по переводу другого подвижного состава. Предельные столбики (см. рис. 104) устанавливаются посередине между путями в том месте, где расстояние между осями сходящихся путей составляет 4100 мм, и так, чтобы расстояние от оси столбика до оси каждого из путей было 2050 мм. На перегрузочных путях с суженным междупутьем предельные столбики устанавливаются в том месте, где ширина междупутья равна 3600 мм. На кривых участках пути указанные расстояния должны быть увеличены в соответствии с габаритом.

### Устройство одиночного стрелочного перевода

Одиночный стрелочный перевод состоит из следующих основных частей (рис. 74):

- стрелки с переводным механизмом, служащей для направления подвижного состава по прямому или боковому пути;
- крестовины с контррельсами, служащей для беспрепятственного прохода реборд колес подвижного состава через место пересечения двух рельсовых нитей;
- переводных путей, соединяющих стрелку с разветвляемыми путями;
- переводных брусьев, на которых укладываются металлические части стрелочного перевода.

**Стрелка с переводным механизмом.** Стрелка состоит из двух неподвижных рельсов, называемых рамными и, двух подвижных рельсов, называемых острьями или перьями, и переводного механизма, соединенного тягами с острьями.

Рамные рельсы являются продолжением путевых рельсов. Они изготавливаются из рельсов того же типа, которые лежат в прилегающем к переводу пути. Стыки рамных рельсов с путевыми рельсами имеют обычную конструкцию.

Остряки (рис. 75) бывают высокими (имеют одинаковую высоту с рамными рельсами) и низкими (имеют меньшую высоту, чем рамные рельсы). Высокие остряки изготавливаются как из рельсов нормального профиля (для стре-

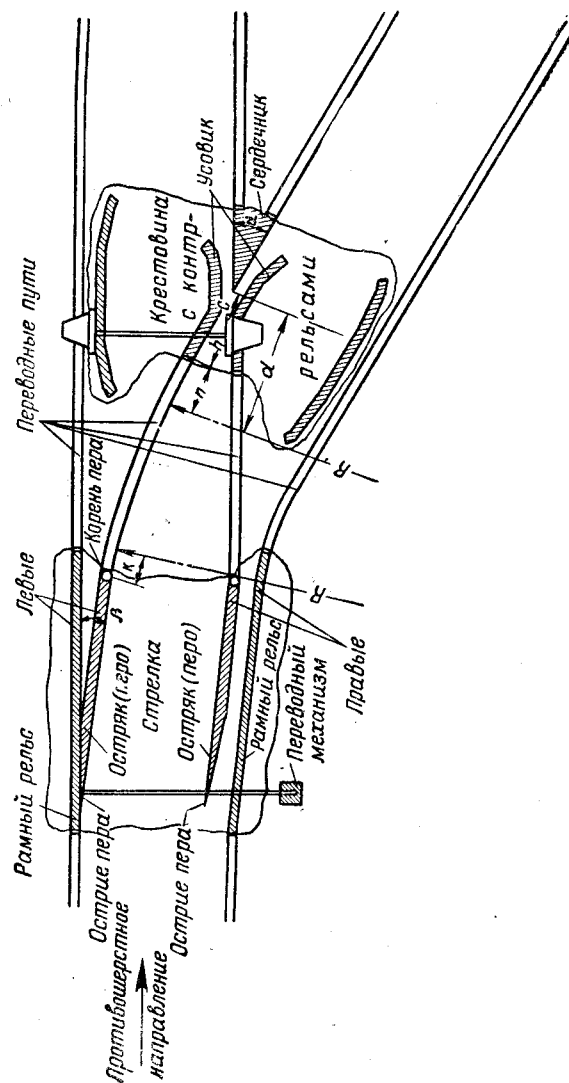


Рис. 74. Основные части одиночного обыкновенного стрелочного перевода

лок типов Р38 и III-a), так и из рельсов специального профиля (для стрелок типов III-a и IV-a), низкие — из литья специального профиля (для стрелок типов Р38, I-a, Р43, Р50 и Р65). Низкие острия бывают симметричного профиля и несимметричного; последние изготавливаются с 1956 г. для стрелок типов Р43, Р50 и Р65.

Острия в прижатом положении должны плотно прилегать к рамному рельсу, поэтому, начиная примерно с половины его длины, головка острия переднего конца остругивается и ее толщина сводится на нет (рис. 76). Острый конец острия называется острием, а тупой (задний) — пятой или корнем.

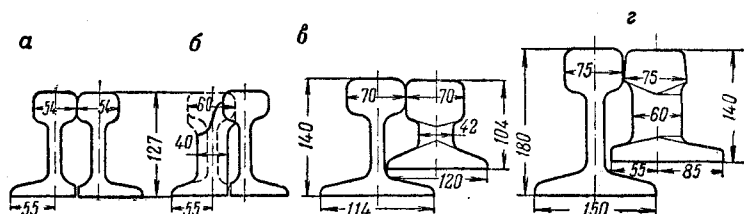


Рис. 75. Профили острий:

а — высокого профиля из рельсов типа III-a; б — то же из рельсов специального профиля; в — низкого симметричного специального профиля для стрелок типов I-a и Р43; г — то же несимметричного профиля для стрелок типа Р65

При применении высоких острий из путевых рельсов делается также боковая острожка подошвы острия, иначе он не сможет плотно подходить к головке рамного рельса. С этой же целью несколько состругивается и подошва рамного рельса. Острия низкого профиля острожки подошвы рамного рельса не требуют.

Тонкий конец острия, если его верх будет находиться в одном уровне с головкой рамного рельса, от давления колес подвижного состава может быть сломан. Чтобы избежать этого, делается верхняя острожка острия, благодаря чему на всем протяжении, где сечение его недостаточно, верхняя поверхность острия расположена ниже верха рамного рельса и давление колес подвижного состава передается только на рамный рельс. В том месте, где ширина головки острия равна 50 мм, колеса полностью сходят с рамного рельса и их давление воспринимает острие. С этого сечения и до корня верх острия должен находиться в одном уровне с верхом рамного рельса; понижение острия против рамного рельса на 2 мм и более не до-

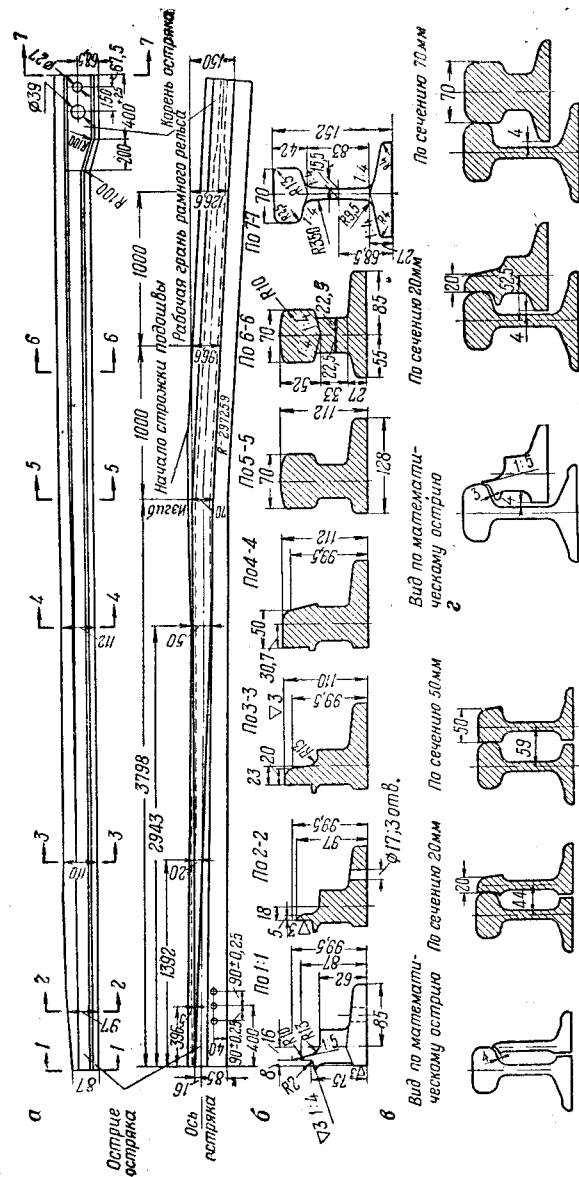


Рис. 76. Боковая острожка острия:

а — общий вид острия с выпрессованной корневой частью; б — боковая острожка острия несимметричного низкого профиля с выпрессованной корневой частью; в — то же острия высокого профиля из нормальных рельсов; г — то же острия низкого симметричного профиля



пускается. Если остряк будет расположен ниже рамного рельса более чем на 2 мм, то при пошерстном движении колесо будет отжимать рамный рельс и скатится по остряку, что приведет к аварии.

Остряк стрелки составляет с рамным рельсом некоторый угол. При движении поезда на боковой путь подвиж-

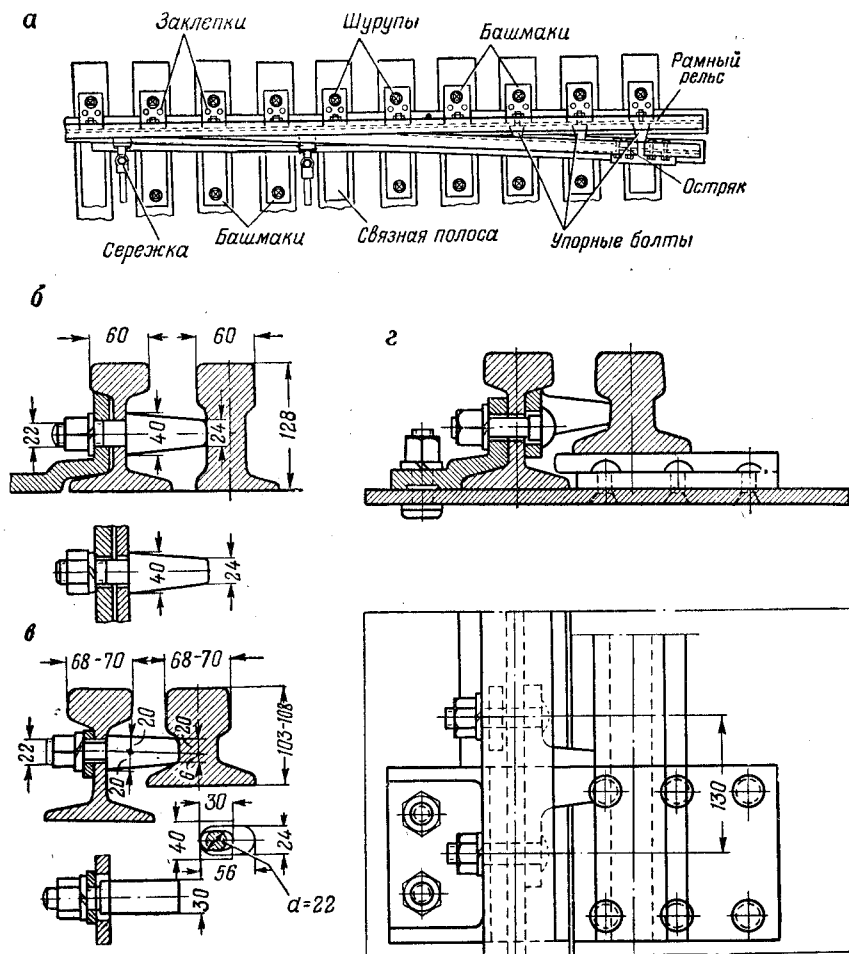


Рис. 77. Упорные приспособления:

а — расположение упорных болтов в стрелке старой конструкции; б — упорный болт при остряках высокого профиля; в — то же при остряках низкого профиля; г — упорная накладка в стрелках последних конструкций

ной состав, вкатываясь на остряк, будет поворачивать в сторону, получая боковой удар. Величина удара будет тем меньше, чем меньше угол, образуемый остряком и рамным рельсом. Для наибольшего уменьшения этого угла в современных переводах остряку, отклоняющему подвижной состав на боковой путь, придают в плане криволинейную форму. Такие остряки называются кривыми. У правой стрелки криволинейным делается левый остряк, у левой стрелки — правый остряк. В стрелках старых типов оба остряка изготовлялись прямыми, и поэтому эти стрелки можно было укладывать как в правый, так и в левый стрелочный перевод. Стрелки с криволинейными остряками можно укладывать только для отклонения бокового пути в одну определенную сторону в соответствии с тем, какой остряк изготовлен криволинейным.

В стрелках старых типов оба рамных рельса изготовлялись прямыми. В современных стрелках с кривыми остряками рамный рельс, ведущий на боковой путь, делается также кривым.

Колеса подвижного состава, проходя по стрелке, оказывают на остряк боковое давление. Чтобы остряки от этого давления не изгибались в направлении рамного рельса, к шейке этого рельса прикрепляются упорные болты с удлиненной головкой, а в переводах последних конструкций — упорные накладки (рис. 77).

Рамные рельсы и остряки укладываются на стрелочных башмаках или на лафетах. Стрелочные башмаки применяются в переводах типа III-а и легче и в переводах Р43 и Р50, а лафеты — в переводах I-а и II-а.

Стрелочный башмак (рис. 78) состоит из подкладки, к которой прикреплены на болтах или на заклепках угловая упорка. При низких остряках к подкладке прикрепляется на заклепках стрелочная подушка. Остряк опирается на подушку и скользит по ней при переводе стрелки. Рамный рельс скрепляется с угловой упоркой болтами, а подкладка прикрепляется к переводным брускам шурупами.

Для неизменности ширины колеи у остря и корня остряка вместо стрелочных подкладок укладываются связанные металлические полосы, к которым прикрепляются упорки обоих рамных рельсов.

Лафет представляет собой металлическую плиту, на которую укладывается рамный рельс. К лафету приклепываются или привариваются стрелочные подушки для опи-

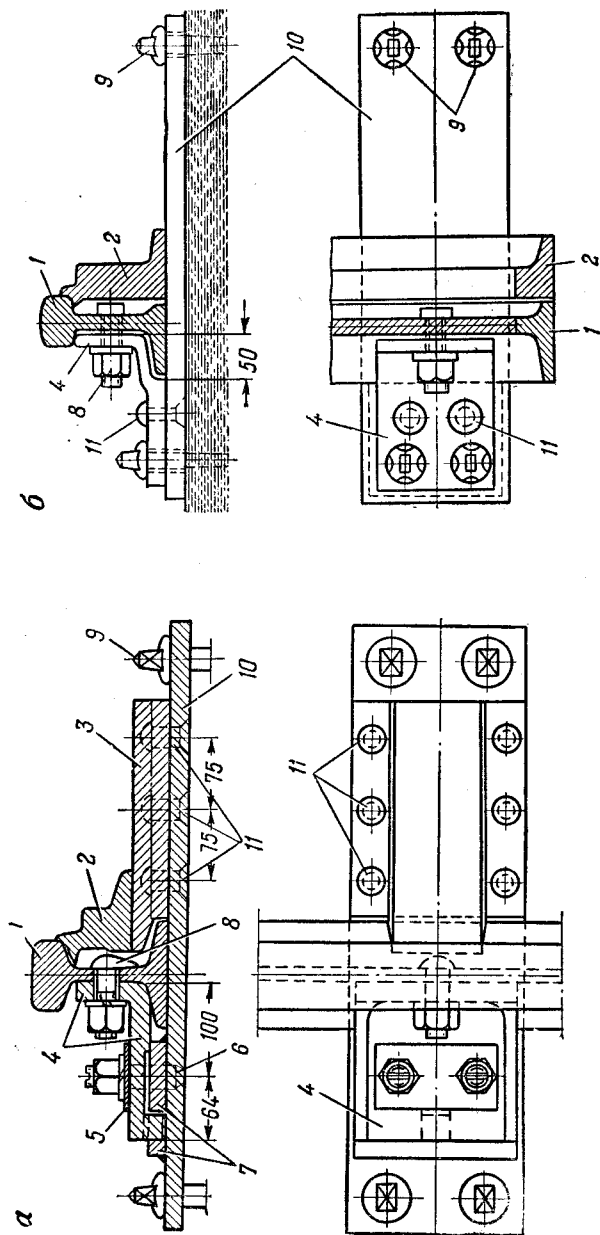


Рис. 78. Стрелочные башмаки:

а — при остряхах низкого профиля в переводах типа Р43 и Р50; б — при остряхах высокого профиля (типа III-а); 1 — рамный рельс; 2 — остряк; 3 — упорка; 4 — упорка; 5 и 7 — планки к упорке; 6 — закладной болт; 8 — болт горизонтальный; 9 — шуруп; 10 — подкладка; 11 — заклепки

рования остряка. Между стрелочными подушками и лафетом приболчиваются лапки-удержки, удерживающие рамный рельс (рис. 79). Для неизменности положения лафетов относительно один другого они соединяются между собой связными уголками.

Рельсы в стрелочных переводах укладываются без подуклонки, кроме переводов типов I-а и II-а с маркой крестовин 1/11, в которых рамный рельс устанавливается с подуклонкой 1/20 при помощи прикрепленной к лафету клинчатой полосы (см. рис. 79).

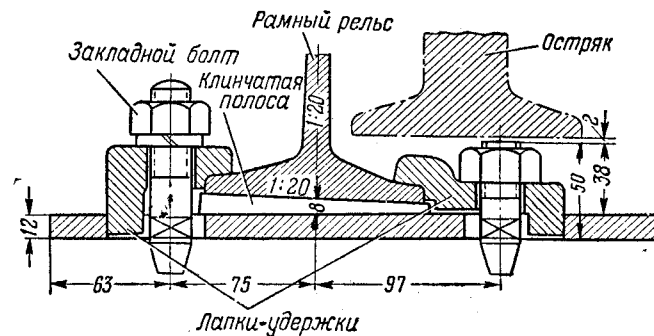


Рис. 79. Прикрепление рамного рельса к лафету

При проходе подвижного состава по стрелочному переводу к рамному рельсу прижат только один из остряков, а второй остряк в это время отведен от своего рамного рельса и не мешает свободному проходу реборд колес. Для того чтобы прижатие одного и отведение другого остряка происходило одновременно, они соединены между собой двумя или тремя стрелочными тягами (струнками). Тяги прикрепляются к острякам шарнирно с помощью сережек (рис. 80).

Расстояние, на которое отводится один из остряков при прижатии другого, называется ходом или шагом остряка. Шаг остряка в стрелках с ручным управлением измеряется напротив первой межостряковой тяги. В одиночных стрелочных переводах величина шага остряка принята: в переводах типа IV-а и легче — 133 мм; типа III-а (изготовления до 1938 г.) — 140 мм и во всех остальных переводах (в том числе типов Р43, Р50 и Р65) — 152 мм. Длина остряков в разных типах переводов колеблется от 4,8 до 7 м.

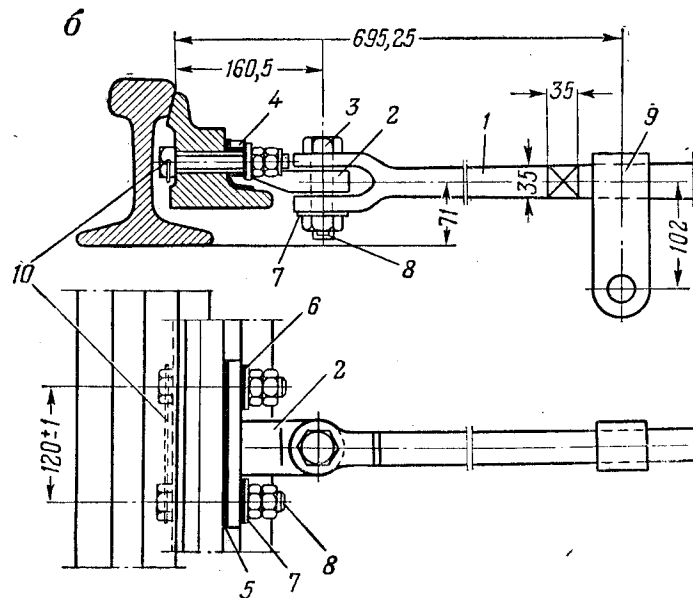
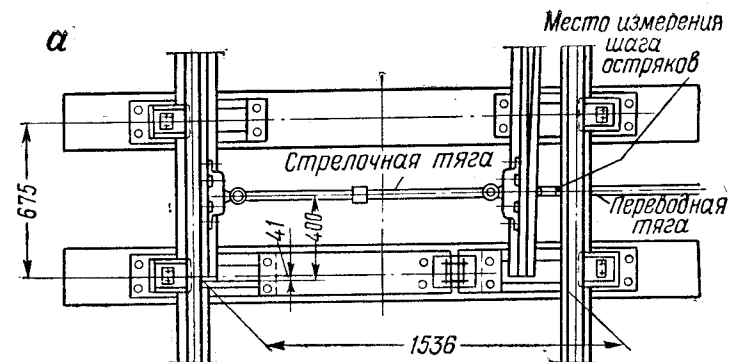


Рис. 80. Соединение остряков друг с другом:

а — общий вид соединения при помощи стрелочной тяги; б — прикрепление стрелочной тяги к остряку; 1 — тяга; 2 — серьга; 3 — болт; 4 — втулка; 5 — прокладка; 6 и 7 — шайбы; 8 — шпиль; 9 — хомут; 10 — шпилька

Остряк своим острием должен передвигаться из одного положения в другое, поэтому он укрепляется только в корне, оставаясь свободным на остальном протяжении. Для

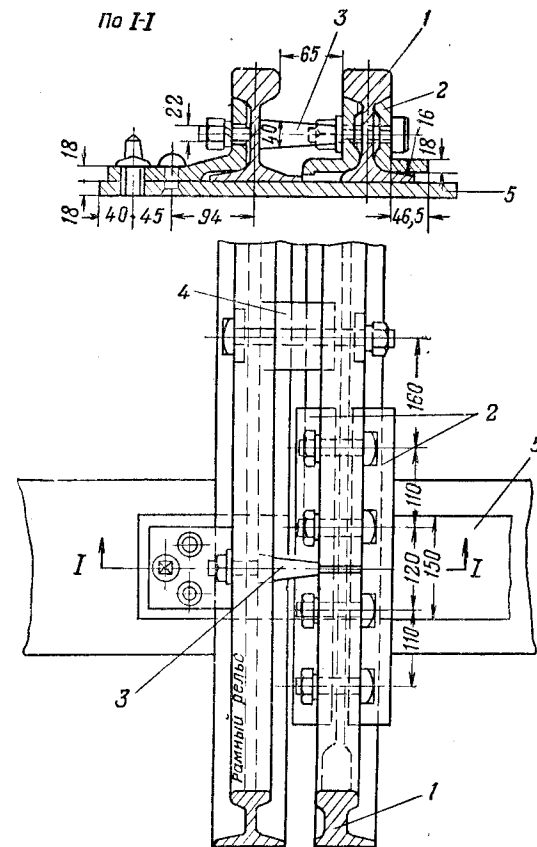


Рис. 81. Накладочное крепление корня острия:

1 — остряк; 2 — угольные накладки; 3 — упорный болт; 4 — одноболтовый вкладыш; 5 — сквозной башмак

закрепления корня острия и соединения его с рельсом переводного пути применяются три основных вида корневого крепления остряков: накладочное, шарнирное (шкворневое) и накладочно-вкладышное.

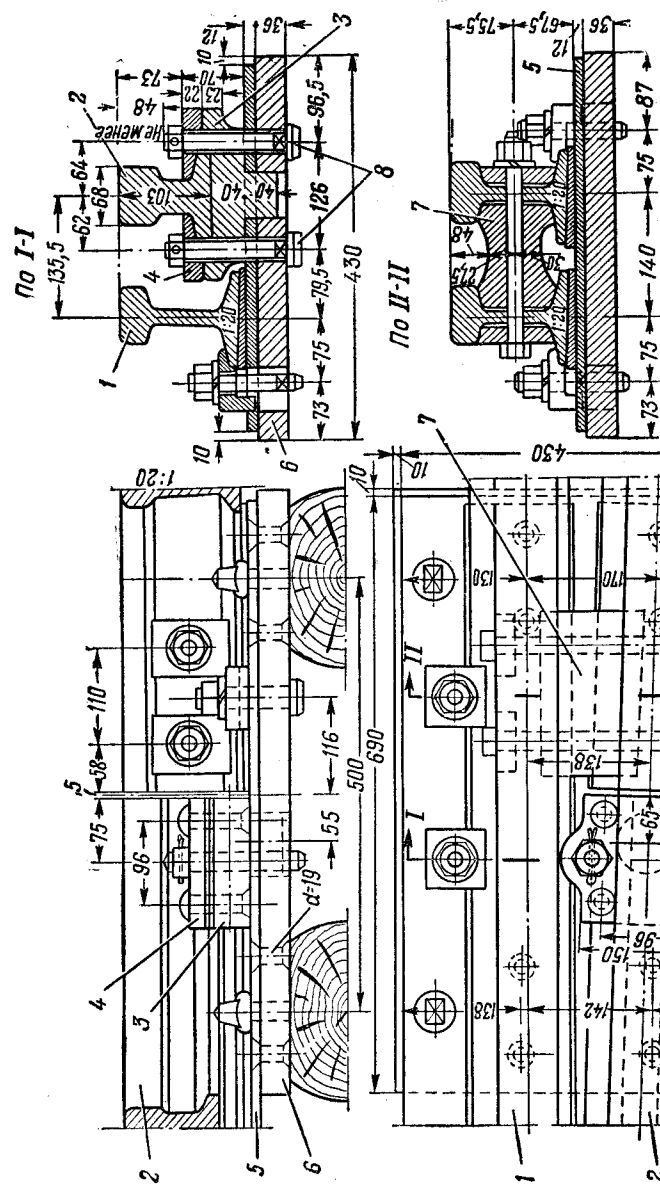
Соединение острия с рельсом переводного пути с т к о

выми накладками (рис. 81) является наиболее простым видом корневого крепления и встречается только у старых стрелок типа III-а и легче с остриями высокого профиля. Это соединение состоит из двух уголковых накладок со срезанными горизонтальными полками на протяжении их половин, примыкающих к острию, упорного болта и одноболтового вкладыша или втулки. Корень острия располагается на сквозном башмаке, прикрепленном к переводному брусу. Соединение это очень непрочное, быстро расстраивается и изнашивается.

Шарнирное (шкворневое) соединение (рис. 82) применяется во всех стрелочных переводах с остриями низкого профиля без выпрессовки в корневой части. В этом соединении корень остряка располагается на корневом башмаке, который имеет внизу штырь (шарнир), входящий в сквозное гнездо, имеющееся в лафете и корневом мостике. Острия прикрепляется к корневому башмаку прижимными планками, прикрепленными к башмаку, и при переводе стрелки поворачивается на штыре вместе с корневым башмаком. Для того чтобы штырь не мог выскочить из гнезда, корневой башмак соединяется с корневым мостиком двумя болтами. Отверстия для болтов в корневом башмаке имеют больший диаметр, чем диаметр болтов, благодаря чему болты при повороте башмака могут перемещаться в болтовых отверстиях; гайки заворачиваются без создания натяжения болтов и в таком положении расшплинтовываются. Рельс переводного пути, примыкающий к корню остряка, скрепляется с рамным рельсом при помощи корневого вкладыша и двух сквозных болтов.

Кроме описанного, имеются и другие типы шарнирных соединений. В одном из них вместо штыря применен длинный болт (шкворень), на который снизу, под корневым мостиком, навинчивается гайка, в другом корневой башмак закреплен неподвижно, а поворачивается только сам корень остряка на корневом башмаке с помощью грибовидного вкладыша между ними.

Шарнирное крепление также довольно непрочно, так как гнезда быстро разрабатываются и все соединение расстраивается. Поэтому в стрелочных переводах типов Р43 и Р50 с остриями низкого профиля без выпрессовки корня конструкция этого соединения усилена (рис. 83). Диаметр шворня корневого башмака увеличен с 70 до 100 мм. Острия прикрепляются в корне к корневому башмаку без заклепочных соединений, что улучшает условия эксплуатации.



**Рис. 82.** Шарнирное (шкворневое) крепление корня остряка:

1 — рамный рельс; 2 — остряк; 3 — корневой башмак со штырем; 4 — прижимные планки; 5 — лафет; 6 — корневой мостик; 7 — корневой вкладыш; 8 — болты

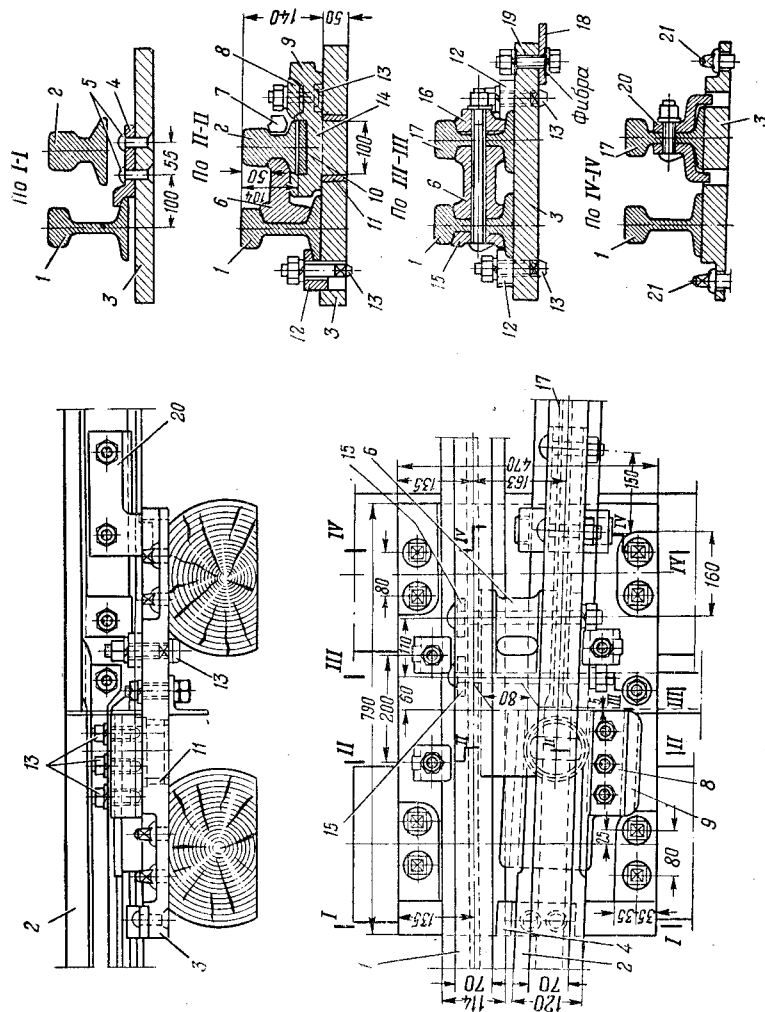


Рис. 83. Современное шарнирное (шкворневое) крепление корня остряка в стрелках типов Р43 и Р50:  
1 — рамный рельс; 2 — остряк; 3 — корневой мостик; 4 и 12 — лапкоудержки; 5 — заклепка; 6 — корневой вкладыш; 7 — пальцеобразный отросток корневой накладки; 8 — зажимная планка; 9 — корневой башмак; 10 — шпонка; 11 — корневая втулка; 13 — закладные болты; 14 — шкворень (шарнир); 15 — шайба накладки; 16 — корневая накладка; 17 — путевой рельс; 18 — связанная уголок; 19 — втулка; 20 — противоугольная накладка; 21 — шурупы.

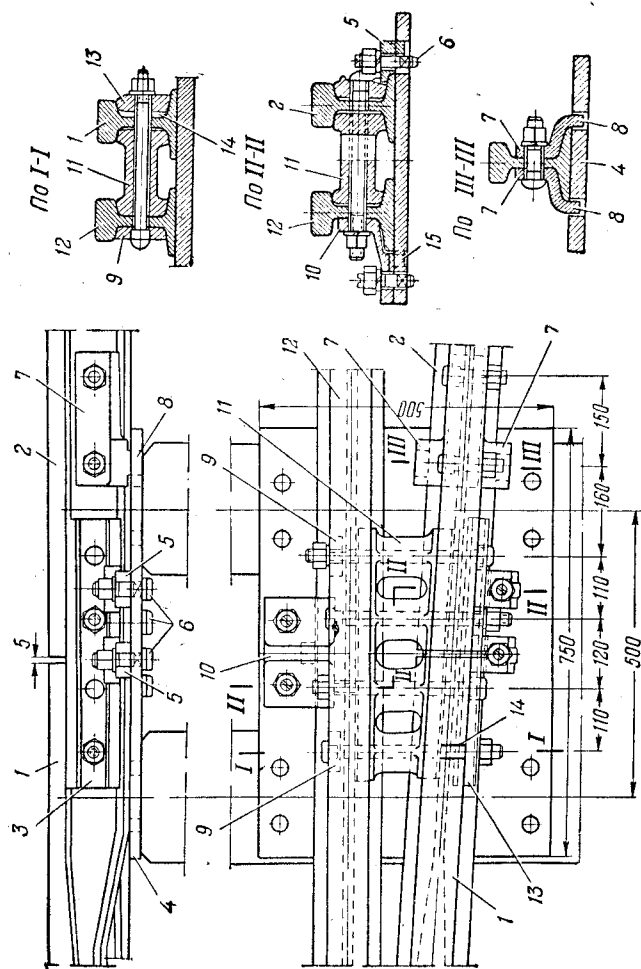
Подошва остряка жестко закреплена на корневом башмаке тремя закладными вертикальными болтами, проходящими через зажимную планку. От угона остряк удерживается шпонкой, входящей в специальные поперечные пазы, имеющиеся как в его подошве, так и в корневом башмаке. Кроме того, в качестве противоугольных приспособлений для рельса, примыкающего непосредственно к корню, применены парные двухдырные противоугольные накладки, входящие своими шипами в гнезда корневого мостика.

Для защиты корня остряка от боковых смещений с одной стороны поставлен удлиненный корневой вкладыш, заполняющий пространство между корневой частью остряка и рамным рельсом, а с другой стороны, изнутри колеи, — пальцеобразный отросток корневой двухдырной накладки, свободно входящий в пазуху остряка.

Накладочно-вкладышное корневое соединение применяется при остряках высокого профиля и остряках низкого профиля с выпрессованной корневой частью. В этом соединении между корнем остряка и рамным рельсом вставляется четырехдырный вкладыш, а снаружи остряка ставится четырехдырная накладка. Все соединение плотно стягивается вместе с рамным рельсом четырьмя болтами. Чтобы не затруднять поворот остряка в корне при переводе стрелки, передний конец корневой накладки несколько отгибается. Для того чтобы при подтягивании корневых болтов отогнутый конец накладки не вошел обратно в пазуху остряка, между ним и корневым вкладышем вставлена в специально рассверленное в шейке остряка отверстие корневая втулка, надетая на первый корневой болт. Она дает возможность остряку беспрепятственно поворачиваться в корневом креплении.

В последних конструкциях этого корневого крепления для стрелочных переводов типов Р43, Р50 и Р65 в целях улучшения вертикального закрепления применены лапкоудержки и корневая упорка, скрепленные с корневым мостиком болтами, а для борьбы с поперечными перемещениями и угоном — противоугольные накладки (рис. 84).

В настоящее время начинают выпускать стрелочные переводы с гибкими остряками, в которых перевод стрелки производится не за счет поворота остряков в корне, а за счет их упругого изгиба. В корне такие остряки закрепляются жестко корневыми накладками. Для улучшения гибкости в подошве остряков на некотором расстоянии от корня делается двухсторонний вырез.

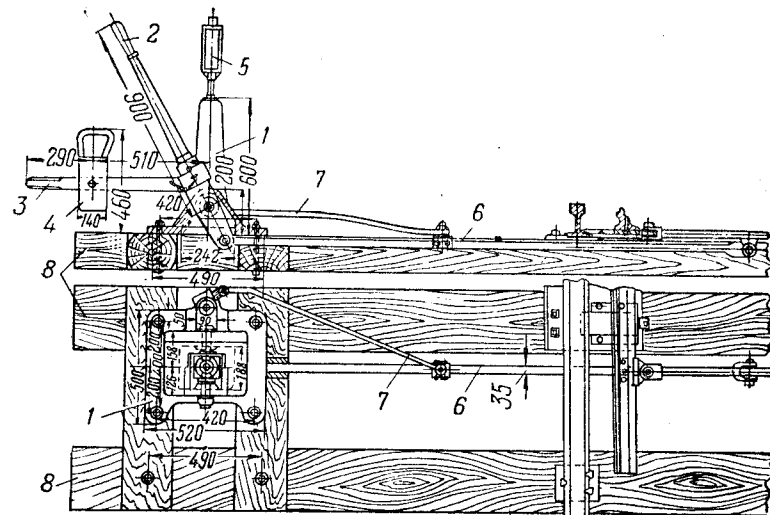


**Рис. 84.** Накладочно-вкладышное крепление корня остряка низкого профиля с выпрессованной корневой частью (для стрелок типов Р43, Р50 и Р65):

1 — остряк; 2 — путевой рельс; 3 — корневая накладка; 4 — корневой мостик; 5 — лапki-удержки; 6 — закладные болты; 7 — противоугольная накладка; 8 — шип накладки; 9 — шайба; 10 — корневая упорка; 11 — корневой вкладыш; 12 — рамный рельс; 13 — отогнутый конец корневой накладки; 14 — распорная втулка; 15 — шип корневой упорки

Перевод остряков из одного положения в другое осуществляется при помощи специальных устройств, управление которыми производится с одного пункта (механическая или электрическая централизация), или при помощи ручных переводных механизмов.

Типовой ручной рычажный переводной механизм, принятый на железных дорогах СССР (рис. 85), состоит из переводного станка и переводной тяги.



**Рис. 85.** Типовой ручной рычажный переводной механизм:

1 — станина; 2 — переводной рычаг; 3 — балансовый рычаг; 4 — баланс; 5 — фонарная стойка с фонарем; 6 — переводная тяга; 7 — поводок; 8 — флюгарочные брусья

Переводной станок имеет чугунную станину с закрепленным в ней переводным рычагом, балансовый рычаг с балансом (грузом) весом до 4,2 км и фонарную стойку с фонарем и поводком. Переводная тяга одним концом шарнирно скреплена с нижней частью переводного рычага, а другим концом, также шарнирно, — с первой стрелочной тягой. Переводная тяга проходит под рамным рельсом, что предохраняет остряки от поднятия вверх.

Для перевода стрелки из одного положения в другое перемещают переводной рычаг и одновременно с ним перебрасывают в ту же сторону (на 180°) и баланс на балансовом рычаге. Баланс облегчает перевод стрелки и, оттяги-

вая рычаг, способствует более плотному прилеганию соответствующего остряка к рамному рельсу.

Вместе с перемещением переводной тяги перемещается и поводок к фонарной стойке, который при этом поворачивает стрелочный фонарь на  $90^\circ$ ; положение фонаря показывает машинисту, на какой путь поставлена стрелка: на прямой или на боковой. На станине переводного механизма наносится номер стрелочного перевода и стрелкой показывается его нормальное положение в свободное от маневров и поездов время.

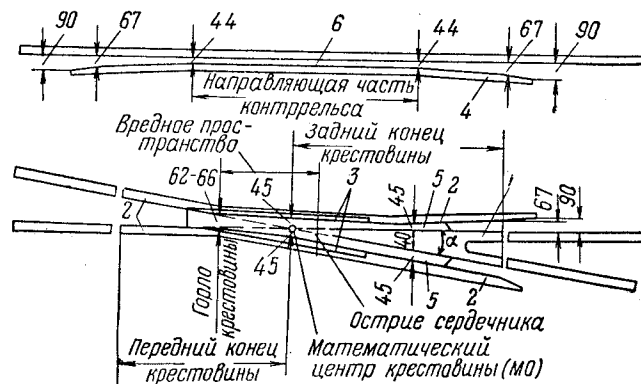


Рис. 86. Крестовина с контррельсом:

1 — сердечник; 2 — усовики; 3 — изнашиваемая часть усовиков; 4 — контррельс; 5 — желоба крестовины; 6 — желоб контррельса; α — угол крестовины

На железных дорогах СССР иногда встречаются переводные механизмы только с одним балансовым рычагом, который одновременно служит и переводным рычагом.

**Крестовина с контррельсами.** Крестовина (рис. 86) предназначена для безопасного пропуска колес подвижного состава в местах пересечения рельсовых нитей. Она состоит из сердечника и двух усовиков. Между усовиками и сердечником имеются два желоба для пропуска реборд колес подвижного состава. Самое узкое пространство между усовиками (в местах их изгиба) называется горловиной (горлом) крестовины. Усовики имеют назначение поддерживать и направлять движение реборд колес экипажей при пересечении ими места разрыва той или иной рельсовой нити на крестовине.

Сердечник крестовины представляет собой металличе-

ский клин, передняя часть которого называется острием (или языком), а задняя — корнем (или хвостом, пятой). Острие сердечника по конструктивным соображениям несколько притупляется и имеет ширину 10—12 мм. Промежуток между горлом крестовины и началом острия сердечника называется вредным (мертвым) пространством, так как реборды колес проходят его, не имея направляющего рабочего канта. Чтобы колеса на этом участке имели правильное направление и не могли своими ребордами попасть в соседний желоб или ударить в острие сердечника, у путевых рельсов против крестовины укладываются контррельсы, которые своей прямой частью перекрывают расстояние от горла крестовины до сечения сердечника шириной 40 мм.

Ширина желоба в горле крестовины делается 62—66 мм, между сердечником и усовиком (от начала острия до места, где ширина сердечника равна 40 мм) — 45 мм, а затем отгибами усовика доводится у заднего конца крестовины до 67 мм и у переднего конца до 90 мм. Глубина желоба делается не менее 45 мм.

Точка пересечения рабочих граней сердечника называется математическим центром крестовины, а угол, под которым они пересекаются, — углом крестовины. Величина угла крестовины выражается в градусах, минутах и секундах и имеет следующие значения для принятых марок крестовин:  $5^\circ 11' 40''$  — для марки 1/11,  $6^\circ 20' 25''$  — для марки 1/9 и  $9^\circ 27' 45''$  — для марки 1/6.

Практически марку крестовины можно определить как отношение ширины сердечника в любом месте к расстоянию от математического центра крестовины до этого места.

По своей конструкции крестовины бывают цельнолитые и сборные, последние в свою очередь делятся на сборные с литым сердечником и сборные из рельсов.

**Цельнолитые крестовины** (рис. 87, а) представляют собой общую отливку сердечника, усовиков и их соединений. Они применяются главным образом в стрелочных переводах типов I-а и II-а марок 1/11 и 1/9, но широкого распространения эти крестовины не получили из-за своих недостатков, заключающихся в том, что они очень жестко воспринимают удары колес подвижного состава, а излом любой из ее частей заставляет менять всю крестовину.

Цельнолитые крестовины старых типов лежат в основном на малодеятельных станционных путях.

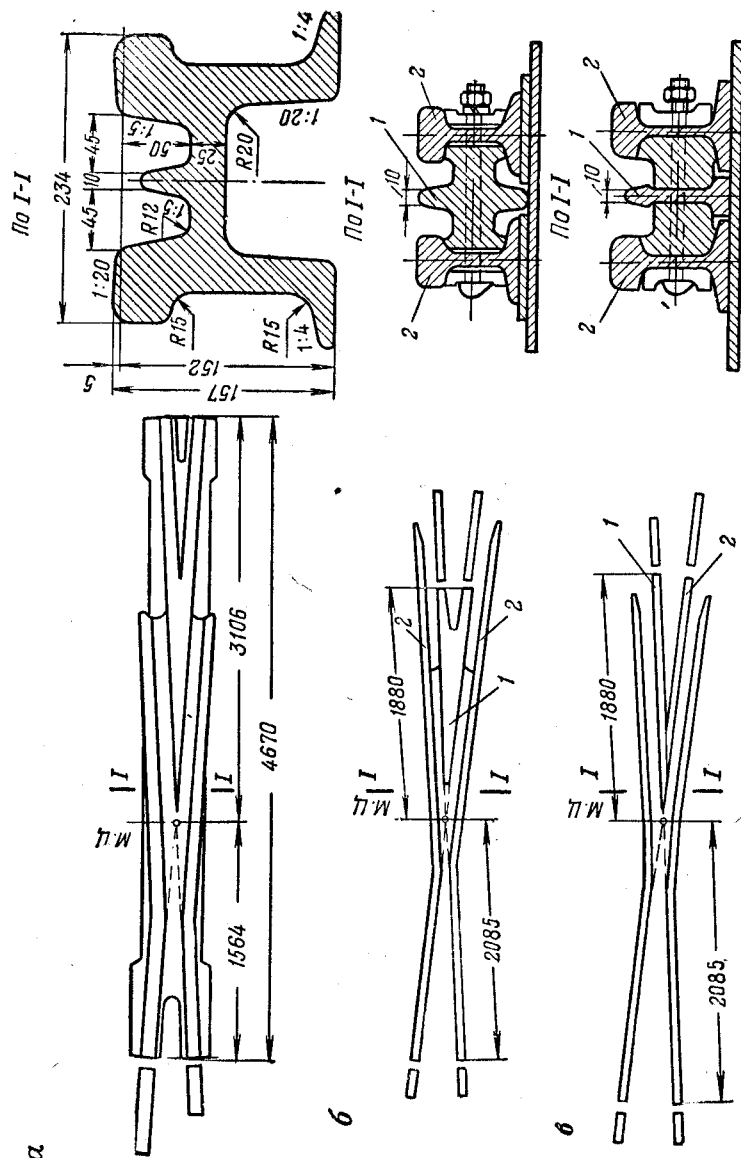


Рис. 87. Типы крестовин:

а — цельнолитая крестовина для стрелок типа Р50 из высокомарганцевистой стали; б — сборная крестовина с литым сердечником для стрелок типа Р43; 1 — сердечник; 2 — усовики

В 1952—1953 гг. изготавливались цельнолитые крестовины типов Р43 и Р50 из высокомарганцевистой стали, которые можно встретить на приемо-отправочных путях.

Сборные крестовины с литым сердечником (рис. 87, б) имеют усовики из обыкновенных рельсов, соединенных с сердечником с помощью болтов.

Литые сердечники применяются двух типов — двусторонние, позволяющие при износе переворачивать их и использовать нижнюю часть, и односторонние. Двусторонние сердечники в настоящее время не изготавливаются, а односторонние распространены очень широко.

В новых стрелочных переводах типов Р43, Р50 и Р65 сердечники и рабочие части усовиков представляют собой общую отливку. Литые изнашиваемые части усовиков вместе с сердечником охватываются с боков усовиками, изготовляемыми из рельсов нормальных типов. Рельсовые усовики имеют на головке вырезы, в которые входят приливы отливки изнашиваемых частей усовиков. Вся общая отливка (изнашиваемая часть усовиков и сердечник) скрепляется с рельсовыми усовиками болтами.

Сборные крестовины с сердечниками и усовиками из рельсов (рис. 87, в) очень разнообразны по конструкции. В изготовлении эти крестовины просты, но качество их хуже, чем сборных с литым сердечником, из-за недостаточной износостойкости. Применяются сборные крестовины главным образом на станционных путях в стрелочных переводах легких типов.

Контррельсы изготовляются из рельсов длиной от 4 до 6 м и соединяются с путевыми рельсами болтами с вкладышами (рис. 88, а). Середина контррельса параллельна путевому рельсу, а концы в плане полого отведены внутрь колеи отгибом или срезкой головки.

Ширина желоба между путевым рельсом и прямой частью контррельса равна 44 мм, затем постепенно увеличивается до 67 мм и на входных концах равна 90 мм, что позволяет устранить удары реборд в торцы контррельсов. Чтобы образовалась требуемая ширина желоба, подошва контррельса сострагивается.

Контррельс и путевой рельс укладываются на плоских подкладках и прикрепляются к переводным брускам костылями и шурупами.

В настоящее время для стрелочных переводов типов Р50 и Р65 контррельсы изготовляются специального профиля с небольшим превышением верха контррельса над верхом



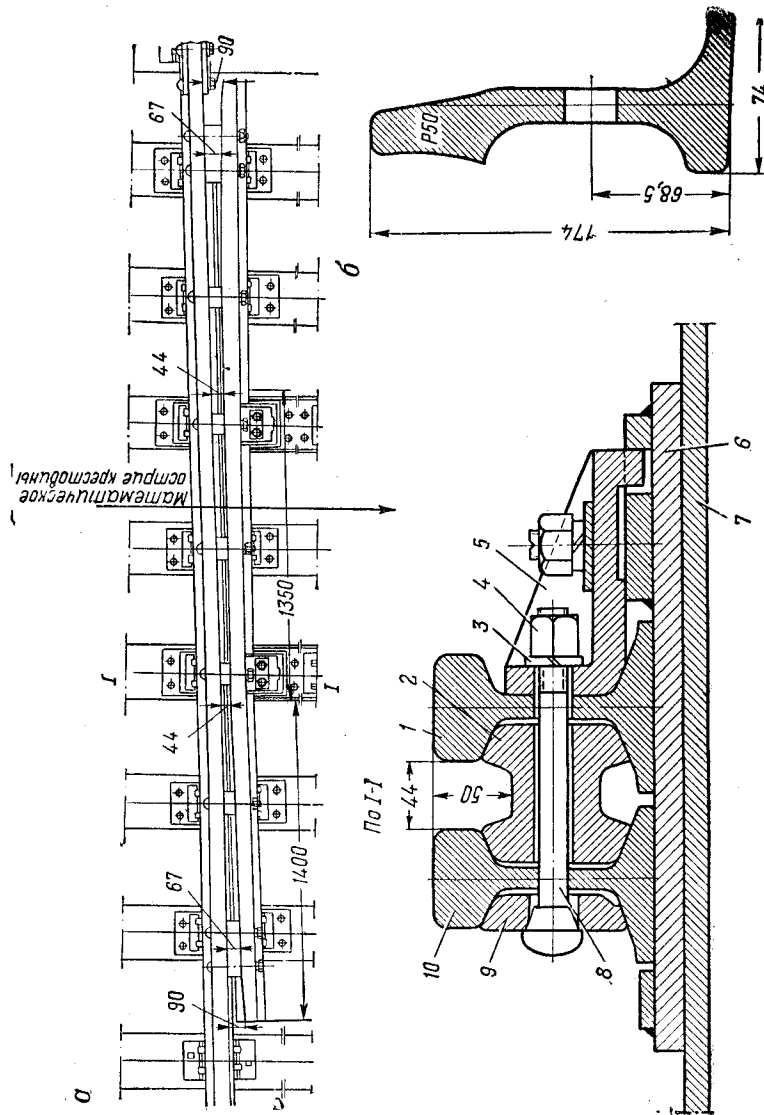


Рис. 88. Контррельс к крестовине:

а — контррельс из путевых рельсов; б — опытный контррельс специального профиля для переводов типов Р50 и Р65

рельса (рис. 88, б). Вес этого контррельса на 30% меньше обычного, что значительно снижает расход металла.

Переводные пути. В одиночных стрелочных переводах к переводным путям относятся наружные рельсовые нити, укладываемые от задних стыков рамных рельсов до конца стрелочного перевода, и внутренние рельсовые нити, укладываемые от корневых стыков остряков до передних стыков крестовин. В обыкновенных стрелочных переводах один из переводных путей прямой, другой кривой; в симметричных и несимметричных оба пути кривые. Кривой путь, соединяющий стрелку с крестовиной, называется переводной кривой.

Переводная кривая начинается от корня остряка и кончается на некотором расстоянии впереди переднего стыка крестовины. Между стыком крестовины и концом переводной кривой имеется прямая вставка, наличие которой предупреждает появление горизонтального толчка в крестовине от колес, возникающего при входе и выходе экипажей из переводной кривой.

Радиус переводной кривой зависит от марки крестовины: чем выше марка, тем радиус должен быть больше. При крестовине марки 1/9 радиус переводной кривой равен приблизительно 200 м, при крестовине марки 1/11—300 м.

Уширение колеи в переводной кривой делается в зависимости от ее радиуса. Наибольшее уширение имеет место в середине кривой. Это уширение от середины постепенно сравнивается с уширением в корне остряка, а к началу прямой вставки перед крестовиной сводится на нет, так как ширина колеи перед крестовиной должна быть 1524 мм с допуском  $\pm 1$  мм. Возвышение наружного рельса в переводной кривой, как правило, не делается.

В новых стрелочных переводах типа Р65 переводная кривая усиливается постановкой специальных упорных башмаков в количестве от 9 до 12 штук на переводную кривую.

Соединительный путь между стрелкой и крестовиной по основному направлению в обыкновенном стрелочном переводе должен быть прямым на всем протяжении перевода. Уширение колеи, которое делается в начале остряка прямого пути, постепенно уменьшается до ширины колеи, установленной в корне остряка, и затем до нормальной (1524 мм). Эти изменения ширины колеи производятся только за счет смещения остряковой рельсовой нити. Рельсовая нить прямого пути, на которой находится рамный рельс, должна сохранять строго прямое направление.

Нормы содержания стрелочных  
(обозначения)

Тип стрелочного перевода	Форма остряка	Марка крестовины	Ширина колеи в стрелочном пе				
			перед остряком		у остряка $\alpha$	в корне остряка	
			в стыке рамных рельсов $\alpha$	в расстоянии 12/18 мм от остряка $\beta$		на боковой путь $\gamma$	на прямой путь $\delta$
P65; P50; P43 (I-y) I-a	Кривой	1/11	1524	1530 <sup>1</sup>	1536	1536	1524
P38 (II-a)	"	1/11	1524	1526	1536	1536	1524
III-a	"	1/11	1524	1526	1536	1536	1524
IV-a	"	1/11	1524	1526	1536	1536	1524
P65; P50; P43 (I-y) I-a	Прямой	1/9	1524	1530 <sup>1</sup>	1536	1536	1524
P38 (II-a)		1/9	1526	—	1541	1528	1528
III-a		1/9	1526	—	1541	1528	1528
III-a		1/9	1526	—	1541	1528	1528
IV-a		1/11	1526	—	1541	1528	1528
IV-a		1/9	1531	—	1545	1532	1532
P43 (I-y) P38 (II-a)	Кривой	1/9	1524	—	1536	1536	1526
III-a	"	1/9	1524	—	1536	1536	1524
III-a	Прямой	1/9	1524	1532 <sup>2</sup>	1540	1530	1527
		1/9	1524	—	1541	1526	1526
Допускаемые отступления в сторону	Увеличения		3	3	2	2	2
	Уменьшения		2	2	3	2	2

<sup>1</sup> На расстоянии 1000 мм.

<sup>2</sup> На расстоянии 380 мм.

<sup>3</sup> В старой конструкции (до 1938 г.) — 140 мм.

<sup>4</sup> Для перекрестных переводов P43 (I-y).

<sup>5</sup> Для конструкций изготовления после 1938 г. — 71 мм.

<sup>6</sup> Для стрелок с прямыми остряками.

<sup>7</sup> Для переводов типа I-a — с 1938 г., P38 — с 1941 г. и III-a с

переводов (размеры в мм)  
по рис. 89)

реводе		Шаг остряка по оси первой тяги <i>л</i>	Ширина желобов							В тупой крестовине перекрестных переводов	
в середине кривой <i>е</i>	в крестовине и в конце кривой <i>ж, з, и, к</i>		в корне остряка		в крестовине		на отводах усовиков и контррельсов				
			по прямому пути <i>м</i>	по боковому пути <i>н</i>	в горле <i>о</i>	у остряка до сечения сердечника 40 мм <i>п</i>		в отведенной части <i>с</i>	на отводах <i>т</i>	ширина колеи по брусу в горле	ширина желоба в горле
1536	1524	152	80	93	66	45	44	67	90	—	—
1536	1524	152	68	81	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1536	1524	152	70	83	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1536	1524	152	78	91	62	45	44	65	90	—	—
1536	1524	133	80	92	62	45	44	65	90	—	—
1540	1524	152	80	93	66	45	44	67	90	—	—
1540	1524	152	68	68	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1540	1524	152	70	70	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1540	1524	152	65	65	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1536	1524	152 <sup>3</sup>	65 <sup>5</sup>	65	62 <sup>7</sup>	45	44	65	90	—	—
1536	1524	133 <sup>3</sup>	65 <sup>5</sup>	65	62	45	44	65	90	—	—
1540	1524	133	62,5	62,5	62	45	44	65	90	—	—
1536	1524	145	81,6	94,7	66	45	44	65	90	1526	46
1536	1524	150	75	85	66	45	44	65	90	1526	46
1540	1524	140	65	71	62	45	44	65	90	1527	48
1540	1524	140	65	65	62	45	44	65	90	1526	48
3	1	8 и 5 <sup>4</sup>	3 и 2 <sup>6</sup>	2	3	2	3	3	3	3	+ 3 в горле
2	1	2	2 и 0 <sup>6</sup>	2 и 0 <sup>6</sup>	0	2	2	2	2	2	+ 2 в желобе

1938 г. — 66 мм.

Количество рельсов для переводных путей, их длина и местоположение приводятся на эпюрах и схемах стрелочных переводов.

Рельсовые нити стрелочного перевода на всем протяжении должны быть в одном уровне. Допускаемые отклонения от уровня установлены в  $\pm 4$  мм; уклоны отвода колебаний по уровню в этих пределах не должны быть больше 1‰. Подуклонка рельсов в переводах, как правило, не делается.

Стрелочные переводы должны соответствовать типу рельсов, уложенных в путь. При несовпадении типов необходимо перед стрелочным переводом и в конце его иметь по одному звену из рельсов того же типа, что и стрелочный перевод. Стрелочные переводы должны укладываться согласно утвержденным чертежам — эпюрам.

Ширина колеи в различных частях стрелочных переводов и ширина желобов (рис. 89) должны соответствовать нормам, приведенным в табл. 14.

Для обеспечения безопасности движения подвижного состава по стрелочным переводам необходим строгий контроль за сохранением положений, в которые переведены стрелки переводов, и за плотностью прилегания острижков к рамным рельсам. Для этого в переводах с ручным управлением применяются специальные контрольные замки. Наибольшее распространение на наших дорогах получили замки системы Мелентьева.

Стрелочные замки системы Мелентьева (рис. 90, а) имеют двух видов: одиночные и двойные. Одиночным замком можно запереть стрелку в одном положении, двойным — в одном из двух положений. Первые имеют один ключ, вторые два. Каждый ключ должен иметь номер стрелки и показывать положение стрелки, которому он соответствует. Ключ из замка можно вынуть только при соответствующем ему положении стрелки и запертом замке. Запирание стрелки этим замком при отходе пера на 4 мм и более (при измерении против первой межостряковой тяги) не происходит.

Простейшим контрольным прибором являются стрелочные закладки (рис. 90, б) с висячими замками, устанавливаемыми у обоих острижков. Закладками оборудуются все стрелки (кроме горочных), включая централизованные и имеющие контрольные замки.

Переводные брусья. Металлические части стрелочных переводов (стрелка с переводным механизмом,

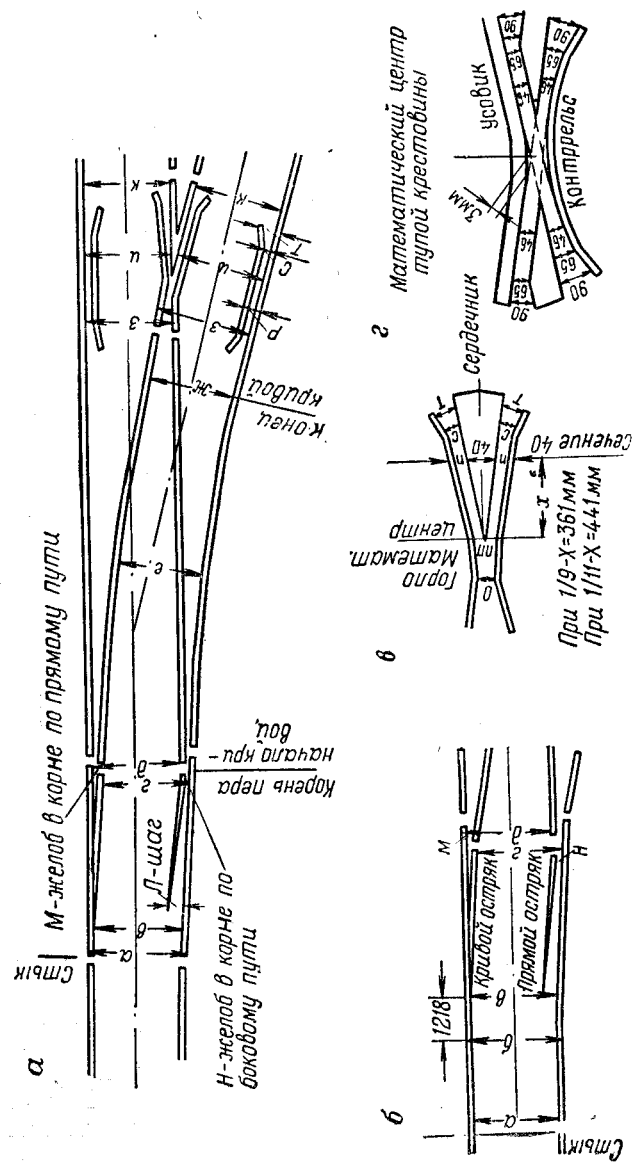


Рис. 89. Места промеров ширины колеи и желобов в стрелочных переводах:

а — при прямых острижках; б — при кривых острижках; в — в остром крестовине; г — в тупой крестовине

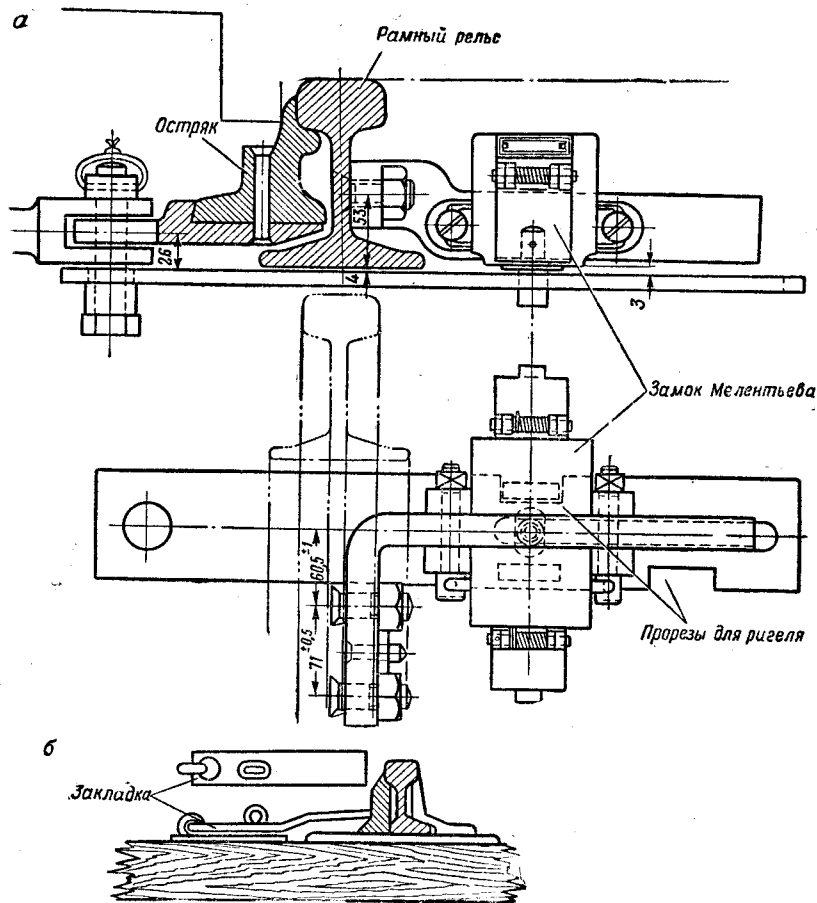


Рис. 90. Стрелочные замки и запорные приспособления:  
а — замок системы Мелентьева; б — стрелочная закладка

переводные пути и крестовина с контррельсами) укладываются в путь на переводных брусках.

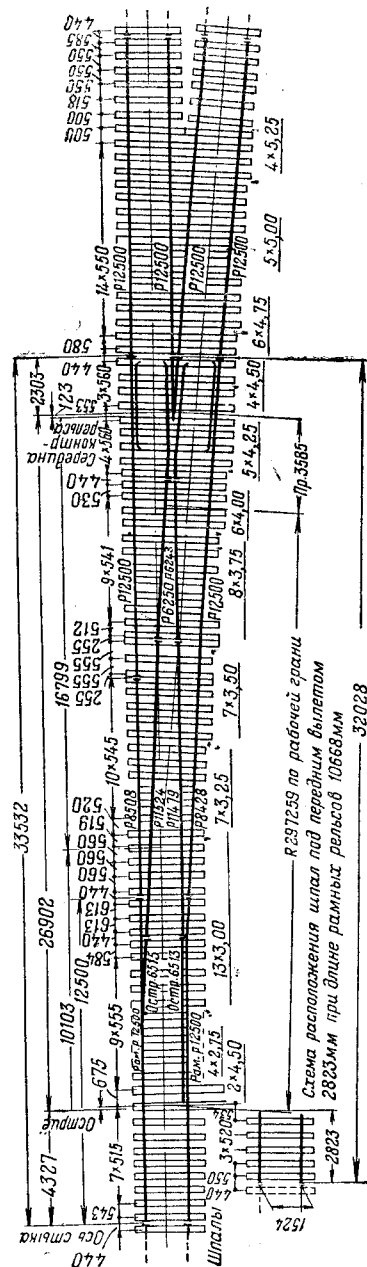
Располагаются брусья на всем протяжении от начала остряков до прямой вставки перед крестовиной перпендикулярно оси пути, а на прямой вставке и под крестовиной — перпендикулярно биссектрисе угла крестовины. Для установки переводного механизма у остряка остряков укладываются два бруса длиной 4,50 м, называемые флюгарочными.

Количество брусьев, их размеры и местоположение для того или иного типа стрелочного перевода указываются в эпюрах стрелочных переводов, одна из которых приведена на рис. 91.

### Симметричные стрелочные переводы

Симметричные стрелочные переводы имеют преимущества перед обыкновенными переводами, главнейшие из которых следующие. Углы, образуемые остряками стрелки с осью основного прямого направления, у симметричных стрелочных переводов вдвое меньше, чем у обыкновенных переводов, в связи с чем в симметричных переводах уменьшается сила ударов колес о рельсы при повороте подвижного состава, причем и движение его происходит много спокойнее. Это преимущество позволяет значительно увеличивать скорости движения подвижного состава. Для укладки симметричных стрелочных переводов требуют примерно на 30% меньше места по длине.

Симметричные стрелочные переводы большого распространения на дорогах СССР не имеют,



так как начали применяться сравнительно недавно. Они укладываются главным образом в стесненных местах, в частности в подгорочных сортировочных парках, где уменьшение длины стрелочной зоны имеет большое значение.

В настоящее время на наших дорогах встречаются симметричные стрелочные переводы типов Р43, Р38 и III-а с кривыми и с прямыми острьями, имеющие марки крестовин от 1/6 до 1/11. Чаще других уложены симметричные переводы марки Р38 (II-а) с кривыми острьями длиной 4340 мм, на лафетах, с крестовиной марки 1/6 и радиусом кривой около 200 м. Полная длина этого перевода 17,365 м (обыкновенный стрелочный перевод с маркой крестовины 1/9 и таким же радиусом переводной кривой имеет длину 24,947 м).

### Перекрестные стрелочные переводы

Перекрестные стрелочные переводы применяются на станциях со стесненными условиями, так как, заменяя два обыкновенных перевода, они требуют мало места.

Из всех типов перекрестных переводов на железных дорогах СССР наибольшее распространение имеют двойные перекрестные стрелочные переводы.

Двойной перекрестный перевод (рис. 92) состоит из четырех пар острьяков, двух пар крестовин (двух острых и двух тупых), восьми рамных рельсов и рельсов переводных путей. Четыре стрелки этого перевода располагаются по одной на каждом из четырех направлений.

Остряки, как и в обыкновенном переводе, соединены в каждой стрелке попарно. Перемещение остряков для пропуска подвижного состава осуществляется двумя способами:

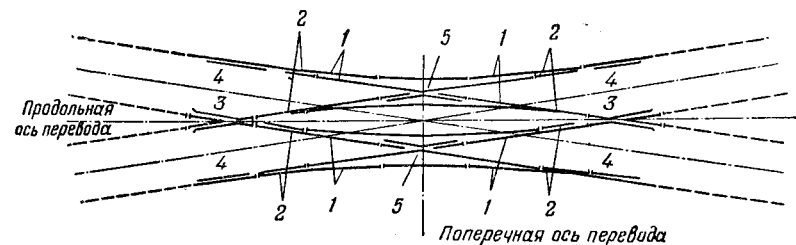


Рис. 92. Двойной перекрестный стрелочный перевод:

1 — рамные рельсы; 2 — остряки; 3 — острые крестовины; 4 — контррельсы острых крестовин; 5 — тупые крестовины

симметричным и несимметричным. При симметричном ходе остряков, управление которыми производится одним переводным механизмом, возможно два их положения, и при каждом положении движение может осуществляться одно-

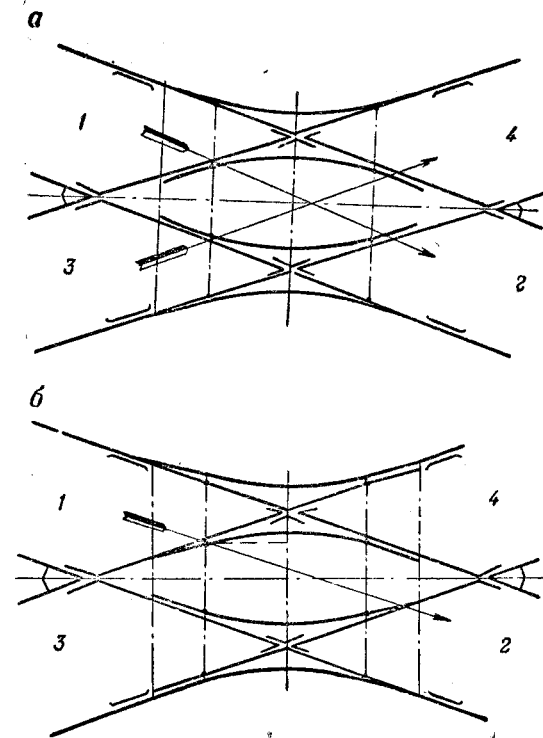


Рис. 93. Перемещение остряков в двойном перекрестном стрелочном переводе:

а — при симметричном ходе остряков; б — при несимметричном ходе остряков

временно по двум направлениям. При первом положении с прижатыми крайними и отжатыми средними острьями (рис. 93, а) подвижной состав может одновременно проходить, как показано стрелками, по обоим перекрещивающимся направлениям. При втором положении с прижатыми средними и отжатыми крайними острьями подвижной состав может проходить с подходящих направлений на отклоняемые. Возможность одновременного движения по



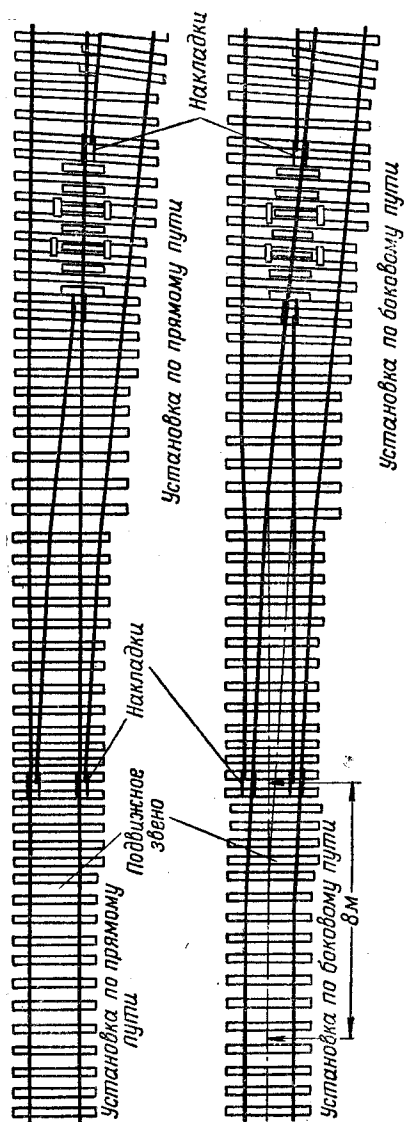


Рис. 95. Упрощенный стрелочный перевод

нами марки 1/9 и кривыми острьями, кроме типа III-а, который изготавливается как с кривыми, так и с прямыми острьями.

Основные характеристики и размеры стрелочных переводов приведены в табл. 15.

### Упрощенные стрелочные переводы

К упрощенным стрелочным переводам относятся такие переводы, части которых не требуют сложной обработки и изготавливаются из обыкновенных рельсов. Эти переводы могут применяться в военное время на второстепенных путях, тупиках и временных путях при недостатке обыкновенных стрелочных переводов, а в исключительных случаях, как краткосрочная мера, — и на главных путях при условии уменьшения скорости движения до 5 км/час.

К таким переводам относится безостряковый перевод конструкции Научно-исследовательского института

движения и грузовой работы. В этом переводе вместо стрелки применяется подвижное звено длиной 8 м (рис. 95). Стык подвижного звена устраивается в том месте, где между головками рельсов переводных путей расстояние не

радиус переломной кривой в м	Количество переломных брусков в шт.	Брус в шт.				общий вес металлических частей перелома
		столбик	переломного механизма	срезки концы с концевыми резьбами	металлическая часть перелома	
300,0	76	5,60	0,22	3,47	17,1 10,2	17,92
200,0	69	5,60	0,22	2,82	15,8 11,7	10,69
600,0	98	9,11	0,22	3,75	20,4	17,16
300,8	71	3,85	0,22	2,29	12,0 11,1	9,61
200,8	62	3,85	0,22	1,89	11,1 11,0	7,29
300,8	71	3,40	0,22	2,05	10,7 10,0	9,56
200,0	62	3,40	0,22	1,59	9,1 11,1	8,29
294,9	56	3,40	0,22	2,05	10,2 10,8	7,56
294,9	56	2,46	0,22	1,21	8,65	6,58
205,0	60	2,28	0,22	1,15	9,24	7,34
294,9	56	2,05	0,22	1,01	8,11	6,15
201,3	50	2,53	0,22	1,05	8,65	7,16
306,5	52	1,48	0,22	0,91	6,84	9,39
195,9	50	1,48	0,22	0,78	6,48	8,02
294,9	55	1,18	0,19	0,72	6,03	7,13
205,0	50	1,10	0,19	0,72	5,6	6,75
200,8	34	2,04	0,22	1,15	6,15 6,39	1,40
610,7	33	2,30	0,22	1,41	8,81	9,30
300,0	30	2,30	0,22	1,16	7,68	7,16
200,8	35	2,30	0,22	0,90	5,93	4,85
350,2	30	1,67	0,22	0,78	6,76	7,16
243,0	91	2×5,20	2×0,30	2×1,69 1×1,28	24,02	14,44
250,0	77	2×7,15	2×0,30	2×3,225 2×3,14	34,54	12,12
250,0	81	2×8,10	2×0,30	2×3,15	35,47	12,72



# Основные характеристики и размеры стрелочных переводов

Характеристика стрелочного перевода								Основные размеры						
тип перевода	марка крестовины	форма острого угла	профиль острого угла	вид опорных рамных рельсов	число подкладок	вид крепящего устройства	рамного рельса	длина в мм					высота	полная длина перевода
								острого угла	крестовины		сборной			
плавной	с литым сердечником	сборной												
Обыкновенные стрелочные переводы	P65	1/11	Кривой	Низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышевый	12 500	8300	—	5500	—	4654	33 370
	P65	1/9	"	"	"	"	"	12 500	8300	—	4590	—	3770	31 042
	P50	1/15	Гибкий, кривой	"	Лафет под гибкой частью	"	Жесткое; накладочно-вкладышное	12 500 × 2	15000	—	7003	—	6022	47 843
	P50	1/11	Кривой	"	Башмаки	"	Накладочно-вкладышное	12 500	6515	—	4950	—	4150	33 532
	P50	1/9	"	"	"	"	"	12 500	6515	—	3965	—	3250	31 363
	P43	1/11	"	Низкий; низкий с выпрессовкой	Башмаки; лафеты	"	Накладочно-вкладышное; шарнирное	12 500	6515	—	4950	4950	4150	33 451
	P43	1/9	"	"	"	"	"	12 500	6515	—	3965	3965	3250	31 063
	P43	1/11	"	Низкий	Башмаки	"	Шарнирное	10 668	6144	3230	4760	4760	4900	32 028
	I-a	1/11	Прямые	"	Лафеты	Есть	"	10 668	6144	3230	4760	4760	4900	32 028
	I-a	1/9		Нет	"	—	3435	3435	4400	28 370				
	P38	1/11	Кривой	"	"	Есть	"	10 668	6144	3100	4680	4680	4700	32 028
	(II-a)	1/9	Прямые	"	"	Нет	"	8229	6144	—	3315	3315	4200	28 240
	P38	1/11		"	"	"	—	3215	3420	4200	27 516			
III-a	1/11	"	Высокий	Башмаки; лафеты	"	Накладочно-вкладышное; накладочное	7315	5565	—	3700	3700	4500	31 516	
III-a	1/9	"	"	"	"	"	7315	5565	—	3215	3420	4200	27 516	
IV-a	1/11	"	"	"	"	"	7010	5276	—	3430	3074	4500	30 927	
IV-a	1/9	"	"	"	"	"	7925	6998	—	3094	2991	3660	28 060	
Симметричные стрелочные переводы	P43	1/6	Кривые	Низкий; низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышное; шарнирное	6160	4340	—	—	2300	2400	17 365
	P38	1/11	Прямые	Низкий	"	"	Шарнирное	8229	6144	—	4680	4400	4100	31 000
	P38	1/9		"	"	—	3435	3435	4400	28 370				
	P38	1/6	Кривые	"	"	"	6160	4340	—	—	—	—	—	
	III-a	1/9	Прямые	Высокий	"	"	Накладочно-вкладышное	7315	5565	—	3700	3700	4500	31 516
Специальные стрелочные переводы	P43	1/9	Кривые	Низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышное; шарнирное	7909	5715	—	—	—	—	—
	I-a	1/9	"	Низкий	"	"	Шарнирное	—	—	—	—	—	—	—

12 500	8 300		00	00	11 1.0	300,0	70	3,60	0,22	1,15	1,15	10,2	12,02	
12 500	8 300		00	00	11 0.1	300,0	69	3,60	0,22	1,82	15,8	11,2	10,69	
12 500	8 300		00	00	11 1.1	600,0	95	9,11	0,22	3,75	20,34		17,16	
12 500	8 300		00	00	11 0.3	300,8	71	3,80	0,22	1,29	11,0	11,4	9,61	
12 500	8 300		00	00	11 0.3	31 363	200,8	62	3,80	0,22	1,89	11,1	11,0	8,29
12 500	8 300		00	00	11 0.3	28 370	300,8	71	3,40	0,22	1,05	10,2	10,2	9,36
12 500	8 300		00	00	11 0.3	33 451	300,8	71	3,40	0,22	1,05	10,2	10,2	9,36
12 500	8 300		00	00	11 0.3	32 028	300,8	71	3,40	0,22	1,05	10,2	10,2	9,36
12 500	8 300		00	00	11 0.3	31 063	200,0	62	3,40	0,22	1,39	9,1	11,1	8,29
10 668	6144	3230	4760	4760	4900	28 240	294,9	56	3,40	0,22	2,05	10,1	10,8	7,56
10 668	6144	3230	4760	4760	4900	32 028	294,9	56	2,46	0,22	1,21	8,6	10,8	7,56
8 229	6144	—	3435	3435	4400	28 370	205,0	60	2,28	0,22	1,15	7,4	10,4	6,74
10 668	6144	3100	4680	4680	4700	32 028	294,9	56	2,05	0,22	1,01	8,11	10,4	6,74
8 229	6144	—	3315	3315	4200	28 240	201,3	50	2,53	0,22	1,05	8,6	10,6	6,74
7315	5565	—	3700	3700	4500	31 516	306,5	52	1,48	0,22	0,91	6,81	9,41	6,74
7315	5565	—	3215	3420	4200	27 516	195,9	50	1,48	0,22	0,78	6,15	9,07	6,74
7010	5276	—	3430	3074	4500	30 927	294,9	55	1,18	0,19	0,72	6,03	8,11	6,74
7925	6998	—	3094	2991	3660	28 060	205,0	50	1,10	0,19	0,72	5,6	8,11	6,74
6160	4340			2300	2400	17 365	200,8	34	2,04	0,22	1,15	6,15	6,19	1,10
8 229	6144	—	—	3680	1700	31 881	610,7	33	2,30	0,22	1,41	8,81	9,30	6,74
8 229	6144	—	—	3315	1200	26 259	300,0	30	2,30	0,22	1,16	7,68	7,16	6,74
6160	4340	—	2302	3185	1200	18 218	200,8	31	2,30	0,22	0,90	5,93	4,85	6,74
7315	5565	—	—	3215	1200	26 259	350,2	30	1,67	0,22	0,78	6,76	7,16	6,74
7909	5850			3855	3250	31 318	243,0	91	2x5,20	2x2,05	2x1,69 2x1,28	24,02	14,44	
—	5715	—	3135	3135	1100	31 100	250,0	77	2x7,155	2x0,205	2x3,225 2x3,14	34,54	12,12	
—	5715	—	3315	3315	1200	30 860	250,0	81	2x8,30	2x0,205	2x3,15 2x2,695	35,47	12,72	
9850	4887	—	3215	3420	3000	30 665	194,7	74	2x8,41	2x0,205	2x1,12 2x1,13	27,44	11,69	

Обыкновенные стрелочные переводы	P65	1/11	Кривой	Низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышное
	P65	1/9	Гибкий, кривой	"	Лафет под гибкой частью	"	Жесткое; накладочно-вкладышное
	P50	1/15		"		"	
	P50	1/11	Кривой	"	Башмаки	"	Накладочно-вкладышное
	P50	1/9	"	"	"	"	"
	P43	1/11	"	Низкий; низкий с выпрессовкой	Башмаки; лафеты	"	Накладочно-вкладышное; шарнирное
	P43	1/9	"	"	"	"	"
	P43	1/11	"	Низкий	Башмаки	"	Шарнирное
	I-a	1/11	Прямые	"	Лафеты	Есть	"
	I-a	1/9		"	"	Нет	"
	P38	1/11	Кривой	"	"	Есть	"
	(II-a) P38	1/9	Прямые	"	"	Нет	"
(II-a) III-a	III-a	1/11	"	Высокий	Башмаки; лафеты	"	Накладочно-вкладышное; накладочное
	III-a	1/9	"	"	"	"	"
	IV-a	1/11	"	"	"	"	"
	IV-a	1/9	"	"	"	"	"
	IV-a	1/9	"	"	"	"	"
Симметричные стрелочные переводы	P43	1/6	Кривые	Низкий; низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышное; шарнирное
	P38	1/11	Прямые	Низкий	"	"	Шарнирное
	P38	1/9	"	"	"	"	"
	P38	1/6	Кривые	"	"	"	"
	III-a	1/9	Прямые	Высокий	"	"	Накладочно-вкладышное
Двойные перекрестные стрелочные переводы	P43	1/9	Кривые	Низкий с выпрессовкой	Башмаки	Нет	Накладочно-вкладышное; шарнирное
	I-a	1/9	"	Низкий	"	"	Шарнирное
	P38	1/9	"	"	"	"	"
	III-a	1/9	Прямые	Высокий	"	"	Накладочно-вкладышное

\* При размерах рельсах длиной 10 068 мм.

менее 90 мм, и скрепляется одной накладкой на четыре болта. Вместо крестовины в этом переводе укладывается один подвижной рельс на коротышах, который в каждом стыке с путевыми рельсами скрепляется одной накладкой на четыре болта с каждой стороны. Кроме этого, середина подвижного рельса пришивается костылями.

Установка такого перевода для пропуска подвижного состава в то или иное направление требует 5—7 минут с ограждением его сигналами остановки.

### Глухие пересечения

Глухие пересечения двух перекрещивающихся в одном уровне путей могут устраиваться под разными углами, от острого до прямого. Чаще всего встречаются глухие пере-

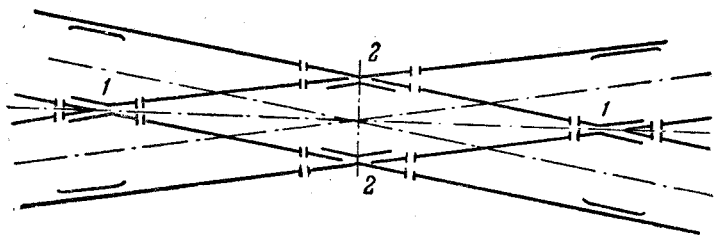


Рис. 96. Глухое пересечение:  
1 — острые крестовины; 2 — тупые крестовины

сечения, в которых пути пересекаются под такими же углами, которые имеют крестовины обыкновенных стрелочных переводов марок 1/6, 1/9 и 1/11. Пересечения более крутые устраиваются под углами 15, 30, 45, 60, 75 и 90°.

Глухие пересечения под острыми углами (рис. 96) имеют по две тупые и по две острые крестовины и четыре контррельса. Пересечение под прямым углом имеют четыре одинаковые крестовины.

Устройство тупых крестовин и контррельсов в глухих пересечениях аналогично их устройству в обыкновенных и перекрестных стрелочных переводах.

### Съезды и стрелочные улицы

Для перехода подвижного состава с одного параллельного пути на другой устраиваются съезды. В каждом съезде имеется по два обыкновенных стрелочных перевода.

Съезды бывают обыкновенные прямые, если путь съезда уложен под углом крестовины (рис. 97, а), и сокращенные, если путь съезда посредством кривых уложен под углом, большим, чем угол крестовины. Сокращенные съезды устраиваются в целях сокращения места, необходимого для их укладки.

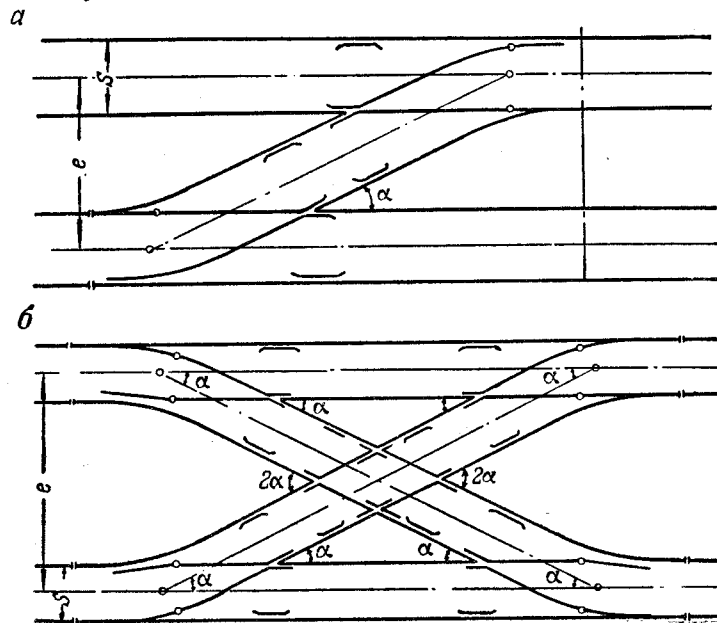


Рис. 97. Стрелочные съезды:  
а — обыкновенный; б — перекрестный

Если два параллельных пути соединяются между собой на одном и том же участке пути съездами в двух направлениях (рис. 97, б), то такой съезд называется перекрестным. Он состоит из четырех обыкновенных стрелочных переводов и одного глухого пересечения.

При необходимости соединения между собой нескольких рядом расположенных путей (например, в парках станций) устраиваются так называемые стрелочные улицы. Они бывают четырех основных типов: прямые, сокращенные, расположенные на главном пути и веерные (рис. 98).

Прямые стрелочные улицы устраиваются с углом на-

клона, равным углу крестовины. Эти стрелочные улицы имеют очень большую длину и на станциях со стесненной территорией не применяются.

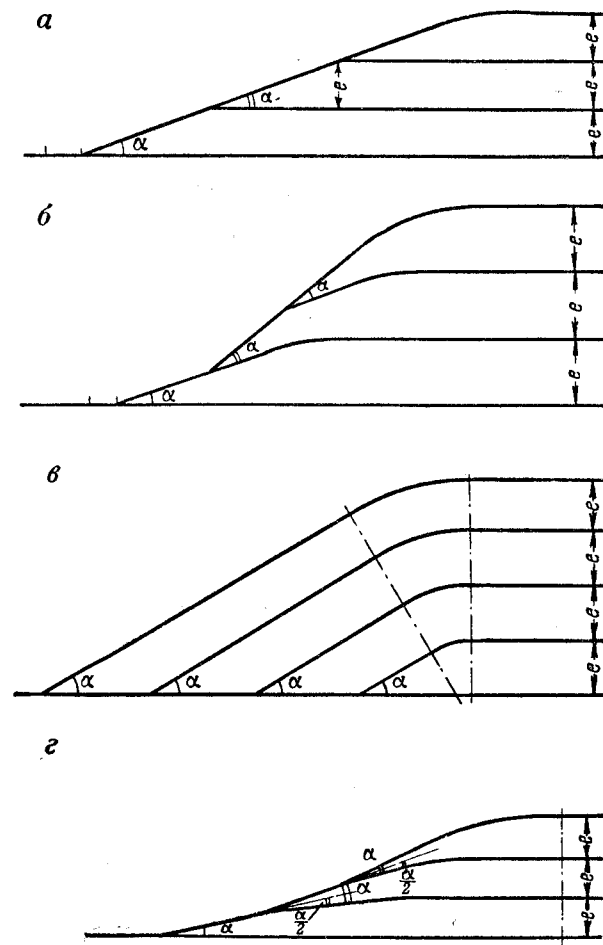


Рис. 98. Основные типы стрелочных улиц:  
а — прямая; б — сокращенная; в — расположенная на главном пути;  
г — веерная

Сокращенные стрелочные улицы отличаются от прямых тем, что за каждым стрелочным переводом устраивают дополнительную кривую, что значительно сокращает длину

стрелочной улицы. Этот тип стрелочной улицы имеет наибольшее распространение.

Стрелочные улицы, расположенные на главном пути, наиболее простые, но они неудобны в эксплуатационном отношении, так как подвижной состав каждый раз проходит по всем стрелочным переводам.

Всерьез стрелочные улицы имеют первый перевод на главном пути обыкновенный, а остальные симметричные. Такие стрелочные улицы применяются на горочных путях.

### Сплетение и совмещение путей

Сплетением путей называется совместное расположение двух путей на однопутном участке, предназначенное для пропуска подвижного состава по каждому из сплетенных путей без перехода с одного пути на другой.

Сплетения путей применяются при строительстве и ремонте пути, например, при строительстве моста под второй путь с обходом его по мосту первого пути, при капитальном ремонте пути с обходом ремонтируемого участка по другому действующему пути и т. д. Наиболее часто сплетения путей применяются при восстановительных работах в военное время для обхода разрушенных участков пути или других препятствий, возникших на каком-либо из путей двухпутного участка (рис. 99, а).

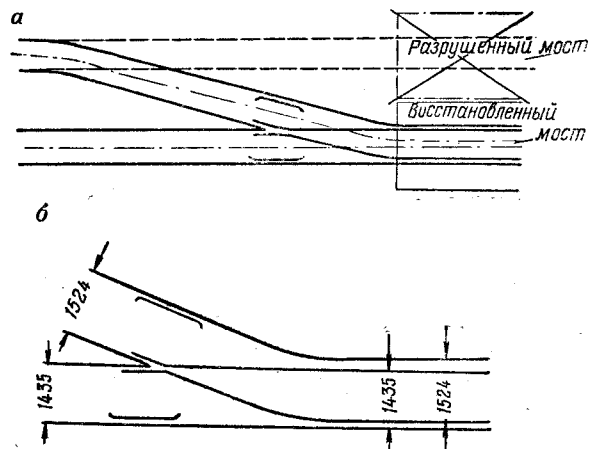


Рис. 99. Сплетение и совмещение путей:  
а — сплетение путей одной ширины колеи; б — совмещение путей разной ширины колеи

Для устройства сплетения путей применяются обычные крестовины от обыкновенных стрелочных переводов. Просвет между сближенными рельсами в сплетенных путях должен допускать свободный проход паровозных и вагонных колес и быть в связи с этим не менее 65 мм. Но практически этот просвет устраивается от 130 до 210 мм, так как при меньшем просвете неудобно производить прикрепление рельсов к шпалам между сближенными рельсовыми нитями.

При необходимости расположения на одном и том же однопутном участке двух путей разной колеи, например союзной колеи шириной 1524 мм и западноевропейской шириной 1435 мм, устраиваются совмещения путей (рис. 99, б). Часто совмещения путей встречаются на пограничных перегрузочных станциях, где они устраиваются для перегруза прибывающих грузов из вагонов одной колеи в вагоны другой колеи. Для устройства совмещения путей применяются также крестовины от обыкновенных стрелочных переводов.

### Путевые поворотные устройства

Паровозы должны везти подвижной состав, находясь в голове поезда трубой вперед; движение тендером вперед разрешается только в исключительных случаях. Поворот паровозов для постановки их в поезда трубой вперед производится при помощи специальных путевых устройств, к которым относятся поворотные круги, петли и треугольники.

Поворотный круг (рис. 100, а) представляет собой металлическую ферму длиной около 30 м, установленную на дне круглого котлована. Ферма имеет посередине опору, а на концах ролики, опирающиеся на круговой рельсовый путь. На средней опоре ферма может поворачиваться на 360°; поворот осуществляется вручную или электромотором. Сверху на ферму уложен рельсовый путь, по которому паровоз может входить на ферму и сходиться с нее после поворота. Время, необходимое для поворота паровоза вручную, — 20—25 минут, с помощью электромотора — 1,5—2 минуты.

Поворотные круги обычно устраивались при входе в круглое или всерьезное депо и использовались, помимо поворота паровозов, также для направления их в соответствующее стойло депо для ремонта или осмотра.

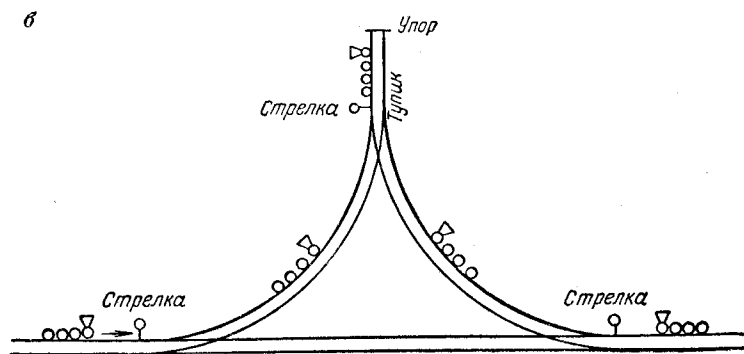
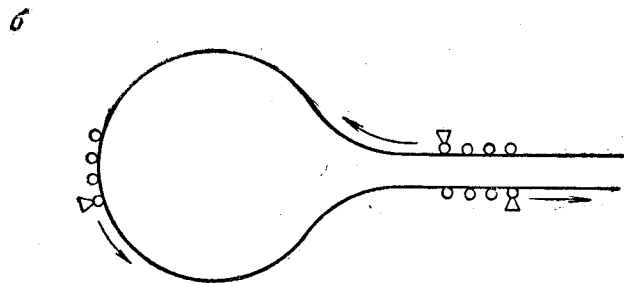
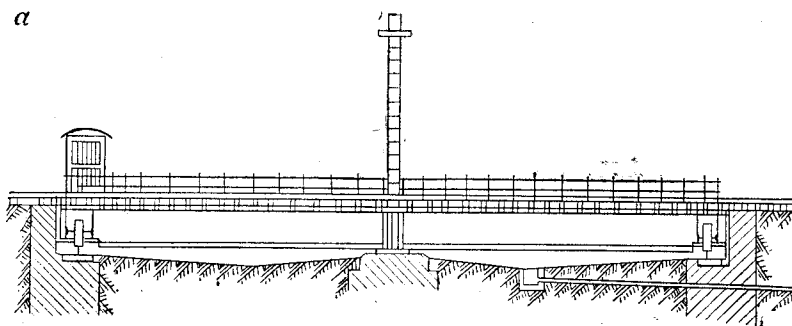


Рис. 100. Поворотные устройства:  
а — круг; б — петля; в — треугольник

Петли (рис. 100, б) являются удобным устройством, позволяющим быстро произвести поворот паровозов и даже целых пригородных составов на конечных станциях, но требуют для своего устройства много места, так как радиус петли должен быть не менее 180 м. Особого распространения петли на наших дорогах не имеют.

Поворотные треугольники (рис. 100, в) имеют три стрелочных одиночных перевода; стороны треугольников (две или все три) кривые, обращенные выпуклостью внутрь треугольника.

Это устройство занимает меньше места, чем петли, и имеет сейчас большое распространение.

На многих крупных станциях имеются и поворотные круги и треугольники.

В конце тупиковых путей для предохранения подвижного состава от схода за конец этих путей устраиваются упоры (рис. 101). Упоры делаются из дерева или рельсов. С противоположной стороны упора отсыпается земляная призма, а путь перед упором на расстоянии 3—5 м засыпается балластом выше головки рельсов для торможения и смягчения ударов на случай наезда подвижного состава на упор.

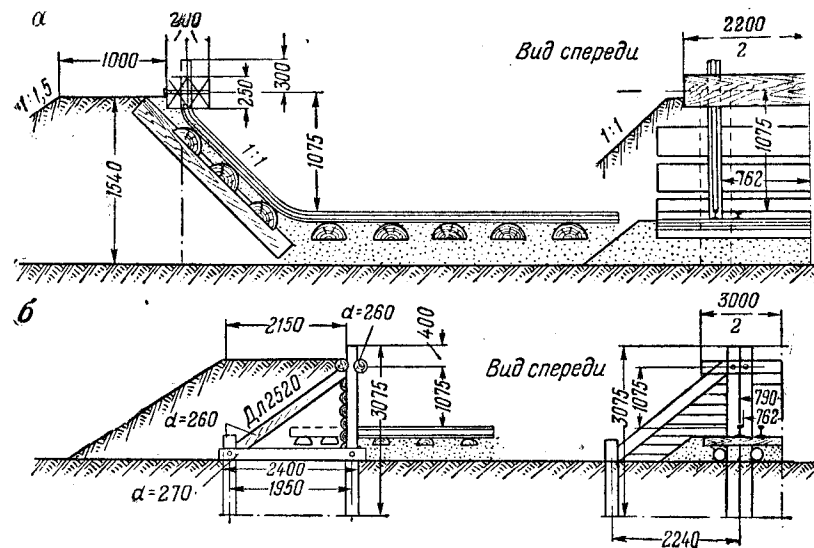


Рис. 101. Путевые упоры:  
а — рельсовый; б — деревянный

## Вопросы для повторения

1. Для чего устраиваются соединения железнодорожных путей и каковы основные виды этих соединений?
2. Чем определяется различие стрелочных переводов между собой? Что называется маркой крестовины и каких марок крестовины укладываются на железных дорогах СССР?
3. Для чего служат предельные столбики и где они устанавливаются?
4. Из каких основных частей состоит одиночный стрелочный перевод и для чего эти части предназначены?
5. Как устроена стрелка одиночного стрелочного перевода? Что называется шагом остряка, где он измеряется и чему равен?
6. Как устроено накладочное корневое крепление, шарнирное (шкворневое) и накладочно-вкладышное крепление?
7. Как устроен ручной рычажный переводной механизм?
8. Из каких частей состоит крестовина и как крестовины различаются по конструкции?
9. Как определить марку крестовины? Чему равна марка крестовины, если ширина ее в хвостовой части равна 294 мм, а длина 3230 мм?
10. Для чего предназначены контррельсы?
11. Чему равна ширина желоба в крестовине и между контррельсом и путевым рельсом?
12. Как устроена переводная кривая?
13. В каких местах измеряется ширина колеи и ширина желобов в одиночных стрелочных переводах и чему равны эти размеры у переводов типов Р65, Р50 и Р43?
14. Для чего служат контрольные стрелочные замки?
15. Что такое эпюры стрелочных переводов и для чего они предназначены?
16. Как устроен перекрестный стрелочный перевод?
17. Для чего предназначены упрощенные стрелочные переводы? Как устроен перевод конструкции Научно-исследовательского института движения и грузовой работы?
18. Как устроены глухие пересечения?
19. Для чего предназначены съезды и стрелочные улицы и какие типы их существуют?
20. Где применяются сплетения и совмещения путей?
21. Какие существуют виды путевых поворотных устройств?

## ГЛАВА 6

### ПЕРЕСЕЧЕНИЯ, ПЕРЕЕЗДЫ, ПУТЕВЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ ЗНАКИ

#### Пересечения и переезды железных дорог

Железнодорожные линии могут пересекаться с другими железнодорожными линиями, трамвайными путями, автогужевыми дорогами, линиями электропередач, связи, водопровода, нефтепровода и другими наземными и подземными устройствами.

Пересечение железных дорог с другими железными дорогами, а также трамвайными и троллейбусными линиями обычно делается в разных уровнях при помощи путепроводов. При пересечениях железных дорог линиями электропередачи, связи, водопровода и т. п. обязательно предусматриваются ограждающие устройства в виде предохранительных сеток под проводами, галерей и специальных труб, в которые заключаются водопроводные линии, нефтепроводы и т. п.

Пересечения железных дорог автогужевыми дорогами при большом движении на них устраиваются также в разных уровнях; при меньшем движении устраиваются в одном уровне. В последнем случае пересечения называются переездами.

Переезды в зависимости от густоты движения поездов и автогужевого транспорта, а также от условий видимости переезда с локомотива и поезда с экипажем делятся на охраняемые и неохраняемые. На охраняемых переездах имеется дежурный по переезду, который при помощи специального устройства — шлагбаума — закрывает переезд при приближении к нему поезда. В темное время суток, во время туманов и метелей охраняемые переезды



освещаются. Неохраняемые переезды устраиваются при пересечении железных дорог малодеятельными автомобильными и гужевыми дорогами.

Ширина переездов должна быть равной ширине пересекаемой автогужевой дороги, но не менее 4,5 м на эксплуатируемых дорогах и 6 м на вновь строящихся. Угол пересечения железной дороги с автогужевой, как правило, должен быть 90° и в исключительных случаях — не менее 45°.

В обе стороны от путей переезд должен иметь огороженные столбиками или перилами горизонтальные площадки длиной 10—15 м, а на самих путях — настил.

Настил на неохраняемых переездах устраивается деревянный одиночный (рис. 102, а), на охраняемых с большим движением — деревянный двойной, с очень большим

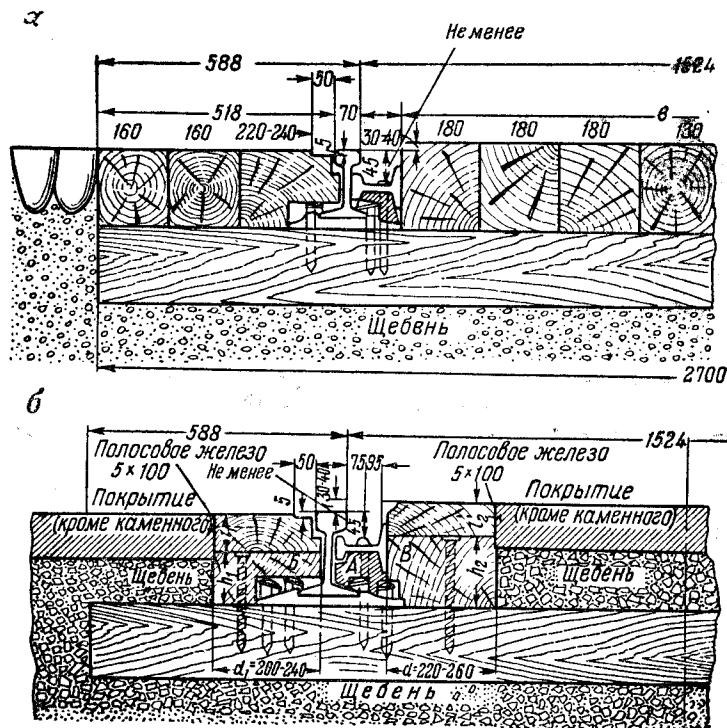


Рис. 102. Устройство настила на переездах:

а — деревянного одиночного на неохраняемых переездах; б — щебеночного с асфальтовым покрытием на охраняемых переездах с очень большим движением

движением — щебеночный с асфальтовым покрытием (рис. 102, б).

Для свободного прохода гребней бандажей в настиле устраиваются желоба шириной 75 мм (с уширением на кривых участках до 95 мм) и глубиной не менее 45 мм от верха головки рельса. Желоб создается укладкой контррельсов плашмя вдоль всей ширины переезда с прикреплением их к шпалам коваными гвоздями, для чего в шейке контррельса и подкладках просверливаются отверстия. Концы контррельсов длиной 500 мм отгибаются от путевого рельса в сторону оси пути на 250 мм. Настил на переездах делается вровень с рельсами, а на электрифицированных участках и участках с автоблокировкой во избежание замыкания рельсовых нитей между собой проходящим автогужевым транспортом (гусеницами тракторов, полозьями саней и т. д.) делается выше головок рельсов на 30—40 мм.

Шлагбаумы на охраняемых переездах ставятся не ближе 8,5 м от крайнего путевого рельса. При закрытом положении шлагбаум должен находиться над уровнем дороги от 1 до 1,25 м.

На электрифицированных линиях во избежание обрыва контактных проводов перевозимыми грузами на расстоянии 5 м от шлагбаумов в сторону поля устанавливаются габаритные ворота высотой не более 4,5 м и шириной, равной ширине переезда.

На автогужевых дорогах с обеих сторон переезда в 20 м от крайнего путевого рельса устанавливаются предупредительные знаки «Берегись поезда» (см. рис. 103), а на железной дороге, не доезжая 500—1000 м до переезда, с правой стороны по ходу поезда устанавливаются сигнальные знаки «С» (свисток). При большом движении на автогужевых дорогах устанавливаются оградительные светофоры на расстоянии не ближе 50 м от оси переезда.

### Путевые и сигнальные знаки

На железных дорогах у главных путей устанавливаются различные постоянные и временные путевые и сигнальные знаки.

Все путевые знаки устанавливаются с правой стороны пути по счету километров, а сигнальные — с правой стороны по направлению движения. Все знаки устанавливаются

на расстоянии не ближе 2 м от наружной грани головки крайнего рельса. Если высота знака не превышает уровня головки рельса, то он может быть установлен на расстоянии не ближе 1,35 м.

К постоянным путевым знакам относятся: километровые, пикетные, начала и конца кривых, уклоноуказательные, границ дорог, дистанций пути, околотков, рабочих отделений, дистанций контактной сети и участков энергоснабжения.

Километровый знак (рис. 103, а) указывает границы километров. Он имеет три надписи: верхнюю, на отдельной табличке (на рисунке виден ее торец), указывающую последовательный счет километров от Москвы по магистралям, и две нижние на двойной табличке, которые указывают конец и начало километров местного километража.

Пикетные знаки (рис. 103, в) устанавливаются между километровыми знаками через каждые 100 м; на знаке имеются две цифры: одна указывает окончившийся пикет, а другая — начинающийся.

Знаки начала (НК) и конца (КК) круговых кривых (рис. 103, д) устанавливаются в местах сопряжения круговой кривой с прямыми (при отсутствии переходных кривых).

Знаки начала (НПК) и конца (КПК) переходных кривых (рис. 103, з) устанавливаются в местах, соответствующих сопряжению переходной кривой с прямой и круговой кривой; знаки НК и КК в этом случае не устанавливаются. На знаке НПК указываются длина переходной кривой (ПК) в метрах и уклон (Укл.) отвода возвышения наружного рельса в тысячных.

В середине круговой кривой устанавливается знак (рис. 103, е), на котором указываются радиус (Р) и длина (К) кривой в метрах, возвышение наружного рельса (В) и ширина колеи (ШК) в миллиметрах; ширина колеи указывается двумя последними цифрами.

Уклоноуказательные знаки (рис. 103, б) ставятся в точках перелома профиля. Этот знак имеет два крыла, расположенные поперек пути с двух сторон столба; один знак относится к одному направлению, другой — к противоположному. Если крыло расположено наклонно вверх от столба, знак указывает, что впереди подъем, если горизонтально — впереди площадка, и если наклонно вниз — впереди спуск. На одной стороне каждого крыла

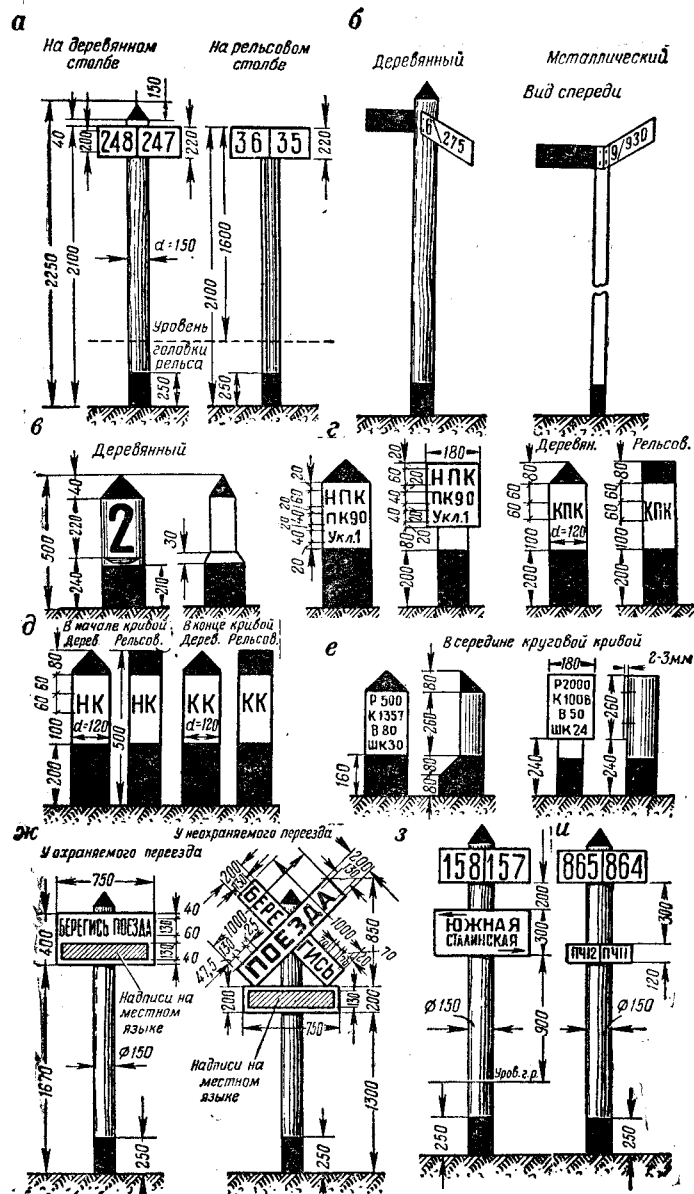


Рис. 103. Постоянные путевые знаки:

а — километровые; б — уклоноуказательные; в — пикетные; г — знаки начала (НПК) и конца (КПК) переходных кривых; д — знаки начала (НК) и конца (КК) круговых кривых; е — в середине круговых кривых; ж — переездные знаки; з — границ дорог; и — границ дистанций пути

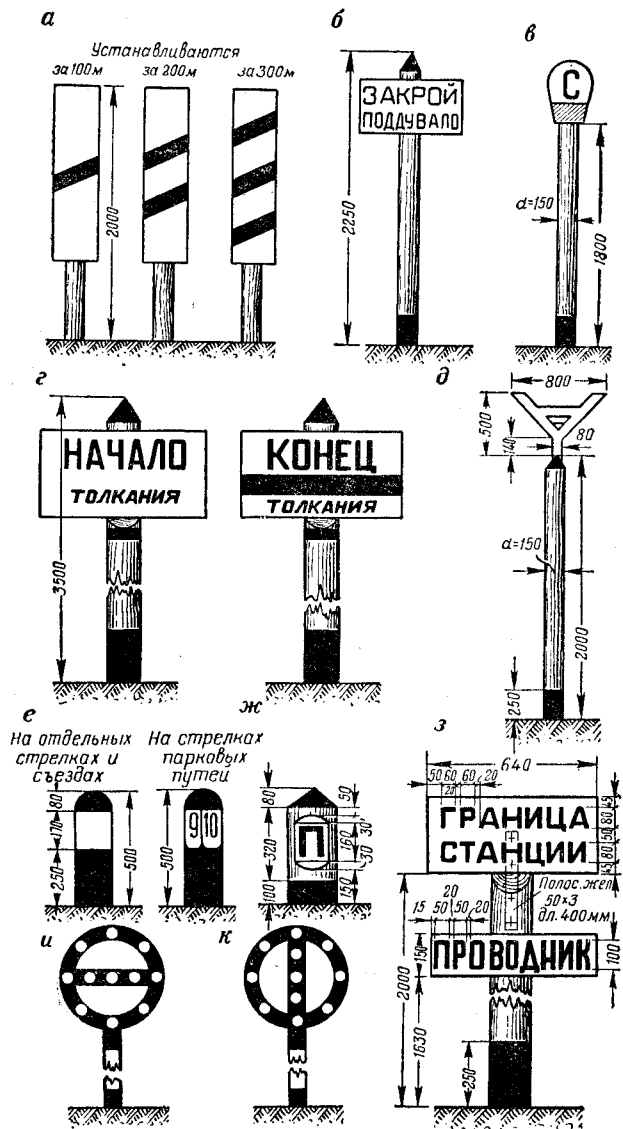


Рис. 104. Постоянные сигнальные знаки:

а — оповестительные щиты; б — знак „Закрой поддувало“; в — знак „Свисток“; г — знак о начале и конце толкания; д — обрывное место; е — предельный столбик; ж — знак места укладки петард; з — знак границы станции и места встречи проводника; и — начало опасного места; к — конец опасного места

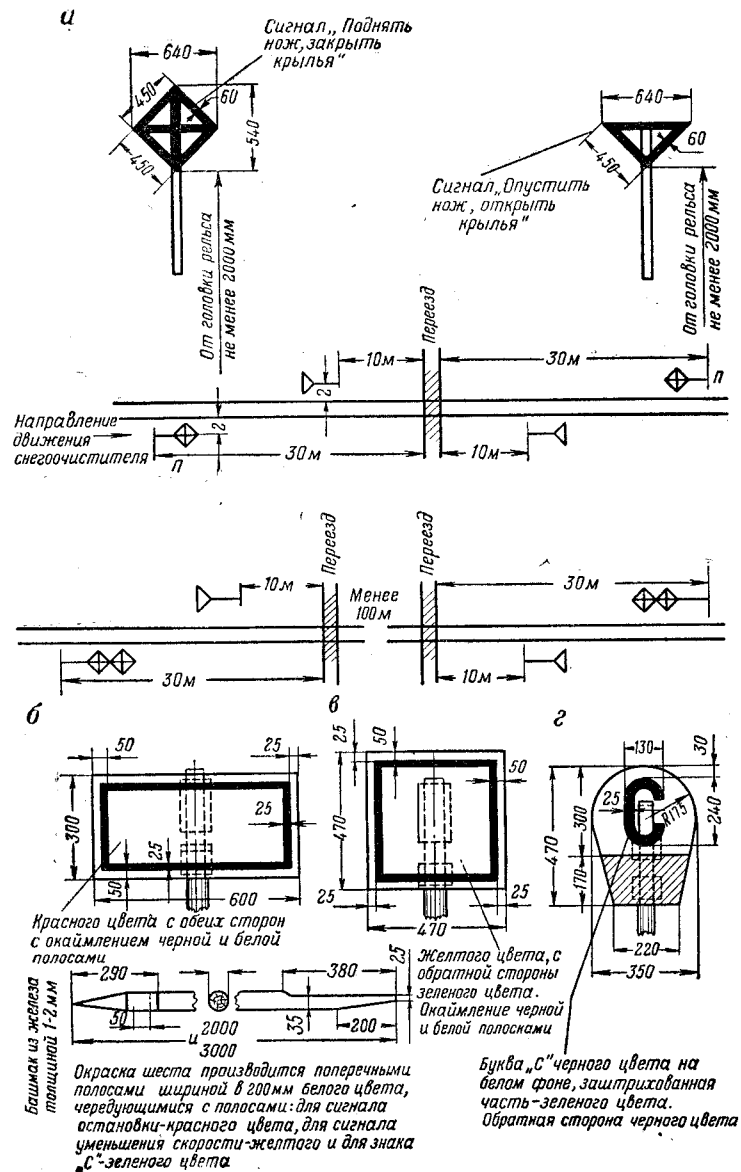


Рис. 105. Временные сигнальные знаки:

а — указатели для снегоочистителя при одном и двух препятствиях; б — переносный сигнал остановки; в — переносный сигнал уменьшения скорости; г — переносный сигнал о подаче свистка

нанесены в виде дроби цифры: числитель показывает величину уклона в тысячных, а знаменатель — протяжение уклона в метрах. Обратные стороны каждого крыла окрашены в черный цвет, так как профиль пути по обе стороны уклоноуказательного знака различен.

Указатели границ дороги, дистанций пути (ПЧ), околотков (ПД), рабочих отделений (ПДБ), дистанций контактной сети (ЭЧК) и участков энергоснабжения (ЭЧ) устанавливаются на столбах знаков километров (рис. 103, з и и); если эти границы не совпадают с границами километров, то они устанавливаются на специальных столбах.

К постоянным сигнальным знакам относятся: оповестительные щиты; границы станции; место проводника, встречающего поезд; указатели мест укладки петард; о подаче свистка; об обеспечении плавного хода поезда; о начале и конце подталкивания; о закрытии поддувала и сифона; о месте установки паровоза у гидроклонки для набора воды; о месте чистки топки; о месте остановки локомотива у пассажирской платформы; предельные столбики и др. Некоторые из этих знаков приведены на рис. 104.

К временным сигнальным знакам (рис. 105) относятся знаки для снегоочистителя, устанавливаемые перед и после препятствия, и др., а к переносным сигналам и сигнальным знакам — сигнал остановки, сигнал уменьшения скорости, знак о подаче свистка и знаки о начале и конце опасного места. Переносные сигналы и сигнальные знаки устанавливаются для ограждения места работ на перегонах и станциях.

#### Вопросы для повторения

1. Что называется переездом, как они разделяются и какие устройства имеются на переездах?
2. Как устраивается настил на переездах?
3. Где устанавливаются путевые и сигнальные знаки?
4. Покажите на плакате километровый и пикетный знаки, знаки начала и конца кривой. Какие надписи имеются на знаках НПК и в середине круговой кривой?
5. Какую форму щита имеют переносные знаки остановки и уменьшения скорости и как они окрашены?

## ГЛАВА 7

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Искусственные сооружения служат для прокладки железнодорожных линий через различные препятствия: горы, реки, дороги, низменные места и т. д.

К искусственным сооружениям относятся мосты, трубы, подпорные стенки и туннели. Мосты сооружаются при пересечении железной дорогой рек, оврагов, ущелий, железных и автогужевых дорог, городских улиц, а трубы — при пересечении небольших водотоков или пониженных мест, где вода протекает только после таяния снега или дождей. Туннели устраиваются для проведения пути под землей (сквозь горы, под реками или улицами), а подпорные стенки — для поддержания откосов выемок или насыпей при расположении земляного полотна на косогорах, а также в населенных пунктах в целях уменьшения ширины полосы отвода.

**Мосты.** Мостом называется сооружение, служащее для прокладки железнодорожного пути над препятствиями: реками, оврагами, другими дорогами. В тех случаях, когда мост пересекает ущелье, глубокий овраг или долину, он называется виадуком. Если мост устраивается при пересечении в разных уровнях железных или автогужевых дорог, он называется путепроводом. Мост, устраиваемый взамен насыпи на подходах к большой реке или в населенных пунктах (для пропуска уличного движения), называется эстакадой.

Каждый мост независимо от его величины, конструкции и материала состоит из двух основных частей: опор и пролетных строений (рис. 106). Пролетные строения, перекрывающие пространство между опорами, служат для поддер-

жания железнодорожного пути, восприятия нагрузки от подвижного состава и передачи ее на опоры, а опоры — для передачи на грунт усилий, получаемых от пролетных строений. В зависимости от своего расположения опоры моста разделяются на береговые, называемые устоями, которые, кроме поддержания пролетных строений, служат для сопряжения моста с насыпью, и промежуточные, называемые быками. Опорами мост делится на части, называемые пролетами. По числу пролетов мосты могут быть однопролетные, двухпролетные и т. д.

Полной длиной моста называется расстояние между крайними его точками. В мостах с каменными, бетонными или железобетонными опорами полная длина его равна расстоянию между задними стенками устоев, а в мостах

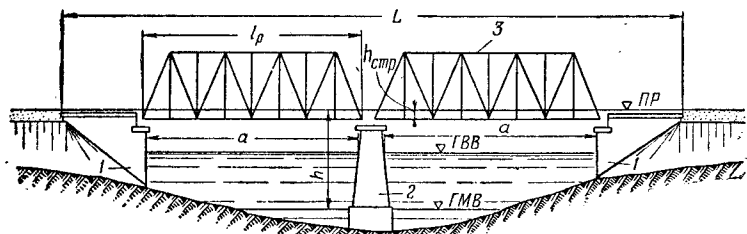


Рис. 106. Схема моста:

1 — устой; 2 — бык; 3 — пролетное строение;  $L$  — полная длина моста;  $l_p$  — расчетный пролет;  $2a$  — отверстие;  $h$  — высота;  $h_{стр}$  — строительная высота

с деревянными опорами — расстоянию между закладными щитами. Отверстием моста называется сумма расстояний в свету между опорами, измеренных на уровне горизонта высоких вод; в однопролетном мосту отверстие равно расстоянию между передними стенками устоев.

Расстояние между центрами опорных частей пролетного строения носит название расчетного пролета. Полной шириной моста называется расстояние между крайними точками пролетного строения, измеренное поперек железнодорожного пути, а полной высотой — расстояние от подошвы рельса до самого низкого уровня воды (горизонта меженных вод). Расстояние от подошвы рельса до низа пролетного строения называется строительной высотой.

Мосты разделяются на различные виды в зависимости от своей длины, назначения, конструкции, материала пролетных строений, расположения мостового полотна, срока

службы, количества путей, устройства пролетных строений, грузоподъемности и др.

В зависимости от полной длины мосты разделяются на малые — длиной до 25 м, средние — длиной от 25 до 100 м — и большие — длиной более 100 м.

По назначению мосты разделяются на железнодорожные, автодорожные, городские и совмещенные. Железнодорожные

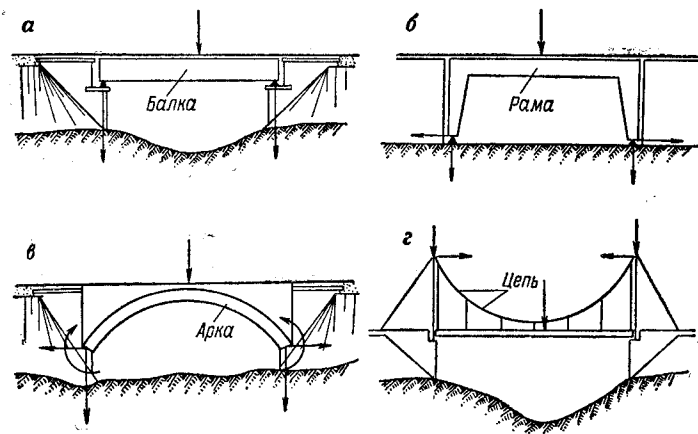


Рис. 107. Конструкции мостов:

а — балочный; б — рамный; в — арочный; г — висячий

автодорожные мосты предназначены для пропуска по ним подвижного состава железных дорог, автодорожные — для пропуска автогужевого транспорта, а совмещенные — железнодорожного подвижного состава и автогужевого транспорта. Автодорожный мост в пределах города, предназначенный для пропуска автогужевого транспорта и трамваев, называется городским.

В зависимости от конструкции мосты разделяются на балочные, рамные, арочные и висячие (рис. 107). В балочных мостах пролетные строения свободно опираются на опоры и передают на них только вертикальную нагрузку. Балочные пролетные строения могут быть разрезными, когда в каждом пролете имеется самостоятельное отдельное пролетное строение, не связанное с другим; неразрезными, когда одно целое пролетное строение перекрывает сразу несколько пролетов, опираясь более чем на две опоры, и консольными, когда пролетное строение оканчивается

не над опорами, а в пролете. В последнем случае часть пролетного строения, находящаяся между опорами, называется анкерной, а часть от опоры до свешивающегося конца называется консолью; пролетное строение, перекрывающее пространство между двумя консолями или от опоры до консоли, называется подвесным. Наиболее простыми являются разрезные пролетные строения, ввиду чего они наиболее широко применяются на железных дорогах.

В рамных мостах пролетные строения и опоры жестко соединены друг с другом и представляют собой одно целое. Вертикальная нагрузка на рамный мост вызывает вертикальную и горизонтальную реакции в опорах.

В арочных мостах пролетные строения передают на опоры вертикальную нагрузку и горизонтальное давление (распор), стремящееся раздвинуть опоры. По своей конструкции арочные мосты бывают бесшарнирными, двухшарнирными и трехшарнирными. На железных дорогах преимущественно применяются мосты с бесшарнирными арками.

В висячих мостах проезжая часть подвешивается на цепях или кабелях, укрепленных на стойках (пилонах). Цепи передают на стойки вертикальные и горизонтальные усилия; последние стремятся опрокинуть опоры внутрь пролета. На железных дорогах висячие мосты применяются сравнительно редко из-за недостаточной их жесткости.

В зависимости от материала пролетного строения мосты разделяются на деревянные, каменные, бетонные, железобетонные и металлические. В настоящее время на железных дорогах наибольшее применение имеют железобетонные и металлические мосты.

По расположению мостового полотна мосты могут быть с ездой поверху, когда пролетное строение располагается ниже подошвы рельса мостового полотна; с ездой понизу, когда большая часть пролетного строения расположена выше подошвы рельса, и с ездой посередине, когда примерно равные части пролетного строения находятся выше и ниже подошвы рельса.

В зависимости от срока службы мосты разделяются на капитальные, временные и краткосрочные. Капитальным называется мост, сооружаемый из металла или железобетона (бетона) и рассчитанный на большой срок службы, исчисляемый десятками лет. Временные мосты сооружаются при восстановлении железных дорог или на вновь строящихся линиях на срок службы в несколько лет. Для возведения их применяются в основном облегчен-

ные и сборные металлические конструкции и дерево. Краткосрочные мосты сооружаются при восстановлении железных дорог на небольшой срок, исчисляемый несколькими месяцами. Для их устройства применяется в основном дерево или инвентарные металлические облегченные конструкции. Эти мосты, как правило, не приспособлены для пропуска ледохода и высоких вод.

По числу путей на пролетном строении мосты бывают однопутные, двухпутные и многопутные.

По устройству пролетных строений мосты делятся на неподвижные, или постоянные, по которым движение может совершаться непрерывно, и разводные, по которым движение прекращается при пропуске судов.

По грузоподъемности мосты делятся на классы. Грузоподъемность моста определяется расчетом и характеризует нагрузку, которую мост может выдержать.

Все сооружения, устраиваемые при пересечении железной дорогой средних и больших рек, называются мостовым переходом. В состав перехода входят: мост, подходы к нему, регуляционные и берегоукрепительные сооружения (рис. 108). Регуляционные сооружения служат для обеспечения плавного протекания воды под мостом и направления ее в отверстие моста. Отсутствие регуляционных сооружений вызывает в период паводка появление дополнительных течений и водоворотов, размывающих конусы и откосы насыпи. Наиболее распространенными регуляционными сооружениями являются дамбы, траверсы и запруды (полузапруды).

Дамбы служат для направления течения реки в определенном направлении. Дамба, расположенная выше моста по течению, называется струенаправляющей, а расположенная ниже моста — струеотводящей. Дамбы устраиваются с одной или с обеих сторон моста в зависимости от наличия и величины пойм реки.

Траверсы служат для отклонения струй водного потока от насыпи или берега. Они представляют собой короткие дамбы, расположенные под прямым углом к оси земляного полотна (берега). Для закрытия дополнительных русел, создающих опасность подмыва земляного полотна или перемещения главного русла, устраиваются плотины, называемые запрудами. Для выправления главного русла и предохранения берегов от размыва сооружаются полузапруды — короткие дамбы, направленные под прямым, тупым или острым углом к течению.

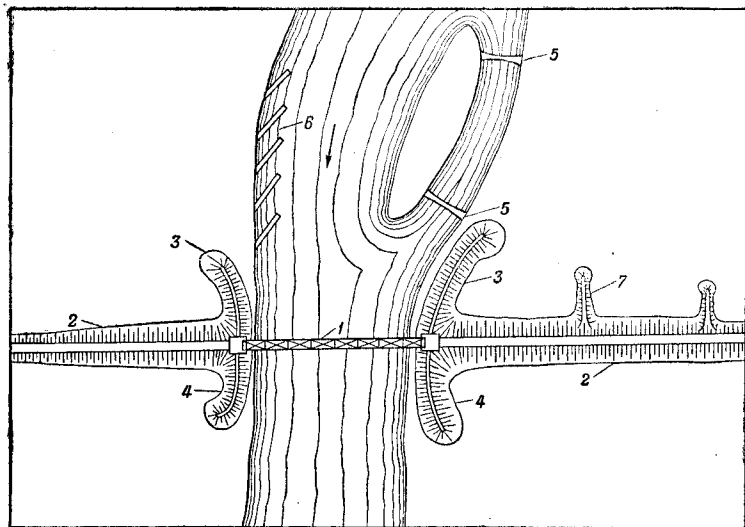


Рис. 108. Схема мостового перехода:

1 — мост; 2 — подходы; 3 — струенарправляющие дамбы; 4 — струеотводящие дамбы; 5 — запруды; 6 — полузапруды; 7 — траверсы

Откосы земляного полотна подходов к мосту, конусы насыпей, а также откосы регуляционных сооружений укрепляются от размыва, как указано в главе 2.

Уровень воды в реке в мостостроении носит название горизонта. У большинства рек горизонт вод изменяется: летом и зимой он бывает низким, весной или осенью — наивысшим. У горных рек горизонт вод изменяется несколько раз в год в зависимости от количества выпадающих дождей и интенсивности таяния снега.

Наивысший уровень воды в реке называется историческим горизонтом высоких вод (сокращенно ВИГ). Наибольший уровень, встречающийся раз в 100 лет, носит название горизонта высоких вод (ГВВ). Этот горизонт является основным для расчета высоты и отверстия моста. Наиболее низкий из постоянных уровней воды называется горизонтом меженных вод (ГМВ), а уровень воды, при котором по реке идет лед, — горизонтом ледохода (ГЛ).

**Трубы.** Трубой называется сооружение, служащее для пропуска небольших водотоков, снеговых и ливневых вод под насыпью.

Труба (рис. 109) состоит из звеньев (секций), фундаментов и оголовков. Звенья, составляющие тело трубы, служат для пропуска вод под насыпью. Они опираются на фундамент, который передает усилия от звеньев и вышележащей насыпи на грунт. Оголовки служат для правильного призма, отвода и направления течения воды в трубе, а также для предохранения откосов насыпи от размыва и сползания.

Трубы разделяются на различные виды в зависимости от характера работы, количества отверстий, материала, очертания, вида оголовков, срока службы и т. д.

В зависимости от характера работы трубы разделяются на безнапорные и напорные. В безнапорных трубах вода протекает на неполную высоту отверстия, в напорных — по полному сечению отверстия.

По числу отверстий различают трубы одноочковые, двухочковые, трехочковые и т. д.

В зависимости от материала трубы разделяются на деревянные, каменные, бетонные, железобетонные, чугунные и стальные; преимущественное распространение имеют каменные, бетонные и железобетонные трубы. По очертанию трубы бывают круглые, прямоугольные, овоидальные, треугольные и др. Оголовки труб различаются по своему очертанию и бывают порталными, коридорными, раструбными, воротниковыми и др. По сроку службы трубы, как и мосты, разделяются на капитальные, временные и краткосрочные.

**Туннели.** Туннелем называется искусственное сооружение, устраиваемое при проведении железной дороги под землей (рис. 110). В зависимости от своего расположения

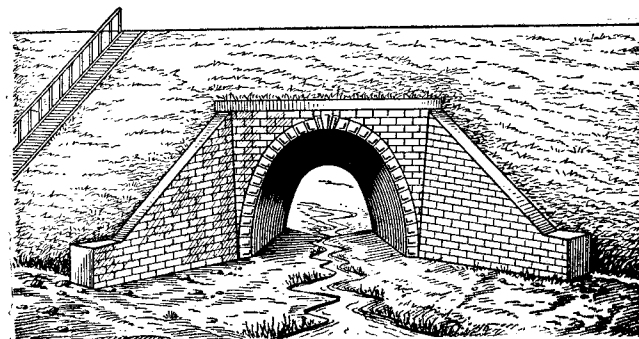


Рис. 109. Труба под железнодорожной насыпью



Рис. 110. Туннель

туннели разделяются на горные, проходящие под горными массивами; подводные, расположенные под реками, озерами, проливами; городские (метрополитены), проходящие под городскими участками. Наибольшее распространение имеют горные туннели.

Если туннель прокладывается в твердых скальных породах, то внутренняя поверхность его не укрепляется. Если же

грунт угрожает обвалом, то поверхность туннеля укрепляется каменной, бетонной, а иногда железобетонной или металлической обделкой. Верхняя часть обделки туннеля называется сводом, боковые части — стенками, нижняя часть — подошвой или обратным сводом.

Особыми видами туннелей являются галереи. Они сооружаются в горах для ограждения железнодорожного пути от обвалов, каменной осыпи или лавин. По внешнему виду галереи напоминают туннель, примыкающий к горе.

**Подпорные стенки.** Подпорной стенкой называется искусственное сооружение, служащее для поддержания крутых откосов насыпи или выемки (рис. 111). Подпорные стенки применяются в горных местностях, где железная

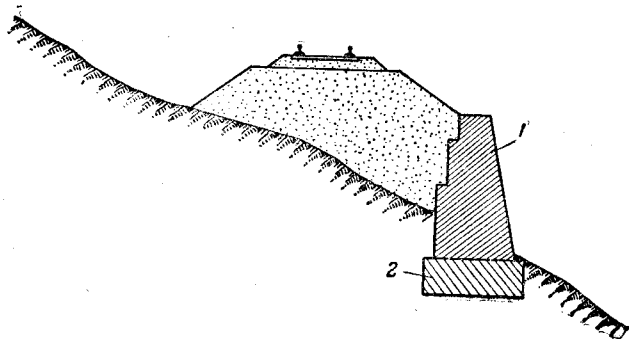


Рис. 111. Подпорная стенка:  
1 — тело стенки; 2 — фундамент

дорога проходит на крутых косогорах, в городах, а также на берегах рек, озер и морей, защищая земляное полотно от размыва.

Подпорные стенки строятся из камня, бетона и железобетона.

#### Вопросы для повторения

1. Какие существуют искусственные сооружения?
2. Что называется мостом, из каких частей он состоит и для чего предназначается каждая часть?
3. Что называется полной длиной моста, отверстием, расчетным пролетом, полной и строительной высотой?
4. Как разделяются мосты в зависимости от их длины, назначения, конструкции, материала пролетных строений, расположения мостового полотна и срока службы?
5. Что называется мостовым переходом и из каких элементов он состоит?
6. Что называется горизонтом высоких вод и горизонтом меженных вод?
7. Что называется трубой и из каких частей она состоит?
8. Что называется туннелем? Какие виды туннелей существуют?



## ГЛАВА 8

### ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ

#### Общие сведения

Деревянными называются мосты, построенные целиком из дерева с использованием небольшого количества металла для крепления и связей отдельных элементов моста между собой.

Для постройки деревянных мостов требуется значительно меньше времени, чем для постройки мостов из других материалов. Стоимость строительства их также в несколько раз меньше, чем других мостов. Однако применение деревянных мостов в железнодорожном строительстве весьма ограничено из-за их существенных недостатков: недолговечности, так как древесина подвержена загниванию, легкой возгораемости и ограниченности величины перекрываемых пролетов. Срок службы деревянных мостов колеблется от 5 до 15 лет.

Гниение древесины происходит вследствие поражения ее гнилостными грибами. Древесина, пораженная гнилью, разрушается настолько быстро, что новый мост через 2—3 года может стать совершенно негодным для эксплуатации. Для предохранения древесины от гниения ее пропитывают масляными и водорастворимыми антисептиками так же, как пропитывают шпалы.

Для предотвращения возгорания древесина обрабатывается специальными огнезащитными растворами. Простейшим способом защиты деревянных мостов от воздействия лучистой энергии, выделяющейся, например, при взрыве атомного боеприпаса, является обмазка их глиной и окраска в белый цвет известковым раствором.

В настоящее время на железных дорогах СССР деревянные мосты сооружаются на второстепенных линиях и

реже на магистральных линиях в качестве временных на обходах до постройки постоянных капитальных мостов. Наиболее широкое применение деревянные мосты находят при строительстве и временном восстановлении железных дорог в военное время, когда быстрое завершение строительства имеет решающее значение.

Деревянные мосты, как и другие мосты, состоят из пролетных строений и опор. В зависимости от конструкции пролетные строения разделяются на балочные (балочно-эстакадные и балочно-подкосные), пакетные и с деревянными фермами. Опоры деревянных мостов бывают свайные, рамные (рамно-лежневые), ряжевые, из клеток и комбинированные — рамно-свайные и рамно-ряжевые.

#### Материал деревянных мостов

Для деревянных мостов применяется в основном древесина хвойных пород: сосна, ель и лиственница, реже кедр и пихта. Из лиственных пород иногда применяется дуб.

Свойства древесины во многом зависят от породы дерева, условий его роста, влажности, внутреннего строения и наличия пороков древесины. Наилучшие качества имеет древесина указанных выше пород в возрасте 80—150 лет.

К наиболее важным свойствам древесины относятся: вес, влажность, прочность, твердость и упругость.

По весу древесина относится к легким строительным материалам. Вес древесины зависит от ее плотности и влажности и колеблется в значительных пределах. Так, 1 м<sup>3</sup> сосны весит от 310 до 710 кг, дуба — от 520 до 1000 кг. Средним весом 1 м<sup>3</sup> древесины считается для сосны 520 кг, ели — 470 кг, лиственницы — 600 кг, дуба — 750 кг.

Влажностью древесины, измеряемой в процентах, называется отношение веса воды, содержащейся в древесине, к весу сухой древесины. Свежесрубленная древесина имеет влажность 23% и более и называется сырой. На воздухе она высыхает и через 1,5—2 года имеет влажность 10—18%. Такая древесина называется воздушно-сухой. Древесина с влажностью 18—23% называется полусухой. Для постройки деревянных мостов наилучшей является воздушно-сухая древесина, так как на открытом воздухе она не усыхает и, следовательно, меньше будут расстраиваться соединения отдельных элементов моста; кроме того, древесина с такой влажностью менее подвержена загниванию. При значительном уменьшении влажности происходят

усушка, коробление и растрескивание древесины, что уменьшает ее прочность.

Прочностью древесины называется ее способность сопротивляться действию внешних сил. Прочность зависит от породы дерева, влажности, наличия пороков и от характера и направления действия нагрузки (сжатие, скалывание, растяжение или изгиб). Дерево хорошо сопротивляется сжатию вдоль волокон и значительно хуже — поперек волокон. Так, например, для того чтобы разрушить сосну сжатием вдоль волокон, нужно приложить на  $1 \text{ см}^2$  ее поверхности силу, равную примерно 400 кг, а сжатием поперек волокон — 50 кг. Сопротивление дерева изгибу несколько меньше его сопротивления сжатию вдоль волокон. Повышенная влажность, а также наличие пороков в древесине (сучки, трещины, косослой, механические повреждения) сильно снижают ее прочность.

Твердость дерева характеризуется сопротивляемостью при обработке его инструментами. Наиболее легко обрабатываются сосна, ель, лиственница и кедр, значительно труднее — дуб.

Дерево обладает значительной упругостью, т. е. способностью принимать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки.

Для деревянных мостов допускается применение вполне здоровой древесины с влажностью 10—18% для мостов с продолжительным сроком службы и до 23% — для временных мостов; для краткосрочных мостов влажность древесины не ограничивается.

Для постройки деревянных мостов применяются главным образом круглый лес, брусья, пластины и доски. Сортаменты их установлены стандартом. Круглый лес должен иметь диаметр в верхнем отрубе 16—34 см и длину 6,5—16 м. Самыми употребительными являются диаметры 26—30 см и длина 6,5—8,5 м. Брусья имеют различные размеры. Доски применяются толщиной 1,3—6 см, длиной 2—3,75 м (короткие), 4—6,5 м (средние) и 6,75—15 м (длинные). Пластины изготавливаются из круглого леса диаметром 18—22 см.

### Балочные мосты

Деревянные балочные мосты применяются двух типов: балочно-эстакадные (рис. 112) и балочно-подкосные (рис. 113). Последние бывают одноподкосными и двухподкосными.

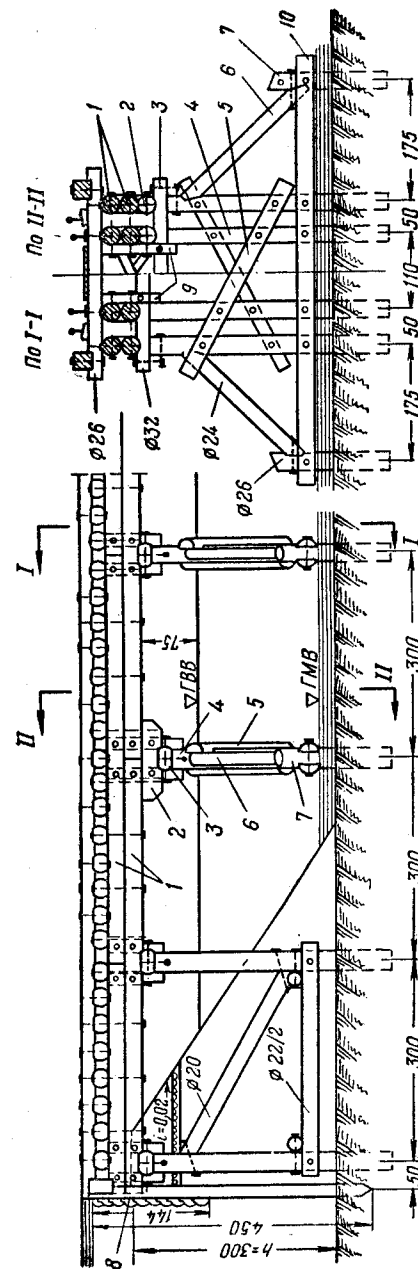
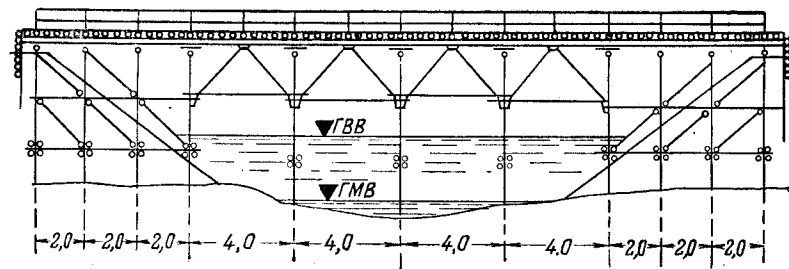


Рис. 112. Мост балочно-эстакадный системы.

1 — прогон; 2 — подбалка; 3 — насадка; 4 — коренная свая; 5 — диагональная схватка; 6 — укосина; 7 — откосная свая; 8 — закладной щит; 9 — сжимы; 10 — горизонтальная схватка

а



б

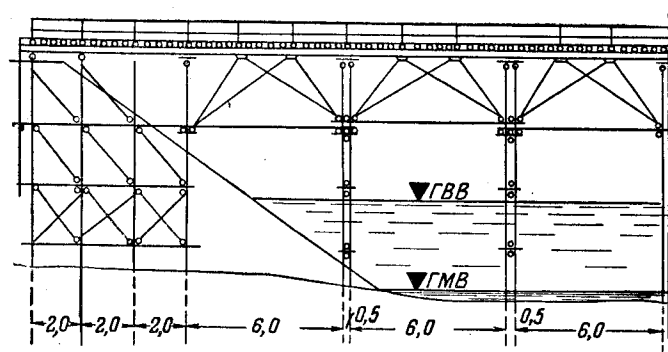


Рис. 113. Схемы мостов балочно-подкосной системы:  
а — одноподкосный; б — двухподкосный

Мосты балочно-эстакадной системы являются наиболее простыми. Они сооружаются при высоте насыпи 2—8 м и имеют обычно пролеты длиной 2 или 3 м. Если высота насыпи превышает 8 м, то строить мост балочно-эстакадной системы становится невыгодным, так как на часто расположенные опоры будет расходоваться большое количество лесоматериалов. Кроме того, в некоторых случаях возникает необходимость увеличивать расстояния между опорами, чтобы обеспечить возможность сплава леса по реке, пропуска льда и т. п. В этих случаях строят балочно-подкосные мосты.

Расстояние между опорами у одноподкосных мостов может быть 4—6 м, у двухподкосных 6—9 м. Мосты ба-

лочно-подкосных систем применяются при насыпях высотой более 4—6 м.

На сооружение балочно-подкосных мостов расходуется меньше древесины, чем на сооружение балочно-эстакадных, поэтому по стоимости они являются более выгодными. Однако балочно-подкосные мосты имеют большое количество узлов со сложными сопряжениями (врубками) отдельных элементов. Изготовление таких врубок требует большой тщательности, так как неточная подгонка частей во врубках может привести к быстрому расстройству узлов моста и в дальнейшем к его разрушению. Неизбежное затекание воды во врубки вызывает их загнивание.

Балочно-эстакадные мосты в значительной степени лишены этих недостатков. Благодаря простоте конструкции и преимуществу в эксплуатационном отношении они являются наиболее рациональным типом деревянных мостов.

**Балочно-эстакадные мосты.** Мосты балочно-эстакадной системы состоят из пролетных строений и опор. Пролетные строения представляют собой балки (прогоны), уложенные по одной под каждую рельсовую нить и скрепленные между собой поперечными связями в виде перекрещивающихся диагоналей; на прогонах уложено мостовое полотно.

Каждый прогон состоит из нескольких круглых бревен, отесанных на два канта, или из брусев. Эти бревна располагаются в два или три ряда, а по высоте — в один или два яруса. Между рядами бревен вставляются вертикальные коротыши (отрезки бревен). Количество бревен в прогоне и диаметр их зависят от величины пролетов и обрабатываемой нагрузки и определяются расчетом.

Между собой бревна прогонов соединяются горизонтальными и вертикальными болтами. Вертикальные болты одновременно прикрепляют к прогонам мостовые поперечины, а горизонтальные болты — сжимы из брусев, расположенные над опорами с внутренней стороны или с обеих сторон прогонов. К сжимам глухарями прикрепляются поперечные связи. Эти крепления придают всей конструкции достаточную жесткость.

Бревна прогонов имеют длину 6—8,5 м. Они стыкуются впритык. Стыки должны быть расположены над опорами. При этом стыки отдельных бревен в пакете располагаются вразбежку таким образом, чтобы в одном сечении были расположены стыки не более 50% бревен прогона. Сплачивание бревен в стыках должно производиться без про-

зоров, с точной притеской. Над опорами, где стыкуются бревна нижнего яруса, под прогонами укладываются подбалки для обеспечения хорошего опирания концов этих бревен. Прогонь или подбалка опираются на насадку опор. Насадки скрепляются горизонтальными болтами со сжимами прогонов. Для предохранения от поперечного сдвига прогонов или подбалок по насадке соединение их производится врубкой на глубину не более 3 см. Врубка делается в насадке. Насадки укладываются на сваи поперек моста и обеспечивают равномерную передачу нагрузки от прогонов на сваи опоры.

Непосредственно на прогоны укладывается мостовое полотно, устройство которого описано в главе 4.

Опоры балочных мостов могут быть свайными, рамно-лежневыми или рамно-свайными. Наиболее экономичными, простыми и надежными в эксплуатации являются свайные опоры; при сооружении деревянных балочных мостов они чаще всего и применяются.

Опоры этого типа при высоте их до 3 м состоят из рядов вертикальных свай, расположенных поперек моста. Эти сваи называются коренными. Обычно опора имеет четыре коренные сваи (по числу рядов бревен прогонов). Их диаметр и глубина забивки зависят от рода грунта, величины пролетов и нагрузки и определяются расчетом, но во всех случаях сваи должны быть забиты на глубину не менее 4 м от поверхности грунта. При высоте опор более 3 м для увеличения их поперечной устойчивости в одном ряду с коренными сваями забивают откосные сваи и устанавливают укосины (рис. 112), которые нижним концом врубаются в откосные, а верхним—в крайние в ряду коренные сваи. Коренные сваи скрепляются между собой диагональными, а коренные и откосные сваи—горизонтальными схватками. Схватки делаются из пластин и ставятся с обеих сторон опоры.

Поперечная устойчивость опоры может быть обеспечена также наклонной забивкой крайних коренных свай, которые в этом случае будут расположены так, как расположены крайние стойки рамно-лежневой опоры, изображенной на рис. 114.

В тех случаях, когда забивка свай невозможна (например, при скальных или каменистых грунтах), устраиваются рамно-лежневые опоры (рис. 114). Опора такого типа представляет собой раму из двух вертикальных и двух наклонных стоек и из верхней и нижней насадок.

Нижняя насадка называется также подушкой. Стойки соединяются между собой горизонтальными и наклонными (диагональными) схватками.

Основанием для рамы служат коротыши (лежни) длиной 1,0 м, изготавливаемые из бревен, шпал или брусьев. Ко-

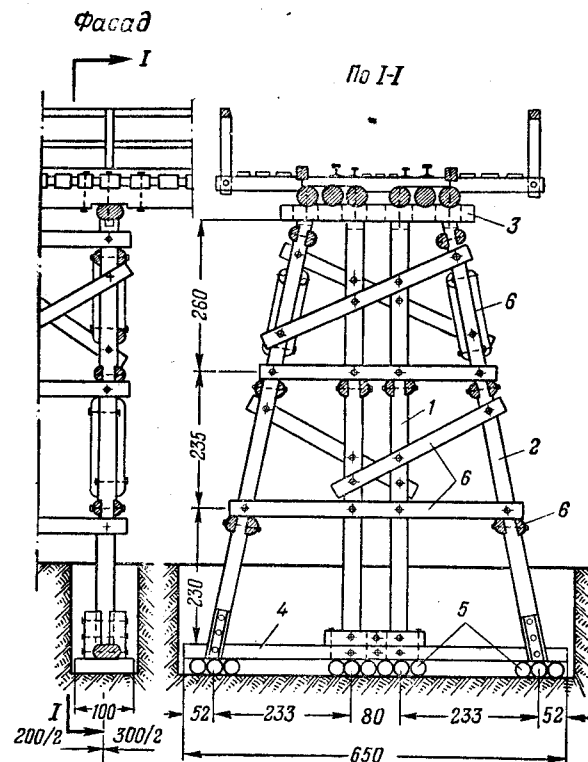


Рис. 114. Рамно-лежневая опора балочного моста:

1 — вертикальная стойка; 2 — наклонная стойка; 3 — верхняя насадка; 4 — нижняя насадка; 5 — лежни; 6 — схватки

ротыши укладываются группами под каждой стойкой рамы. Количество коротышей и площадь их постелей определяются расчетом в зависимости от допускаемого давления на грунт.

Для установки рамно-лежневой опоры отрывается траншея, глубина которой зависит от характера грунтов.

На прочных и непучинистых грунтах (скальных, песчаных и др.) лежни укладываются на небольшой глубине после удаления верхнего слабого слоя. В пучинистых грунтах (глина, суглинок) лежни заглубляются ниже глубины промерзания грунтов (1,8—2 м) и укладываются на балластную подушку толщиной 20—30 см. При наличии на месте гравия, гальки, бутового камня и т. п. лежни укладываются на глубине 1,0 м, а на остальную глубину траншея заполняется этими материалами. Засыпаются траншеи непучинистым грунтом.

В рамно-лежневых опорах все стойки могут быть вертикальными. В этом случае для обеспечения устойчивости опоры устанавливаются укосины, которые верхними концами упираются в крайние стойки, а нижними — в подушку.

Для увеличения устойчивости моста соседние рамно-лежневые опоры можно соединять продольными схватками.

Рамно-свайные опоры состоят из двух основных частей: свайного основания и установленной на него рамной надстройки. Последнюю можно изготовлять заблаговременно в стороне и затем в готовом виде устанавливать на место; благодаря этому значительно уменьшается срок сооружения моста. Поэтому рамно-свайные опоры наиболее широко применяются при временном восстановлении мостов и особенно при сооружении деревянных опор мостов больших пролетов. Подробнее такие опоры рассматриваются ниже.

Для сопряжения моста с насыпью устраиваются устои. В зависимости от высоты насыпи устой может состоять из двух или нескольких поперечных рядов свай, связанных между собой продольными и поперечными горизонтальными схватками. В отличие от промежуточных опор ряды свай, расположенные в насыпи, устраиваются без укосин и откосных свай. Крайние ряды заходят в насыпь не менее чем на 0,5 м (от оси свай до верхней грани конца насыпи). Для лучшего сопротивления устоя давлению грунта насыпи и силам, которые возникают при торможении поезда на мосту, сваи в продольном направлении соединяются между собой еще и подкосами, верхние концы которых направлены в сторону насыпи.

Для защиты верхнего слоя насыпи и балластного слоя от осыпания и для предохранения бревен прогонов от загнивания в конце устоя устраивают закладной щит (рис. 112).

Он состоит из ряда пластин, уложенных горизонтально поперек устоя и удерживаемых специальными свайками. Пластины соединяются между собой в четверть. Вместо пластин для устройства щита может быть применен накатник (круглый лес небольшого диаметра). Щит располагается на расстоянии не менее 0,5 м от оси последней коренной сваи.

**Сопряжение элементов деревянных мостов.** Отдельные конструктивные элементы деревянных балочных мостов соединяются между собой врубками различных типов с применением металлических креплений, а также при помощи деревянных или металлических накладок, штырей, болтов и т. п.

Врубки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- быть достаточно прочными, простыми и допускать легкую сборку конструкции;

- не задерживать воду во избежание загнивания древесины в сопряжении;

- выполняться с учетом наименьшего ослабления рабочего сечения сопрягаемых элементов; ослабление не должно превышать 0,6 площади сечения при симметричном и 0,5 при несимметричном ослаблении;

- выполняться по рабочим чертежам с точным соблюдением указанных в них размеров;

- не иметь в стыках рабочих поверхностей сквозных щелей (допускаются только частичные неплотности до 0,5 мм в плоскостях, образуемых пропилом, и до 1 мм — в плоскостях, образуемых топором).

На рис. 115 показаны сопряжения различных элементов деревянных мостов.

Сваи и стойки наращиваются вполдерева и впритык. Стык вполдерева (рис. 115, а) стягивается двумя — тремя кольцевыми хомутами из полосового железа сечением  $60 \times 8$  мм. Для предотвращения сползания хомутов при забивке сваи в грунт над хомутами в сваю забиваются гвозди. Стыки вполдерева, расположенные выше уровня грунта, обжимаются с двух сторон схватками из пластин толщиной 22 см. Крепление такого стыка может быть произведено вместо хомутов двумя болтами, но это менее надежно, чем крепление хомутами.

Стык впритык осуществляется на штыре со скреплением его плоскими (рис. 115, б) или уголковыми металлическими накладками или скобами и без штыря со скреп-



лением его четырьмя деревянными накладками сечением  $100 \times 150$  мм, стягиваемыми болтами, или отрезком металлической трубы, в которую вводятся концы сращиваемых свай и закрепляются шурупами. Между торцами свай при стыковании впритык помещается прокладка из кровельного железа.

Наращивание свай и стоек впритык на штыре со скреплением стыка металлическими накладками или металлическими трубами особенно часто применяется при сооружении опор для мостов больших пролетов. При этом стыки свай на плоских или уголковых накладках допускаются при расположении их в грунте на глубине не менее 2 м. Другие конструкции стыков свай применяются редко.

Сопряжение насадки со сваем осуществляется при помощи металлического штыря или потайным шипом. В первом случае металлический штырь диаметром 22—25 мм и длиной 250 мм забивается в торец свай через насадку (рис. 115, в). Верхняя часть дыры в насадке закрывается деревянной пробкой. Насадка притягивается к сваям двумя болтами с проушинами, расположенными снаружи каждого ряда свай. Проушины этих болтов надеты на другие болты, закрепленные в сваях.

При сопряжении потайным шипом (рис. 115, г) в свае выделяется шип, а в насадке гнездо; на насадку надевается хомут из полосового железа, который прикрепляется болтом к свае. Это сопряжение более надежно, но сложнее в изготовлении; кроме того, при этом значительно уменьшается площадь опирания насадки на сваю. Поэтому такое сопряжение в настоящее время применяется редко.

В свайных и рамных опорах мостов больших пролетов насадки и подушки сопрягаются со сваями и стойками также на штырях и скрепляются при помощи металлических планок сечением  $60 \times 8 \times 450$  мм, прикрепляемых к ним шурупами. В некоторых случаях вместо планок и шурупов применяются строительные скобы.

Сопряжение укосин с коренными и подкосными сваями обычно выполняется врубкой одиночным зубом с болтом (рис. 115, д).

Врубки парных горизонтальных схваток, обжимающих узел сопряжения укосины и откосной свай (рис. 115, е), выполняются так, чтобы обеспечить восприятие горизонтальных усилий (распора), передаваемых через укосину. Размеры этих врубок определяются расчетом.

Сопряжение всех других схваток со сваями, стойками и укосинами производится подобным же образом.

**Балочно-подкосные мосты.** Как уже указывалось, расстояние между опорами балочно-подкосных мостов больше, чем у балочно-эстакадных мостов, в два (у одноподкосных) или в три (у двухподкосных) раза. Поэтому между опорами в этих мостах устраиваются промежуточные опорные узлы (см. рис. 113), которые поддерживают прогоны, что позволяет избежать усложнения конструкции последних и делать их такими же, как и в балочно-эстакадных мостах.

Промежуточные опорные узлы образуются наклонными подкосами, нижние концы которых упираются в коренные сваи опор. Вследствие наклонного положения подкосы передают на сваи не только вертикальные, но и горизонтальные усилия (распор). Для того чтобы не допустить изгиба свай под воздействием горизонтальных усилий, в уровне нижних концов подкосов ставятся затяжки, полностью воспринимающие распор.

Устои балочно-подкосных мостов более сложны по конструкции, чем устои балочно-эстакадных мостов. Они имеют не только восходящие к насыпи подкосы, но и нисходящие подкосы, что улучшает восприятие устоем сил, возникающих при торможении поезда на мосту, а также обеспечивает большую устойчивость моста при значительной высоте насыпи (10—12 м).

Промежуточные опоры одноподкосных мостов, как правило, имеют такое же количество коренных свай, как и опоры балочно-эстакадных мостов. В двухподкосных мостах промежуточные опоры воспринимают значительно большее давление от прогонов, поэтому в этих опорах ставятся два ряда свай. Расстояние между рядами свай в опорах делается около 0,5 м, чтобы между ними можно было установить поперечные схватки.

При высоте от уровня земли до затяжки больше 6—8 м опоры балочно-подкосных мостов устраиваются башенного типа (рис. 116), так как обычные опоры из одного или двух рядов свай при такой высоте становятся недостаточно устойчивыми и весь мост при большой его длине получается недостаточно жестким в продольном направлении.

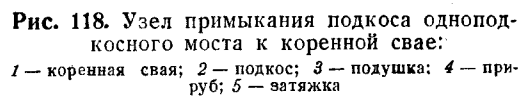
Мостовое полотно и прогоны балочно-подкосных мостов по своему устройству не отличаются от таких же элементов балочно-эстакадных мостов. Стыки бревен в нижних рядах прогонов располагаются обязательно над





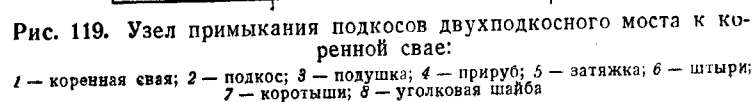
Затяжки делаются из пластин или брусьев, охватывающих попарно каждую из коренных свай. Врубki затя-

Затяжки делаются из пластин или брусьев, охватывающих попарно каждую из коренных свай. Врубki затя-



**Рис. 118.** Узел примыкания подкоса одноподкосного моста к коренной свае:  
1 — коренная свая; 2 — подкос; 3 — подушка; 4 — прируб; 5 — затяжка

жек в сваи должны обеспечивать передачу через них горизонтальных усилий от подкосов. В пролетах затяжки располагаются поочередно выше и ниже подушек, в которые упираются подкосы.



В двухподкосных мостах в связи с большей величиной воспринимаемого натяжками усилия сопряжение их с ко- ренными сваями делается еще более сложным (рис. 119). Горизонтальное усилие передается на натяжку через коротыши длиной 70 см. Натяжки врублены в эти коротыши на 5 см. Все это соединение стянуто тремя болтами, один из которых проходит через сваи.

В опорах балочно-подкосных мостов забиваются до- полнительные откосные сваи. Это вызывается тем, что опоры таких мостов имеют большую высоту, при которой сделать укосину из целого бревна не удастся. Поэтому уко- сины делаются двухъярусными: верхние упираются в ко-

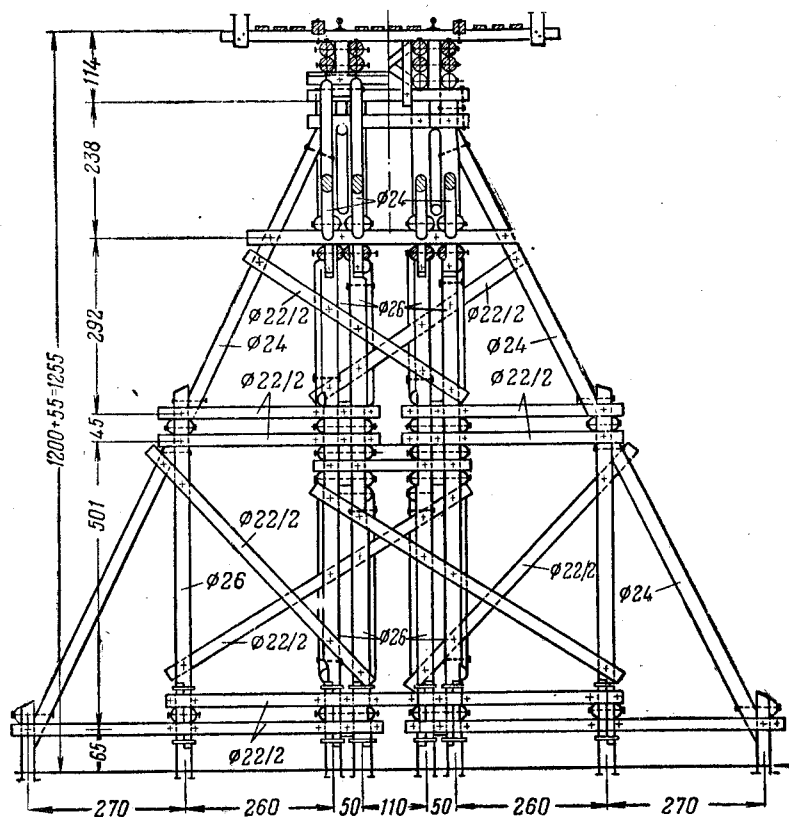


Рис. 120. Опора балочно-подкосного моста с дополнительными откос- ными сваями

ренные и промежуточные откосные сваи, а нижние — в промежуточные и крайние откосные сваи (рис. 120).

Балочно-эстакадные и балочно-подкосные мосты могут быть сооружены не только из круглого леса, но и из пиленого (из брусев). Увеличение затрат рабочей силы на предварительную обработку леса и необходимость иметь пилорамы для этой цели в значительной мере возме- щаются большими преимуществами мостов из брусев перед мостами из круглого леса. Главнейшими их пре- имуществами являются более простая конструкция всех узлов и врубок и возможность вести заготовку деталей мо- стов на стройдворах индустриальными методами с приме- нением различных механизмов. Поэтому конструкции де- ревянных мостов и опор из брусев находят все большее применение.

Схемы деревянных балочных мостов из брусев и их главных узлов не отличаются от схем мостов из круглого леса.

### Пакетные пролетные строения. Деревянные фермы

Из дерева сооружаются не только балочные мосты, описанные выше, но и пролетные строения, называемые пакетными, которые могут укладываться как на времен- ные деревянные, так и на постоянные опоры, например ка- менные. Наиболее простое пакетное пролетное строение представляет собой прогоны из бревен или брусев с уло- женным на них мостовым полотном (рис. 121).

Большими преимуществами пакетных пролетных строе- ний являются возможность изготовления их в массовом количестве на базах индустриальными методами и воз- можность быстрой установки на место. Поэтому эти про- летные строения нашли широкое применение при восста- новлении железных дорог для перекрытия небольших про- летов мостов, а также при строительстве новых железно- дорожных линий для постройки временных мостов.

Количество бревен или брусев в каждом прогоне (па- кете) определяется расчетом и зависит от размеров брев- ен, величины перекрываемого пролета и обращающейся нагрузки. Например, при нагрузке паровозом Э<sup>у</sup> и диа- метре бревен 28 см для перекрытия пролета в 2,2 м в каж- дом прогоне необходимо иметь два бревна, для перекры- тия пролета в 3,45 м — четыре бревна и пролета в 5,0 м — девять бревен. Обычно прогоны имеют от одного до

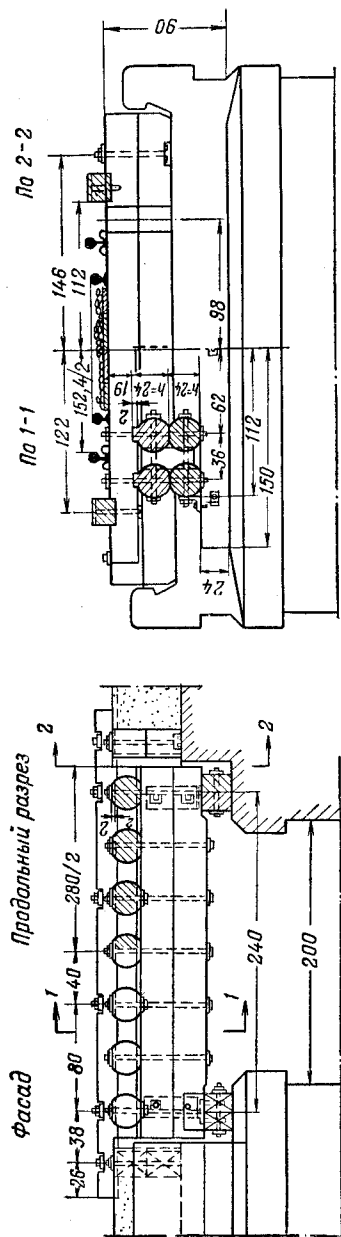


Рис. 121. Мост с деревянным пакетным пролетным строением

девяти бревен диаметром от 22 до 36 см. При этом бревна в прогонах располагаются: от одного до трех бревен — в один ярус, четыре и шесть бревен — в два яруса, девять бревен — в три яруса; прогоны из шести бревен делаются и трехъярусными.

Бревна прогонов отсываются на два канта и соединяются между собой вертикальными и горизонтальными болтами, причем вертикальными болтами одновременно прикрепляются к прогонам и поперечины мостового полотна. Поперечины можно прикреплять к прогонам также нагелями и глухарями.

В пакетных пролетных строениях прогоны с небольшим количеством бревен связаны между собой обычно только поперечинами (мостовыми брусьями). При увеличении количества бревен в прогонах между последними устраиваются специальные связи.

Пакетные пролетные строения опираются на опоры через брусья, называемые мауэрлатными.

Пакетными пролетными строениями описанной конструкции можно перекрывать пролеты, не превышающие 6—7 м.

Для перекрытия пролетов большей величины иногда применяются шпоночные пакетные пролетные строения (рис. 122), в которых бревна прогонов в каждом вертикальном ряду соединены между собой шпонками. Шпонки представляют собой деревянные (дубовые) бруски или металлические полосы. Связанные шпонками бревна прогонов воспринимают нагрузку не разобшенно, а как единая конструкция, что позволяет значительно увеличить допускаемую нагрузку.

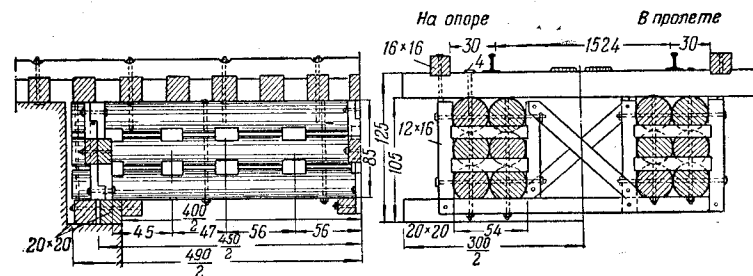


Рис. 122. Деревянное шпоночное пакетное пролетное строение

Недостатками таких пролетных строений являются сравнительная сложность изготовления и возможность расстройств соединений в результате усушки дерева. Поэтому для изготовления шпоночных пакетных пролетных строений необходимо использовать возможно более сухой лес.

Для перекрытия более значительных пролетов в деревянных мостах ранее применялись пролетные строения с деревянными фермами. Такие пролетные строения состояли из главных ферм, связей и проезжей части. Главные фермы были различных систем (Гау-Журавского, Боровика и др.) и изготовлялись из бревен, брусьев и досок.

Фермы Гау-Журавского применялись в пролетных строениях с ездой как поверху, так и понизу при пролетах от 10 до 30 м и имели параллельные пояса, раскосы, перекрещивающиеся в каждой панели, и вертикальные металлические стержни. Пояса и раскосы делались из брусьев.

Фермы пролетного строения конструкции Боровика изготовлялись целиком из круглого леса и представляли собой упрощенный вариант фермы Гау-Журавского. Железные вертикальные стержни заменялись в них подвесками из дерева.

Недостатком деревянных пролетных строений является необходимость постоянного тщательного ухода за ними. Усушка древесины и ослабление тяжей приводят к постепенному провисанию ферм и общему расстройству соединений. Особенно это относится к фермам Боровика. Поэтому пролетные строения с деревянными фермами широкого применения не нашли.

### Деревянные опоры мостов больших пролетов

Деревянные опоры применяются в мостах как с деревянными, так и с металлическими пролетными строениями. Особенно широкое применение такие опоры имеют при восстановлении разрушенных мостов. Во время Великой Отечественной войны большинство временно восстановленных мостов имело деревянные опоры и металлические пролетные строения различных типов.

Деревянные опоры делаются свайными, рамными (рамно-лежневыми), ряжевými и комбинированными — рамно-свайными и рамно-ряжевými. При краткосрочном восстановлении мостов применяются еще и клеточные опоры из шпал или брусев.

Тип опоры в каждом отдельном случае выбирается в зависимости от местных условий (характера грунта, глубины водотока, высоты моста, сроков, в которые должен быть построен или восстановлен мост) и требований, которые предъявляются к мосту.

Свайные, рамно-свайные и рамно-лежневые опоры применяются в таких же условиях, в которых опоры этих типов применяются для деревянных балочных мостов. Конструкции таких опор для больших мостов тоже во многом сходны с конструкциями опор балочных мостов. Так, например, и те и другие опоры состоят в основном из одних и тех же элементов (свай, стойки, насадки, схватки и др.), сопряжения отдельных деталей (наращивание свай и стоек, сопряжение их с укосинами и схватками и др.) в большинстве случаев выполняются одинаково.

Различия между опорами мостов больших пролетов и опорами балочных мостов связаны главным образом с тем, что на каждую опору мостов больших пролетов передаются более значительные вертикальные усилия, а также горизонтальные усилия, направленные как поперек, так и вдоль моста. Поэтому такие опоры имеют большее коли-

чество свай или стоек и большие размеры как в продольном, так и в поперечном направлении.

В промежуточных опорах сваи (стойки) располагаются двумя группами, из которых каждая воспринимает давление от одного пролетного строения. В группе (полубыке) сваи (стойки) размещаются рядами поперек моста

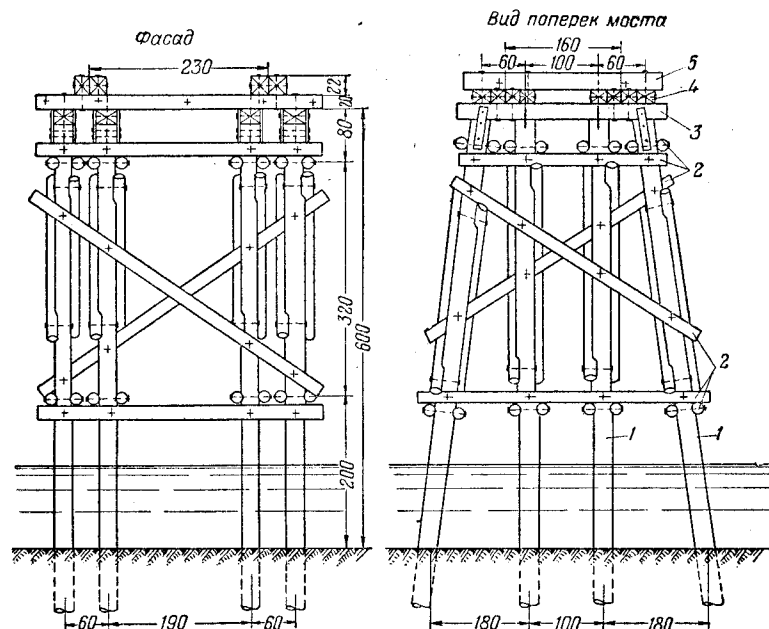


Рис. 123. Свайная промежуточная опора на наклонных сваях:

1 — сваи; 2 — схватки; 3 — насадка; 4 — прокладные (распределительные) брусья; 5 — мауэрлатные (опорные) брусья

(рис. 123). Все сваи (стойки) опоры соединяются между собой горизонтальными и наклонными схватками, расположенными в поперечных и продольных плоскостях. Благодаря этому такие опоры обладают большой устойчивостью и в продольном, и в поперечном направлениях.

При устройстве свайных опор на вертикальных сваях для обеспечения устойчивости моста, как и в балочных мостах, устанавливаются подкосы (укосины), которые упираются в дополнительные подкосные сваи. При высоте менее 3 м такие опоры могут быть сделаны без подкосов.

В тех случаях, когда опоры расположены в воде глубиной свыше 2—3 м, между сваями под водой устраиваются связи из металлических тяжей (вант), установленных с наклоном к сваям в 30—60°. При большой глубине воды сваи раскрепляются тяжами по всем направлениям. Тяжи делаются из круглого (диаметром 19—25 мм) или полосового железа. Нижние концы их прикрепляются к сваям на уровне грунта, а верхние концы — к схваткам (рис. 124). Натяжение тяжей производится гайками и стяжными муфтами.

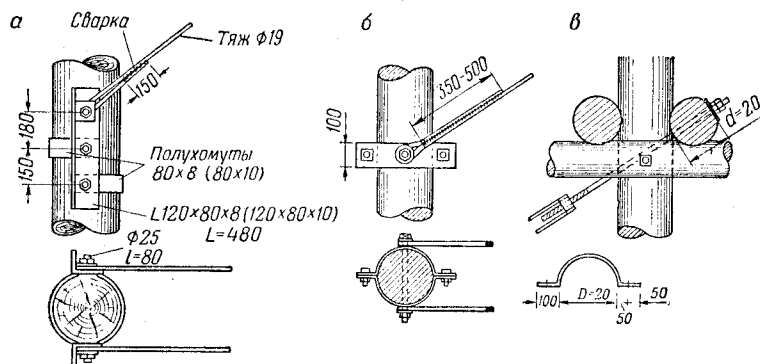


Рис. 124. Детали прикрепления металлических тяжей к сваям:  
а и б — крепление нижней части; в — крепление верхней части

Вместо тяжей в отдельных случаях между сваями могут устанавливаться подводные подкосы из бревен диаметром 20—26 см. Нижним концом такой подкос упирается в бобышник, врубленный в сваю, и притягивается к ней хомутом, а верхним концом врубается в противоположную сваю обычным способом. Бобышник играет такую же роль, как и прируб в опорах балочно-подкосных мостов.

Сваи сверху перекрываются насадками из брусьев или бревен, окантованных на два канта, и мауэрлатными (опорными) брусьями, на которые непосредственно опираются пролетные строения. Между насадками и мауэрлатными брусьями обычно укладываются в один или два ряда по высоте прокладные (распределительные) брусья.

Сваи с насадками соединяются, как описано выше. Насадки, прокладные и мауэрлатные брусья между собой соединяются болтами.

Группы свай (полубыки) в одной опоре для обеспечения ее устойчивости в продольном направлении располагаются на сравнительно большом расстоянии одна от другой, вследствие чего между концами двух пролетных строений, опирающихся на опору, образуется разрыв. Этот разрыв обычно перекрывается металлическим пакетом межпролетного заполнения, который опирается на специальные столики, имеющиеся у пролетных строений. При отсутствии столиков межпролетное пространство перекрывается деревянными прогонами или металлическими пакетами, устанавливаемыми на стойки. Стойки опираются на подушки, уложенные на прокладные брусья, и связываются между собой продольными и поперечными горизонтальными схватками и продольными и поперечными диагональными крестами.

Устои мостов больших пролетов имеют в основном такое же устройство, как и устои балочных мостов, с тем отличием, что для опирания пролетного строения в передней части устоя забиваются сваи или устанавливаются стойки, на которые укладываются насадки, прокладные и мауэрлатные брусья (рис. 125). Таким образом, эти устои состоят как бы из двух частей — эстакадной и передней. Эстакадная часть устоя, как и в балочных мостах, состоит из поперечных рядов свай или поперечных рам, соединенных в продольном направлении подкосами, диагональными и горизонтальными схватками. Деревянные прогоны эстакадной части могут быть заменены металлическими двутавровыми балками.

Передняя часть устоя обычно устраивается из двух рядов свай или двух рам, связанных с эстакадной частью горизонтальными схватками. В остальном устройство передней части аналогично устройству полубыка промежуточной опоры.

Свайные опоры являются наиболее совершенными с точки зрения их эксплуатации, но, как уже указывалось, для их сооружения требуется длительный срок, и в этом отношении свайные опоры значительно уступают рамно-свайным опорам.

Как и в балочных мостах, рамно-свайная опора состоит из двух основных частей: рамной надстройки и свайного основания. Рамная надстройка может быть изготовлена заблаговременно или одновременно с устройством свайного основания, что позволяет значительно сократить срок сооружения опоры. Это имеет особенно большое

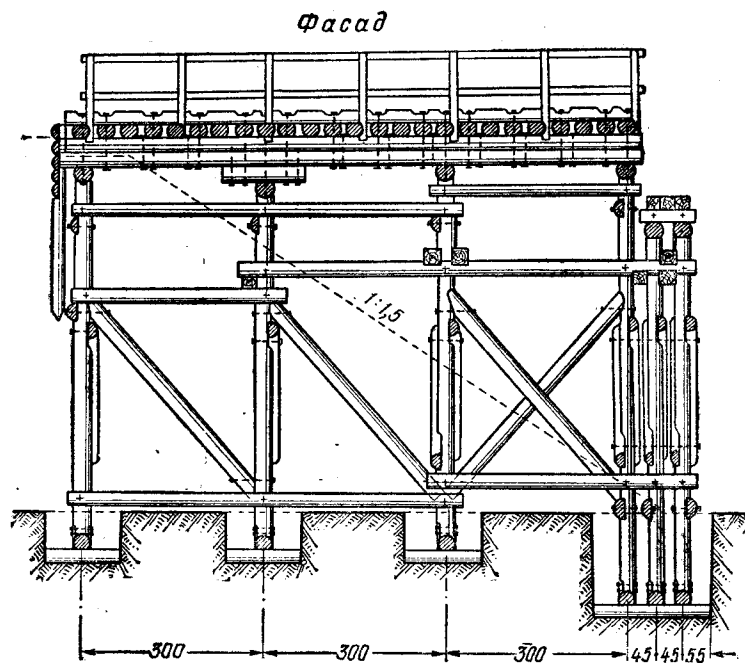


Рис. 125. Рамно-лежневой устой моста

значение при необходимости построить мост в короткий срок, например, при восстановлении железных дорог на театре военных действий.

Рамная надстройка обычно делается башенного типа, т. е. с рамами с наклонными стойками (рис. 126). Она состоит из отдельных рам, устанавливаемых поперек или вдоль оси моста, которые горизонтальными и диагональными схватками объединяются в один общий блок.

Конструкции рам рамных надстроек в опорах мостов больших пролетов и устройство сопряжений их отдельных элементов одинаковы с конструкциями и устройством сопряжений в рамах рамно-лежневых опор балочных мостов и в свайных опорах, которые описаны выше.

Количество рам в опоре и стоек в каждой раме, определяемое расчетом, зависит от длины пролетных строений, расчетной нагрузки и от диаметра стоек. В большинстве случаев опоры имеют по четыре — шесть рам (по две или

три рамы в каждом полубыке), а рама — от четырех до восьми стоек. В высоких рамных надстройках стойки стыкуются; стыки устраиваются вполдерева или в торец.

Рамная надстройка может быть установлена на основание в целом виде или отдельными рамами с постановкой схваток (обстройкой опоры) на месте. В последнем случае рамы устанавливаются обычно поперек моста.

В некоторых случаях рамная надстройка делается двух- или трехъярусной. При этом подушки рам верхнего яруса укладываются на насадки рам нижнего яруса. Эти подушки и насадки соединяются между собой шпонками,

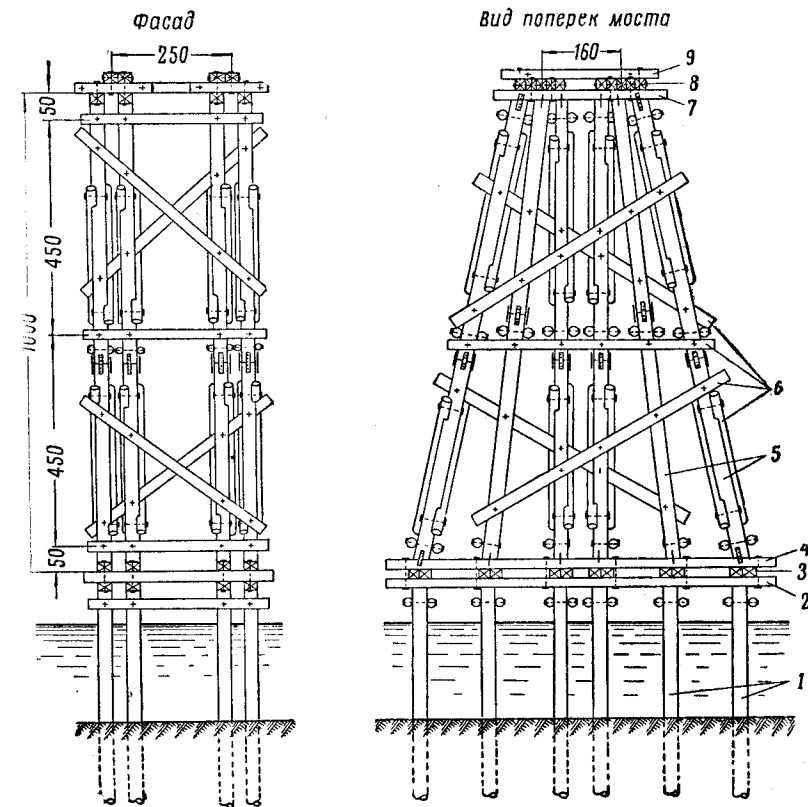


Рис. 126. Промежуточная рамно-свайная опора башенного типа:

1 — сваи; 2 — насадка; 3 — прокладные бруссы; 4 — нижняя подушка рамы; 5 — стойки; 6 — схватки; 7 — верхняя подушка рамы; 8 — прокладные бруссы; 9 — мауэрлатные бруссы

врубками и вертикальными болтами. В таких надстройках стойки верхних и нижних рам устанавливаются так, что они служат как бы продолжением одна другой.

Основанием рамной надстройки в рамно-свайных опорах служит свайный ростверк, представляющий собой ряды или группы свай, перекрытые насадками. Для лучшего распределения нагрузки, передаваемой от рамной надстройки на свайный ростверк, между насадками и подушками рам в поперечном к ним направлении укладываются ряды прокладных брусьев (рис. 126).

При небольшой высоте над грунтом свайный ростверк устраивается на вертикальных сваях, расположение которых в плане совпадает с расположением стоек в рамной надстройке. При высоте свайного ростверка более 2—3 м между сваями устанавливаются подводные связи из металлических тяжей или деревянных подкосов. В некоторых случаях для увеличения устойчивости таких свайных ростверков применяются шпунтовые или ряжевые оболочки, устраиваемые вокруг опоры и заполняемые камнем, а также объемлющие металлические или деревянные каркасы.

При глубине воды выше 4—6 м применяются основания с наклонными сваями, забитыми с уклоном 1:4 (рис. 127). В таких основаниях сваи располагаются кустами. В каждом кусте часть свай забивается вертикально, а часть — с наклоном в поперечном и продольном направлениях.

Выше горизонта воды сваи связываются между собой поперечными и продольными схватками. Поверху ряды свай обстраиваются насадками. При этом на вертикальные и наклонные в продольном направлении сваи укладываются продольные насадки. На продольные насадки и на поперечные наклонные сваи укладываются поперечные насадки. Рядом с поперечными насадками укладываются поперечные прокладные брусья, а на них — продольные прокладные брусья, на которые, как обычно, устанавливаются поперечные рамы надстройки.

В связи с расположением свай кустами в таких опорах изменяется и расположение стоек в рамных надстройках. В этом случае рамы имеют М-образную конструкцию с четырьмя наклонными стойками. Крайние стойки делаются из спаренных бревен, средние — из одиночных, что в сумме дает шесть стоек.

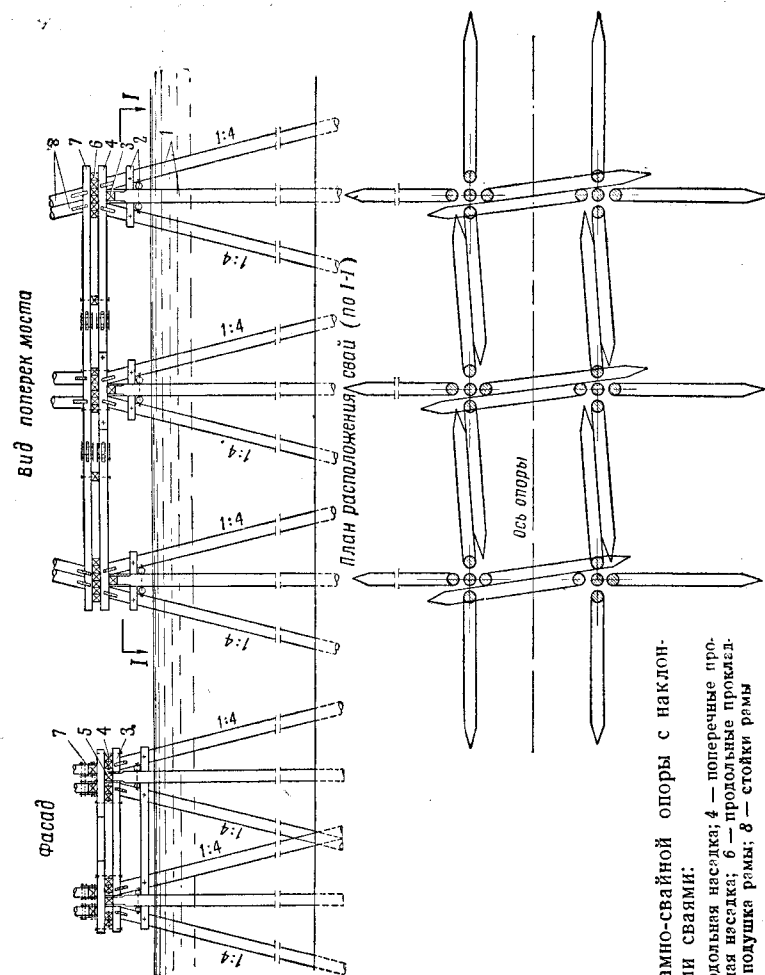


Рис. 127. Основание рамно-свайной опоры с наклонными сваями:

1 — сваи; 2 — схватки; 3 — продольная насадка; 4 — поперечные прокладные брусья; 5 — поперечная насадка; 6 — продольные прокладные брусья; 7 — нижняя подушка рамы; 8 — стойки рамы

При очень большой глубине воды, а также в мостах со значительными пролетами (55 м и больше) для устройства оснований опор используются металлические сваи из труб диаметром 250 мм и более с толщиной стенок 8—14 мм. При глубине воды свыше 8—10 м такие основания устраиваются на наклонных сваях.

Схемы опор на металлических наклонных сваях аналогичны схемам таких же опор на деревянных сваях (рис. 128). Продольные и поперечные насадки в таких опорах изготавливаются из металлических двутавровых балок и соединяются между собой болтами. Насадки со сваями соединяются при помощи опорных башмаков, установленных в верхних частях свай. Опорные башмаки состоят из горизонтальных листов и приваренных к ним стаканов из полосового железа. Стаканы, имеющие диаметр несколько меньше внутреннего или несколько больше наружного диаметра свай, вставляются в сваи или надеваются на них. Горизонтальные листы опорных башмаков соединяются с насадками болтами.

Для соединения с деревянными прокладными брусками к верхним полкам поперечных насадок болтами прикрепляются стальные уголки, к которым крайние брусья прикрепляются шурупами; между собой брусья скрепляются скобами.

Для лучшего распределения усилий, передаваемых от рамной надстройки на свайное основание, под прокладными брусками с каждой стороны поперечных насадок укладывается дополнительно по одной двутавровой балке такой же высоты. Эти балки соединяются с балками насадок при помощи диафрагм из полосовой стали и приваренных к ним стальных уголков.

В мостах с пролетными строениями с ездой понизу и опорами на металлических сваях подушки рам ввиду их большой длины делаются из металлических балок швеллерного сечения и укладываются непосредственно на насадки. Стойки рам прикрепляются шурупами к вертикальным планкам, приваренным к полкам швеллеров подушек.

Еще большее сокращение сроков возведения опоры может быть достигнуто применением сборных деревянных блочных опор. В отличие от обычных рамно-свайных опор, при сооружении которых приходится выполнять значительный объем работ по обстройке, т. е. по установке недостающих связей (схваток), объединяющих отдельные рамы в общий блок, в конструкциях сборных блочных опор

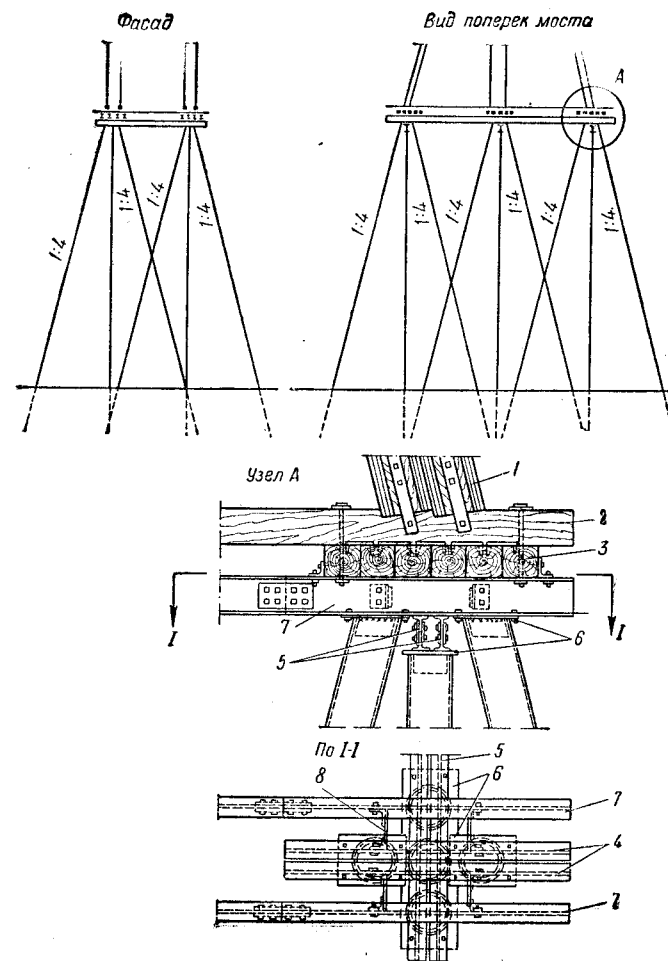
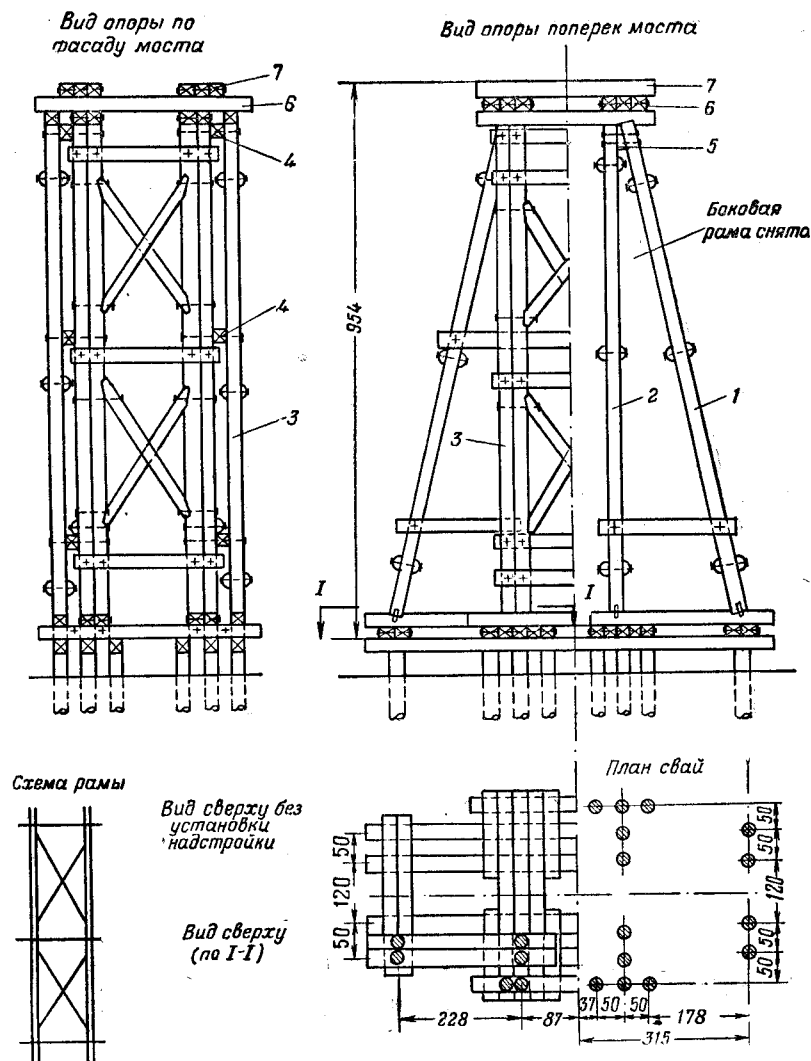


Рис. 128. Схема свайного основания на металлических наклонных сваях:

1 — стойка; 2 — нижняя подушка рамы; 3 — прокладные брусья; 4 — поперечные насадки; 5 — продольные насадки; 6 — опорные башмаки; 7 — дополнительные поперечные балки; 8 — диафрагмы





**Рис. 129.** Промежуточная сборная деревянная блочная опора для временных мостов из прямоугольных рам:

1 — продольная наклонная рама; 2 — продольная вертикальная рама; 3 — поперечная (боковая) вертикальная рама; 4 — прокладные бруски; 5 — прокладной клин; 6 — прокладные брусья; 7 — мауэрлатные брусья

объем обстрочных работ максимально сокращен. Блоки таких опор изготавливаются на стройдворах с использованием различных средств механизации работ, а на строительной площадке ведется только монтаж опор.

В настоящее время разработаны различные конструкции сборных деревянных блочных опор, предназначенные для временных железнодорожных мостов: из круглого леса, из пиленого леса из стандартных прямоугольных рам длиной 4 м и из пиленого леса из рам длиной 6,3 м.

Устройство свайных оснований сборных деревянных блочных опор в основном не отличается от устройства оснований обычных рамно-свайных опор. Различия имеются только в расположении свай в плане, которое назначается в зависимости от особенностей устройства рамной надстройки.

Промежуточные сборные деревянные блочные опоры из круглого леса собираются из прямоугольных рам или из треугольных и прямоугольных рам. На рис. 129 изображена опора из прямоугольных рам. Эта опора состоит из четырех вертикальных и двух наклонных рам. Две вертикальные рамы установлены вдоль моста и две — поперек.

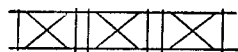
Каждая рама состоит из двух стоек, соединенных между собой горизонтальными схватками и крестовыми диагоналями. Стойки могут быть изготовлены из одиночных или из попарно сплоченных бревен. Количество бревен в стойках и количество рам в опоре зависит от величины нагрузки и определяется расчетом. При необходимости увеличивается количество вертикальных продольных рам.

Продольные и поперечные рамы между собой соединяются болтами через прокладные бруски.

Наклонные и вертикальные рамы в нижней части опоры соединяются схватками, в средней части — прокладными брусками-схватками, а в верхней — болтами через прокладной клин. В более высоких опорах соединение в верхней части также производится прокладными брусками-схватками.

Опора из прямоугольных и треугольных рам (рис. 130) состоит из двух прямоугольных рам, установленных вдоль оси моста, и из двух поперечных рам веерообразной формы. Для удобства монтажа каждая из веерообразных рам разделена на две треугольные полурамы. Все рамы установлены вертикально.

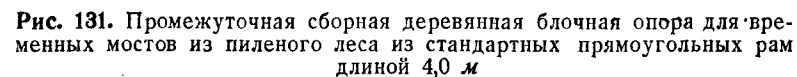
Прямоугольные рамы устроены так же, как и в предыдущей опоре.



**Рис. 130.** Промежуточная сборная деревянная блочная опора для временных мостов из треугольных и прямоугольных рам:

- a* — схема треугольной рамы; *b* — схема продольной прямоугольной рамы; *в* — опора в створе; *г* — продольные прямоугольные рамы; *д* — поперечные рамы

— схема треугольной рамы; б — схема  
родольной прямоугольной рамы; в —  
плана в сборе; 1 — продольные прямо-  
угольные рамы; 2 — треугольные рамы



нальными схватками, а в верхней части — болтами через прокладной клин.

Между собой прямоугольные и треугольные рамы соединяются болтами через прокладные бруски.

Сборные деревянные блочные опоры из пиленого леса из стандартных прямоугольных рам длиной 4 м (рис. 131)

состоят в основном из двух элементов: стандартных рам и связующих брусев. Стандартная рама имеет высоту 4 м и ширину 1,8 м. Она состоит из двух стоек сечением  $22 \times 22$  см, двух крестовых диагоналей из брусев сечением  $15 \times 22$  см, двух распорок из брусев сечением  $10 \times 22$  см и трех тяжей из круглой стали диаметром 22 мм со стяжными муфтами. Такая рама при необходимости может быть распилена на две полурамы длиной 2 м каждая. В этом случае каждая полурама имеет по два тяжа. Тяж со стороны распила устанавливается ближе к крестовым диагоналям.

Связующий брус имеет сечение  $22 \times 22$  см. Такие же брусья используются и для изготовления насадок, прокладных и мауэрлатных брусев, а также мостовых брусев.

Используя указанные два элемента в различных комбинациях, можно собирать опоры различной высоты и различной несущей способности. Увеличение несущей способности достигается установкой дополнительных рам или дополнительных связующих брусев. При установке стандартных рам в два яруса стойки и связующие брусья стыкуются в торец вразбежку.

Отдельные элементы опоры соединяются между собой болтами.

Поперечная устойчивость опоры обеспечивается установкой подкосных рам, представляющих собой стандартные рамы, укороченные на 20 см. Нижним концом подкосная рама упирается в специальный пакет, уложенный на насадку свайного ростверка, а верхним концом — в скошенные коротыши, прикрепленные к стойкам рам и связующим брусьям. Кроме того, этот коротыш упирается в насадку, уложенную на стойки рамы и связующие брусья.

Опоры из стандартных прямоугольных рам длиной 4 м применяются при высоте рамной надстройки 4—6 м.

Из таких же стандартных рам и связующих брусев можно монтировать и устой, общий вид которого приведен на рис. 132.

Сборные деревянные блочные опоры из пиленого леса из прямоугольных рам длиной 6,3 м также состоят в основном из двух элементов: прямоугольных рам и связующих брусев. Рамы в этой опоре имеют устройство, аналогичное устройству стандартных рам длиной 4 м в опорах, описанных выше.

Опоры из рам длиной 6,3 м применяются при высоте рамной надстройки до 12 м. Рамы в опоре устанавливаются вертикально и наклонно.

В настоящее время продолжается разработка новых конструкций сборных деревянных блочных опор для временных мостов и новых конструкций свайных оснований для них.

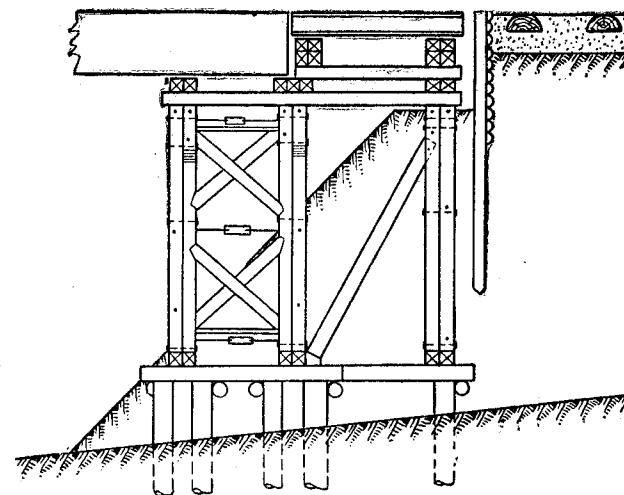


Рис. 132. Устой из стандартных прямоугольных рам длиной 4,0 м

Разрабатывается также проект дерево-металлической опоры для временных мостов (рис. 133). Эта опора имеет деревянные стойки, связанные между собой металлическим каркасом из прокатных профилей.

Ряжевые опоры сооружаются в тех случаях, когда невозможна забивка свай и устройство лежневых оснований. Ряжевая опора представляет собой сруб (ряж) из бревен, отесанных на два канта, или из брусев, уложенных с просветами и скрепленных в пересечениях металлическими нагелями. Ряжи устанавливаются на выровненное дно реки и загружаются камнем.

В плане промежуточная ряжевая опора может быть прямоугольной или с треугольными пристройками в передней и задней частях опоры (рис. 134). Передняя треугольная пристройка служит для защиты ряжа при ледоходе.

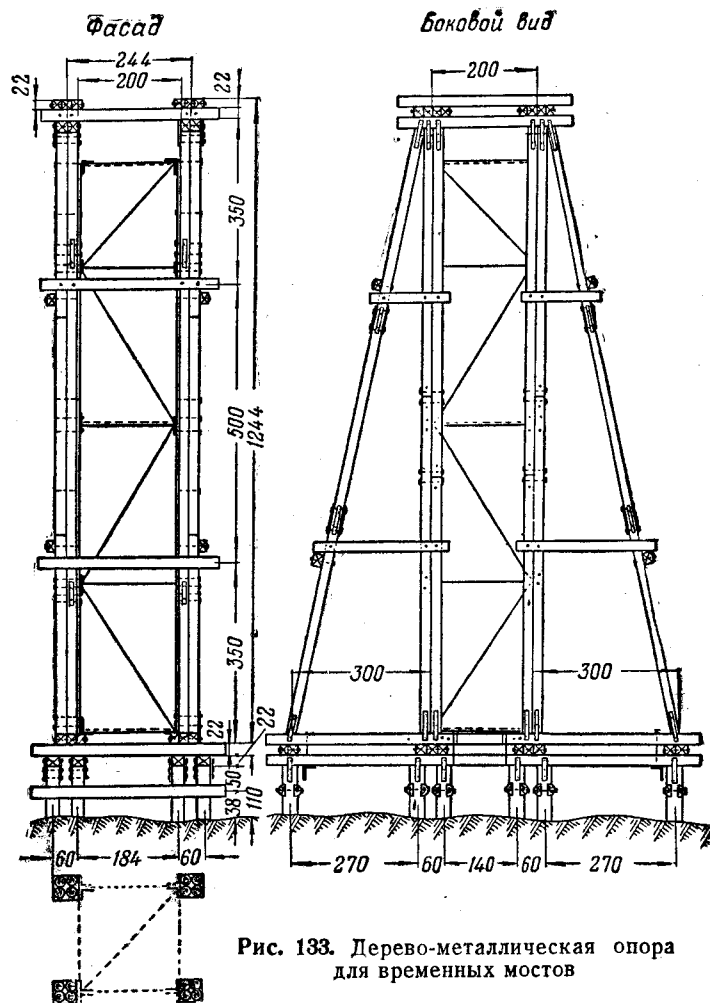


Рис. 133. Дерево-металлическая опора для временных мостов

Длинные боковые стенки ряжа для предотвращения распыления каменной засыпкой связываются внутренними поперечными стенками. На эти же стенки укладываются мауэрлатные брусья, через которые передается на ряж вертикальная нагрузка от пролетных строений. Поперечные стенки устраиваются на расстоянии 2—3 м одна от другой.

Каменная засыпка при слабых грунтах удерживается в ряже дном, которое устраивается из бревен на высоте не

менее двух венцов от низа ряжа. Остатки ниже дна венцы образуют нож, который врезается в грунт при загрузке ряжа. При скалистом грунте пол не делается.

Ряжевый устой состоит из двух частей: низкой, на которую опирается пролетное строение, и высокой, которая служит для сопряжения моста с насыпью. Это сопряжение производится путем обсыпки ряжа грунтом.

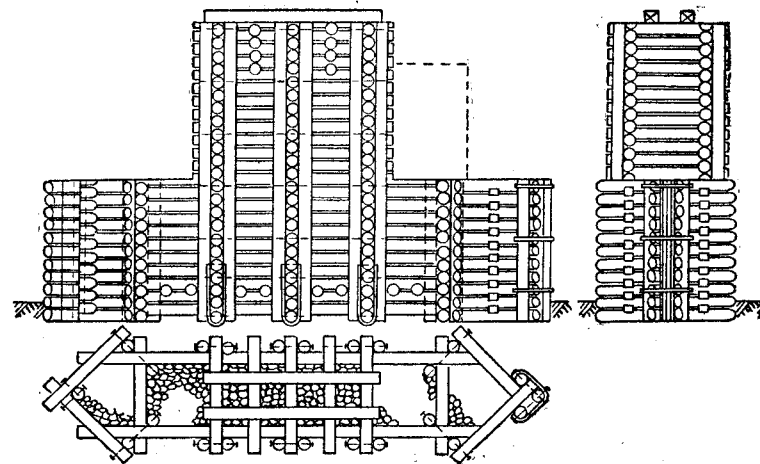


Рис. 134. Промежуточная ряжевая опора

Сопряжение бревен в углах стен ряжей делается «в косую лапу» или «в обло с остатком» (рис. 135). Сопряжение «в обло с остатком» проще в изготовлении, но менее прочно. Кроме того, выступающие при этом концы венцов стесняют живое сечение реки и могут быть повреждены ледоходом. Поэтому такое сопряжение применяется лишь для временных опор.

Отдельные венцы между собой соединяются ершами, скобами или шипами через 2—3 м. В углах и в местах пересечения наружных стен с внутренними поперечными стенками ставятся вертикальные сжимы из бревен диаметром 20—24 см, которые скрепляются с венцами болтами. Отверстия для болтов в сжимах делаются овальными для обеспечения возможности свободной осадки ряжа. Венцы в местах пересечения со сжимами подтесываются, чем обеспечивается возможность перемещения их по сжимам.

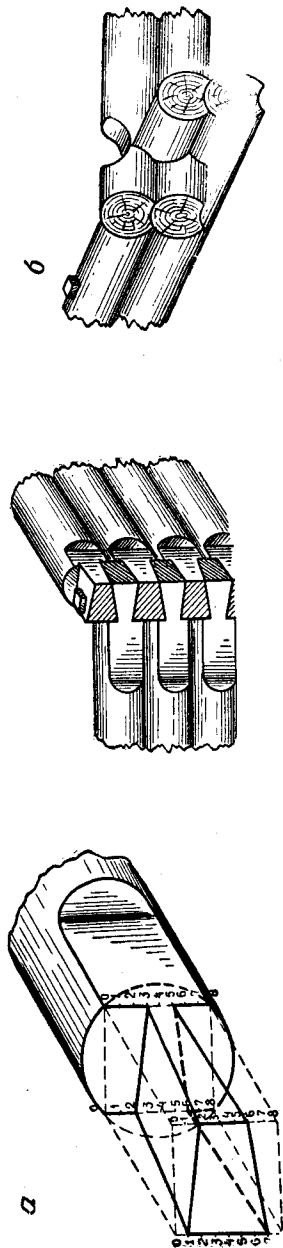


Рис. 135. Сопряжение бревен в углах стен ряжа:  
а — «в косую лапу»; б — «в обло с остатком»

Венцы, расположенные ниже дна, соединяются с верхними венцами металлическими хомутами.

Недостатками ряжевых опор являются большой расход лесоматериалов, большая трудоемкость изготовления и их громоздкость. Они сильно загромождают русло водотока, что ведет к повышению скорости течения воды, а следовательно, к увеличению опасности подмыва грунта под подошвами опор. В высоких ряжевых опорах часто наблюдаются значительные и неравномерные осадки. Вследствие этих недостатков ряжевые опоры применяются редко.

Трудоемкость сооружения ряжевых опор и расход лесоматериалов можно уменьшить, если верхнюю часть ряжа заменить рамной надстройкой. В этом случае опора будет рамно-ряжевого типа. Опоры этого типа применяются в таких же условиях, как и ряжевые опоры.

При краткосрочном восстановлении мостов устраиваются клеточные (шпальные) опоры. Такие опоры делаются из шпал, брусьев или бревен, отесанных на два канта. Шпалы (брусья) укладываются горизонтальными рядами с такими промежутками, чтобы каждая шпала опиралась на три — четыре шпалы нижележащего ряда. Шпалы нижнего

ряда укладываются перпендикулярно продольной оси моста, вплотную одна к другой. Постели шпал (брусьев) в местах пересечений тщательно притесываются.

Основанием для клеточных опор может служить сохранившаяся кладка разрушенных опор или грунт. При устройстве опоры на сухом плотном грунте клетки укладываются непосредственно на спланированную поверхность грунта с заглублением до 0,5 м. При слабом грунте и неглубокой воде основанием под клетку может служить каменная наброска.

Клеточные опоры устраиваются высотой до 10 м. Ширина опоры поверху обычно равна длине шпалы. Для увеличения устойчивости и уменьшения давления на грунт клеточные опоры через каждые 3—4 м по высоте уширяются ступами книзу. Ширина уступа делается равной  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{1}{4}$  длины шпалы. При ширине опоры, большей, чем длина шпалы, шпалы в каждом ряду укладываются в переплет или впритык с перекрытием стыков целыми шпалами. Кроме того, в этом случае через каждые 3—4 м по высоте устраиваются сплошные прокладные ряды из бревен длиной, равной ширине клетки.

Ряды шпал между собой соединяются скобами, забиваемыми под углом примерно  $45^\circ$  к вертикали. Число скоб берется таким, чтобы на каждую шпалу приходилось не менее одной — двух скоб.

Достоинством клеточных опор является то, что для их сооружения не требуется специальное оборудование и квалифицированная рабочая сила. Эти опоры могут быть быстро сооружены из подручных материалов.

Большими недостатками клеточных опор являются значительные упругие осадки, сильное теснение живого сечения реки и плохое сопротивление клеток быстрому течению и ледоходу. Поэтому клеточные опоры, как правило, применяются на мостах, которые будут существовать до пропуска весеннего паводка. Если же их приходится оставлять на время пропуска высоких вод и ледохода, то они должны быть укреплены обшивкой досками, обсыпкой камнем или другими способами.

### Ледорезы

Ледорезы предназначаются для защиты опор мостов от ледохода. В деревянных мостах ледорезы устраиваются перед каждой опорой впереди по течению на расстоянии 2—8 м от опоры.

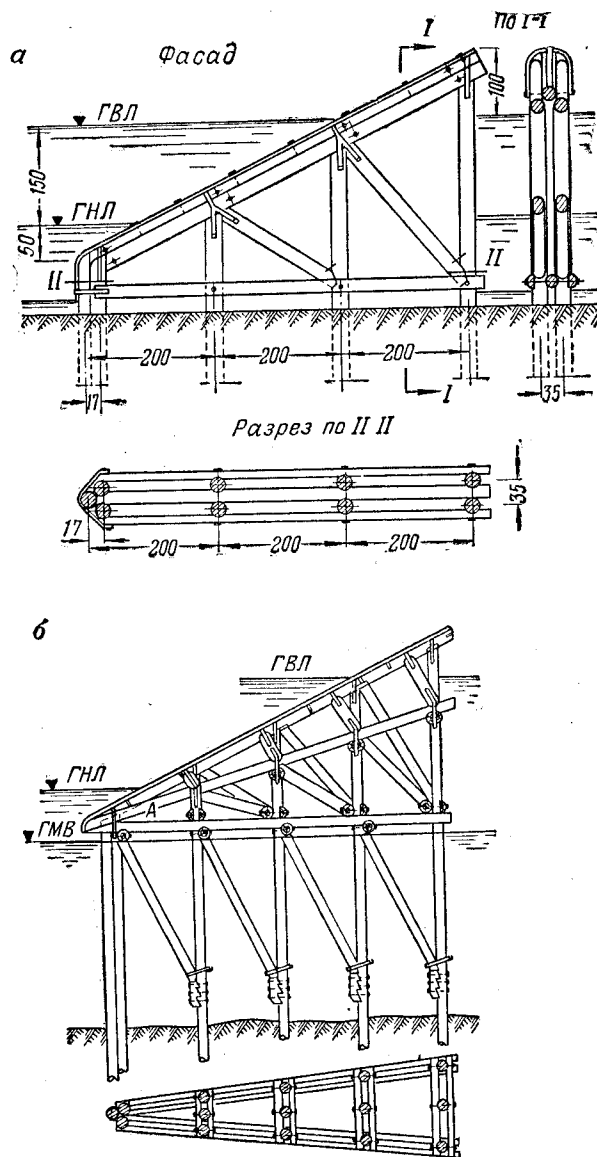


Рис. 136. Ледорезы:  
а — плоский; б — шатровый

Ледорезом простейшего типа является куст свай, забитых вплотную или на расстоянии до 10 см одна от другой и стянутых хомутами из полосового железа. Такие ледорезы применяются при слабом ледоходе. Они устанавливаются на расстоянии около 2 м от опор.

При ледоходе умеренной силы и узких опорах (например, из одного или двух сближенных рядов свай) устраиваются плоские ледорезы (рис. 136, а). Такой ледорез имеет один или два ряда свай, соединенных подкосами и схватками. На сваи укладывается наклонное ребро из одного или трех бревен, нижний конец которого упирается в передние сваи. Элементы ледореза между собой соединяются хомутами, болтами и скобами.

Для защиты широких опор устраиваются шатровые ледорезы (рис. 136, б). В этом ледорезе три ряда свай образуют в плане треугольник. По каждому ряду свай уложены наклонные ребра. Между ребрами устанавливаются стропилины, а в плоскости каждого ряда свай — подкосы. Кроме того, сваи внизу соединены продольными и поперечными схватками. С наружной стороны ледорез обшивается досками.

Режущее ребро ледореза должно иметь уклон от 1:1,5 до 1:2 в зависимости от силы ледохода и должно быть защищено стальным уголком или рельсом. При этом низ ребра должен находиться не менее чем на 0,5 м ниже горизонта низкого ледохода, а верх — на 1,0 м выше горизонта высокого ледохода.

Сваи для ледорезов должны быть забиты на глубину не менее 4 м. При глубине воды более 3 м сваи ледореза необходимо связывать металлическими тяжами или подводными подкосами.

Вокруг широких ледорезов при размываемых грунтах дна реки делается каменная отсыпка.

#### Вопросы для повторения

1. Какая древесина применяется для постройки деревянных мостов?
2. Как устроены прогоны балочно-эстакадных мостов и как они соединяются с опорами?
3. Как устроены свайные, равно-лежневые и равно-свайные опоры деревянных мостов и в каких случаях применяется каждая из этих опор?
4. Как деревянные мосты сопрягаются с насыпями подходов?
5. Как производится наращивание деревянных свай и стоек? Каким условиям должны удовлетворять врубки элементов деревянных мостов и опор?

6. Чем отличаются балочно-подкосные мосты от балочно-эстакадных мостов?

7. Как устроены деревянные пакетные пролетные строения? От чего зависит количество бревен в пакете?

8. Какие типы деревянных опор применяются в мостах больших пролетов?

9. Как располагаются сваи (стойки) в промежуточных опорах мостов больших пролетов?

10. Как устраиваются подводные связи между сваями опор?

11. Какие типы рамных надстроек применяются в рамно-свайных опорах?

12. Как устраивается свайный ростверк в рамно-свайных опорах?

13. Какие преимущества имеют сборные деревянные блочные опоры по сравнению с опорами других типов? Где такие опоры применяются?

14. Как размещаются рамы в сборных деревянных блочных опорах из круглого леса, из прямоугольных рам, из прямоугольных и треугольных рам?

15. Как устроена стандартная прямоугольная рама длиной 4 м из пиленого леса? Как собираются опоры из таких рам?

16. В каких условиях применяются ряжевые и клеточные (шпальные) опоры? Какие недостатки имеют эти опоры?

17. Для чего служат ледорезы? Как устроен шатровый ледорез?

## ГЛАВА 9

# КАМЕННЫЕ, БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОСТЫ

## Общие сведения

Каменные, бетонные и железобетонные мосты называются массивными, так как их собственный вес значительно превышает вес обрабатываемого по ним подвижного состава.

**Каменные мосты** долговечны, требуют небольших расходов при эксплуатации и обладают малой чувствительностью к увеличению веса подвижного состава. Однако они имеют и отрицательные свойства: высокую стоимость, невозможность применять при постройке механизированные и промышленные способы производства работ, необходимость в очень прочных основаниях, так как всякая осадка опор вредно отражается на состоянии моста; сложность их сооружения и особенно усиления и переустройства.

**Бетонные мосты** по своим свойствам мало отличаются от каменных, но при их сооружении в большей степени применяются механизированные и промышленные способы производства работ, что снижает стоимость строительства.

Каменные и бетонные мосты устраиваются исключительно арочными, так как в арочных мостах материал пролетного строения работает в основном на сжатие, а камень и бетон хорошо сопротивляются сжатию и очень плохо — растяжению, что сужает область их применения. Из-за отрицательных свойств каменных и бетонных мостов они в настоящее время почти не сооружаются. Некоторое количество бетонных и каменных мостов старой постройки имеется на железных дорогах Советского Союза, главным образом в горных местностях (Урал, Кавказ). Наибольший в мире пролет каменного моста равен 90 м, бетонного — 139 м.

**Железобетонные мосты**, обладая всеми достоинствами каменных и бетонных мостов, имеют по сравнению с ними ряд преимуществ: такие мосты могут устраиваться разных систем (балочные, арочные, рамные), так как железобетон одинаково хорошо воспринимает растягивающие и сжимающие усилия; они имеют меньший объем, а следовательно, и вес; имеется возможность изготавливать отдельные части (блоки опор и пролетных строений) не на строительной площадке, а промышленным способом на заводе; при их сооружении возможна широкая механизация работ и др. Главным недостатком железобетонных мостов является трудность их переустройства и восстановления.

Железобетонные мосты широко применяются на железных дорогах. В настоящее время почти все малые мосты сооружаются из железобетона, имеется также большое количество средних и больших железобетонных мостов. Наибольший пролет железобетонного железнодорожного моста, построенного в СССР, равен 228 м.

### Материалы для строительства массивных мостов

Для сооружения каменных мостов, как правило, применяются естественные каменные материалы, полученные из горных пород путем их механической обработки. Строительные свойства материалов зависят от породы камня и изменяются в довольно больших пределах. Так, например, гранит обладает высокой прочностью (до  $3000 \text{ кг/см}^2$ ), большим объемным весом ( $2,6\text{—}2,8 \text{ т/м}^3$ ), малой водопоглощаемостью и высокой морозостойкостью; ракушечник имеет прочность от 4 до  $150 \text{ кг/см}^2$ , сильно впитывает воду и обладает малым весом ( $0,8 \text{ т/м}^3$ ).

Для строительства мостов применяется камень только твердых пород (прочностью не ниже  $400 \text{ кг/см}^2$ ), без трещин, неветривающийся и морозостойчивый. Желательно применение постелистого камня с наименьшим размером 15 см и объемом не менее  $0,01 \text{ м}^3$ . Для проверки камня на морозостойчивость его пропитывают водой, затем замораживают и размораживают не менее 50 раз.

Иногда каменные мосты сооружаются из кирпича специальной выделки, так называемого клинкерного. Кирпич должен быть равномерно обожженным, не иметь трещин и пустот, обладать прочностью не ниже  $300 \text{ кг/см}^2$  (в виде исключения —  $200 \text{ кг/см}^2$ ) и при ударе молотком издавать чистый металлический звук.

Кладка каменных мостов производится на цементном растворе, состоящем из одной части цемента и трех частей песка (1:3). Для небольших мостов на суходолах или путепроводах, а также для частей опор, находящихся выше горизонта высоких вод, разрешается применять раствор состава 1:4. Для приготовления раствора обычно употребляется портланд-цемент марки «200»—«500»<sup>1</sup>.

Бетонные мосты изготавливаются из искусственного каменного материала — бетона, полученного в результате затвердевания смеси из цемента, воды и крупных и мелких заполнителей (песка, гравия или щебня). Обычный бетон обладает высокой прочностью на сжатие (до  $600 \text{ кг/см}^2$ ) и имеет объемный вес  $2,1\text{—}2,6 \text{ т/м}^3$ . Недостатком бетона является небольшое сопротивление растяжению, которое в 8—15 раз меньше, чем сопротивление сжатию.

Прочность бетона для каждой конструкции задается проектом и характеризуется его маркой<sup>2</sup>. Для железнодорожных мостов применяются бетоны марок «150», «200», «300», «400», «500» и «600». Для неответственных частей моста может применяться бетон марки «100».

Прочность бетона зависит от активности (марки) цемента, водоцементного отношения, правильности подбора и качества составляющих, правильности приготовления и укладки бетонной смеси.

Водо-цементным отношением называется отношение между количествами воды и цемента по их весу. Чем больше водо-цементное отношение, тем ниже прочность бетона. Наиболее прочный бетон получается при водо-цементном отношении, равном 0,1—0,2. Однако такую бетонную смесь, представляющую собой почти сухую массу, трудно укладывать в конструкцию. Поэтому водо-цементное отношение для монолитных конструкций назначается равным 0,6—0,7, а при изготовлении элементов сборных конструкций — 0,4—0,5.

Для того чтобы составить бетон, обладающий заданными свойствами (прочностью, плотностью, подвижностью и др.) при наименьшей стоимости, производится расчет его

<sup>1</sup> Маркой цемента называется среднее напряжение на сжатие в  $\text{кг/см}^2$ , при котором разрушается кубик размером  $7 \times 7 \times 7 \text{ см}$ , изготовленный из цементного раствора состава 1:3 и испытанный через 28 дней после изготовления.

<sup>2</sup> Маркой бетона называется среднее напряжение на сжатие в  $\text{кг/см}^2$ , при котором разрушается бетонный кубик размером  $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$ , испытанный на 28-й день после изготовления.



состава. Этот расчет заключается в определении наиболее выгодного соотношения между количествами цемента и заполнителей, а также водо-цементного отношения. В результате подбора устанавливается определенный состав бетона, который обозначается тремя числами, например, 1:2,5:4, означающими, что на 1 часть цемента берется 2,5 части песка и 4 части гравия или щебня.

Материалы, предназначенные для приготовления бетона, должны обладать определенными качествами. Песок должен быть чистым, иметь установленный состав по крупности и, желательно, зерна остроугольной формы. Для бетона применяется песок, имеющий зерна размером от 0,15 до 5 мм; допускается наличие в песке до 10% зерен крупнее 5 мм и до 5% зерен мельче 0,15 мм (пыль). Вредных примесей в песке не должно быть более: слюды 0,5% и сернистых соединений 1%; количество органических примесей допускается в самых ничтожных размерах. При хорошем подборе состава песка по крупности зерен в бетоне образуется наименьшее количество пустот и поэтому требуется меньше цемента. Остроугольная форма зерен песка лучше потому, что такой песок крепче сцепляется с цементным раствором.

К гравию предъявляются такие же требования, как и к песку. Для приготовления бетона применяется гравий размером от 5 до 150 мм. Для тонких железобетонных конструкций при густой арматуре и транспортировке бетона бетононасосами применяют более мелкий гравий. Так, например, в случае транспортировки бетона насосами наибольший размер гравия не должен превышать 80 мм. Допускается применять гравий, имеющий в своем составе до 5% зерен размером менее 5 мм и до 5% зерен размером более наибольшей крупности гравия, применяемого для данного бетона. Содержание глины, ила и пыли должно быть менее 2%, а сернистых соединений — менее 1%.

Желательно применять гравий, имеющий зерна щебенчатой формы; пластинчатых и игловатых зерен не должно быть более 15%.

Щебень для бетона изготавливается из камня, имеющего прочность, в 1,5 раза большую, чем прочность требуемой марки бетона (но не менее 400 кг/см<sup>2</sup>). Состав щебня и допустимое количество вредных примесей в нем принимаются в тех же размерах, что и для гравия. Для приготовления бетона лучше применять щебень, а не гра-

вий, так как бетон, изготовленный на щебне, на 10—15% прочнее бетона, изготовленного на гравии.

Для приготовления бетона может применяться любая вода (кроме сточной), не имеющая кислот (такая вода не окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет) и не содержащая значительного количества солей. Сточные воды, имеющие в своем составе жиры, масла, кислоты и др., употреблять нельзя.

Как уже указывалось, главным недостатком бетона является его небольшое сопротивление растяжению. Но если в какую-либо конструкцию при ее изготовлении из бетона вложить стальные стержни, называемые арматурой, то после затвердевания бетона эта конструкция будет почти одинаково хорошо сопротивляться растяжению и сжатию, так как сжимающие усилия будут восприниматься бетоном, а растягивающие — арматурой.

Конструктивное соединение бетона и стальной арматуры, в котором оба материала работают совместно, носит название железобетона. Совместная работа арматуры и бетона в железобетоне обеспечивается взаимным сцеплением между ними; при изменении температуры это сцепление не нарушается, так как сталь и бетон имеют одинаковые коэффициенты удлинения. Арматура, заделанная в бетон, не ржавеет.

Одинаковое сопротивление сжатию и растяжению, значительные допускаемые напряжения, огнестойкость и долговечность позволяют использовать железобетон для изготовления самых различных конструкций.

Арматура в железобетоне разделяется на рабочую, воспринимающую усилия, распределительную и монтажную (нерабочую). При помощи последней стержни рабочей арматуры связываются для обеспечения правильного взаимного расположения.

В качестве рабочей арматуры применяются: стальные стержни круглые и периодического профиля, а в последнее время — пучки высокопрочной проволоки (для изготовления предварительно напряженных пролетных строений). В качестве распределительной и монтажной арматуры применяется катанка или стержни небольшого диаметра.

Наиболее выгодной является арматура периодического профиля из стали повышенной прочности (Ст. 5, 25ГС, 25Г2С); такой профиль обеспечивает большее сцепление арматуры с бетоном, что позволяет значительно повысить допускаемые напряжения на растяжение арматуры.

Раньше в качестве арматуры применялся профильный металл (двутавры, швеллеры, рельсы и др.). Такая арматура носила название жесткой и применялась в том случае, когда ее использовали как несущую конструкцию для поддержания опалубки виадуктов, путепроводов через действующие пути и т. д. В настоящее время жесткая арматура применяется только в стале-железобетонных конструкциях, в которых металлические элементы, работающие на растяжение, не обетонируются, а сцепление их с железобетонными элементами обеспечивается устройством специальных упоров. Пример такой конструкции приведен на рис. 169.

### Опоры мостов

Опоры мостов устраиваются монолитными или сборными. Монолитные опоры сооружаются как одно целое непосредственно на месте из камня, бетона или железобетона. Сборные опоры сооружаются из бетона или железобетона и собираются на месте из отдельных частей, изготовляемых на заводах бетонных конструкций; омоноличивание их, т. е. соединение деталей в одно целое, производится по мере сборки.

Сборные опоры начали применяться в Советском Союзе с 1940 г. Существенными преимуществами этих опор по сравнению с монолитными являются: повышение качества конструкций, увеличение темпа производства работ, а следовательно, и уменьшение срока строительства, меньший расход рабочей силы. Высокие темпы сооружения сборных опор позволяют использовать их при временном восстановлении мостов. Основным недостатком сборных опор является повышенный расход цемента на их изготовление (до 15%).

**Основания опор.** Опоры железнодорожных мостов сооружаются на естественном, свайном и специальных основаниях (рис. 137).

На естественном основании чаще всего сооружаются опоры для малых мостов. Большие и средние мосты сооружаются на естественном основании только в том случае, когда прочный и неразмываемый грунт находится вблизи поверхности земли. При слабых грунтах применяются свайные основания; верх свай заделывается в железобетонной или бетонной плите, называемой ростверком, на которую опирается фундамент или тело опоры.

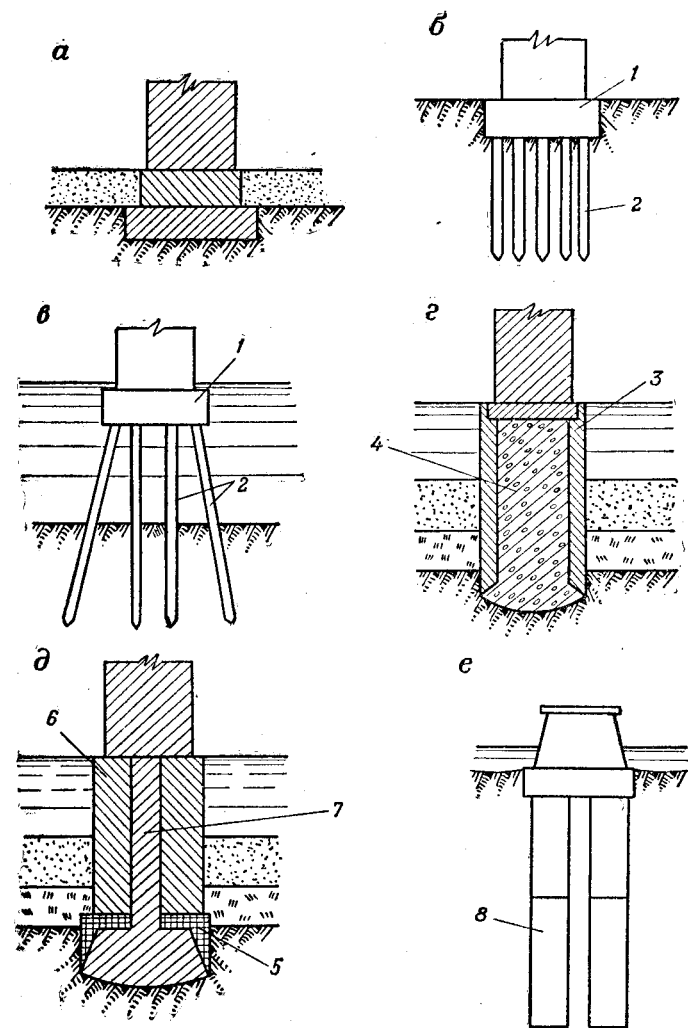


Рис. 137. Основания опор:

а — естественное основание; б и в — свайные основания; г — основание на опускном колодце; д — кессонное основание; е — основание на колодцах-оболочках; 1 — ростверк; 2 — сваи; 3 — стенка опускного колодца; 4 — заполнение колодца; 5 — кессон; 6 — надкессонная кладка; 7 — заполнение шахты; 8 — колодец-оболочка

Если прочные грунты залегают на большой глубине, применяются специальные основания на опускных колодцах, кессонах или на колодцах-оболочках.

Опускные колодцы устраиваются из бетона или железобетона. По мере извлечения грунта из-под стенок колодца он опускается под действием силы тяжести. После опускания колодца на нужную глубину его середина заделывается бетоном.

Кессон представляет собой металлический или железобетонный ящик, открытый снизу. Сверху на потолке кессона возводится кладка фундамента (надкессонная кладка), сквозь которую проходят шахтные трубы. В кессон нагнетается сжатый воздух, который отжимает воду из кессонной камеры. Опускание кессона происходит также под действием силы тяжести по мере выборки грунта под его основанием. Грунт удаляется на поверхность через шахтные трубы и шлюзовые аппараты. После окончания опускания кессонная камера и шахтные трубы заполняются кладкой. Кессонный способ заложения фундаментов опор отличается высокой стоимостью, трудоемкостью и создает вредные условия производства работ. В настоящее время область его применения сокращается в связи с внедрением колодцев-оболочек.

Колодцы-оболочки представляют собой тонкостенные круглые оболочки диаметром до 5—6 м и длиной до 12 м. Под опорой располагается несколько оболочек, погружаемых в грунт до нужной отметки при помощи мощных вибраторов. По окончании погружения грунт из оболочек извлекается, а освободившееся пространство заполняется бетоном.

**Береговые опоры (устои).** Устои служат для поддержания крайних пролетных строений и для сопряжения моста с земляным полотном. Наружные поверхности устоев называются стенками. Устой имеет четыре стенки: переднюю, обращенную в сторону реки, заднюю, обращенную к насыпи, и две боковые (рис. 138). Для опирания пролетных строений служит подферменная площадка, на которой расположены подферменники. Между подферменниками устраиваются наклонные плоскости — сливы, предназначенные для стока воды. Передняя стенка устоя, расположенная выше подферменных площадок, носит название шкафной стенки. Подферменная площадка окаймляется поясом, называемым карнизом. По верху устоя устраивается балластное корыто с бортами (кордонными

камнями), служащими для удержания балласта от осыпания.

Монолитные устои по своей конструкции разделяются на массивные, с обратными стенками, Т-образные, обсыпные, с проемами, отдельные и пустотелые. Применение того или иного типа устоя зависит от высоты насыпи, системы моста, количества путей на мосту, размеров пролетных строений и прочности грунта основания.

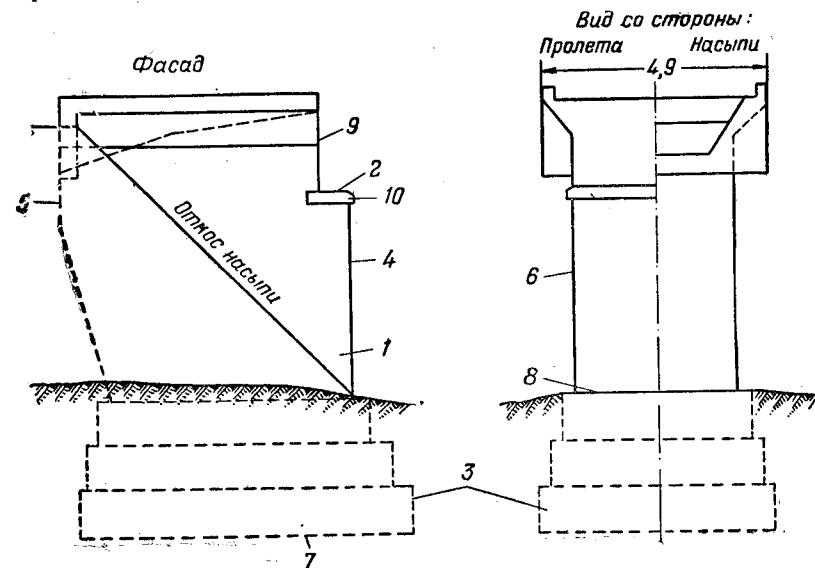


Рис. 138. Массивный устой:

1 — тело устоя; 2 — подферменная площадка; 3 — фундамент; 4 — передняя стенка; 5 — задняя стенка; 6 — боковая стенка; 7 — подошва фундамента; 8 — обрез фундамента; 9 — шкафная стенка; 10 — карниз

Массивный устой (рис. 138) является наиболее простым по конструкции и применяется для мостов малых пролетов при высоте насыпи до 4 м. Нижняя часть его (до подферменной площадки) обычно выполняется из буто-бетонной кладки, а остальная часть — из бетона. Балластное корыто устоя имеет наклон в сторону насыпи для стока воды, просачивающейся через балласт. Основным недостатком такого устоя является большой объем кладки.

Для уменьшения объема кладки при большой высоте насыпи в такого типа устоях могут устраиваться проемы, перекрываемые сводами. Такие устои называются устоями

с проемами. Объем кладки их на 15—40% меньше, чем у массивных устоев, но сооружение их значительно сложнее. В настоящее время устои с проемами не строятся и существуют только в старых мостах.

Устои с обратными стенками (рис. 139) применяются также для малых мостов при высоте насыпи до 6 м. Они состоят из передней части с подферменной площадкой и

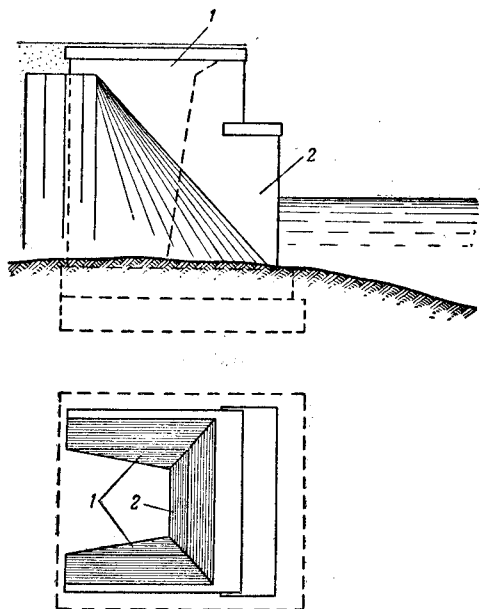


Рис. 139. Устой с обратными стенками:  
1 — обратные стенки; 2 — передняя часть устоя

двух обратных стенок, служащих для сопряжения устоя с насыпью. Обратные стенки имеют переменную толщину, постепенно увеличивающуюся книзу. Опыт эксплуатации таких устоев показал, что в местах соединения обратных стенок с передней частью часто возникают трещины. Ввиду этого устои с обратными стенками в настоящее время применяются только при большой ширине моста (многопутные мосты).

Для опирания пролетных строений с ездой понизу наиболее выгодным является Т-образный (тавровый) устой (рис. 140). Ширина его передней части назначается в за-

висимости от ширины пролетного строения, а ширина хвостовой части 2,4—3,6 м. Сверху на хвостовую часть укладывается железобетонное балластное корыто, служащее для поддержания железнодорожного пути.

При большой высоте насыпи и благоприятных гидрологических условиях применяется обсыпной устой (рис. 141, а), представляющий собой массив, расположенный в конусе насыпи. Передняя и задняя стенки устоя имеют наклон до 30°.

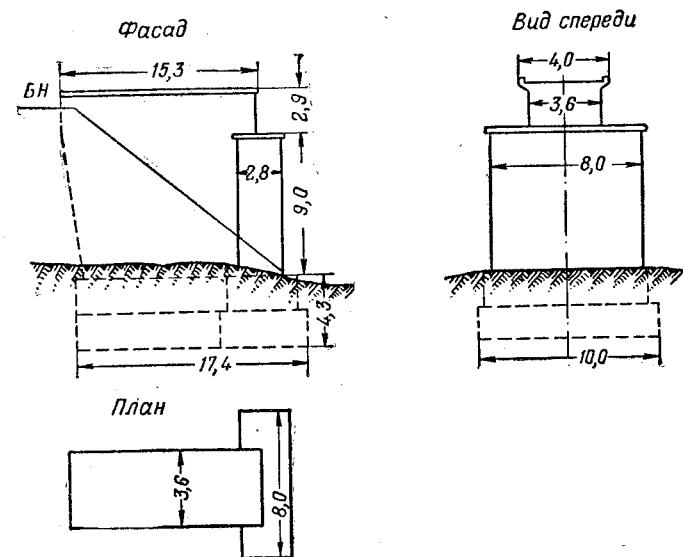


Рис. 140. Т-образный устой

При высоких насыпях на больших мостах применяются комбинированные отдельные устои (рис. 141, б). Устой такого типа состоит из обсыпного устоя, берегового быка и соединительной стенки между ними, препятствующей протеканию воды между быком и устоем с целью защиты конуса от размыва. Каждая часть устоя возводится на отдельном фундаменте, что обеспечивает ее свободную осадку. Для этой же цели соединительная стенка имеет два деформационных шва. Расстояние между быком и устоем перекрывается переходным пролетным строением из железобетона или, реже, из металла.

При очень большой высоте насыпи устраиваются пустотелые устои из железобетона. Пустотелый устой состоит из четырех наружных стенок, соединенных между собой горизонтальными и вертикальными внутренними стенками

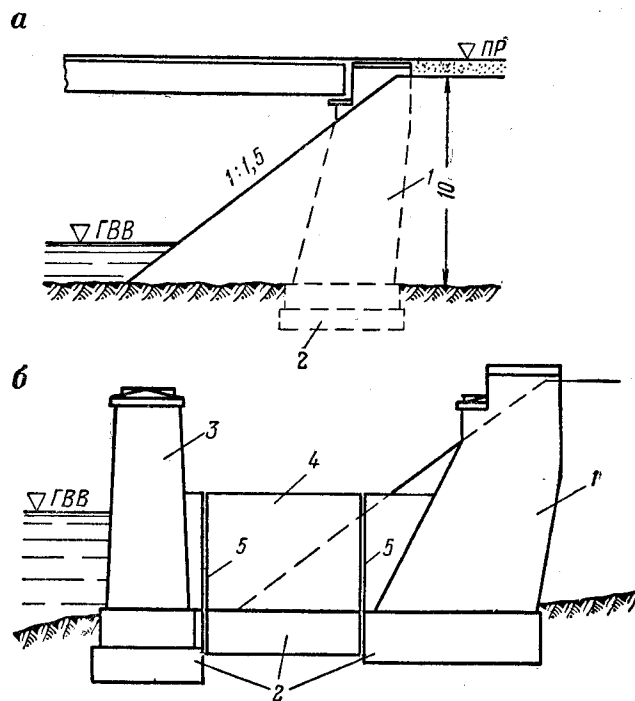


Рис. 141. Обсыпной и раздельный устой:

а — обсыпной устой; б — раздельный устой; 1 — устой; 2 — фундамент; 3 — береговой бык; 4 — соединительная стенка; 5 — деформационный шов

(диафрагмами), и уложенной сверху железобетонной плиты, поддерживающей верхнее строение пути. В настоящее время пустотелые устои из-за большой стоимости и сложности их сооружения применяются редко.

Сборные устои применяются для малых мостов отверстием до 15 м при высоте насыпи до 6 м. По своей конструкции они разделяются на блочные устои, имеющие форму монолитных, и на обсыпные устои из отдельных элементов или рам.

Устой, имеющие форму монолитных, могут быть в пла-

не прямоугольного или двутаврового сечения. Устой прямоугольного сечения (рис. 142, а) применяется для пролетов до 10 м и при высоте насыпи до 4 м. Он состоит из отдельных прямоугольных бетонных блоков высотой 50 см и поперечными размерами от  $98 \times 65$  до  $232 \times 98$  см и

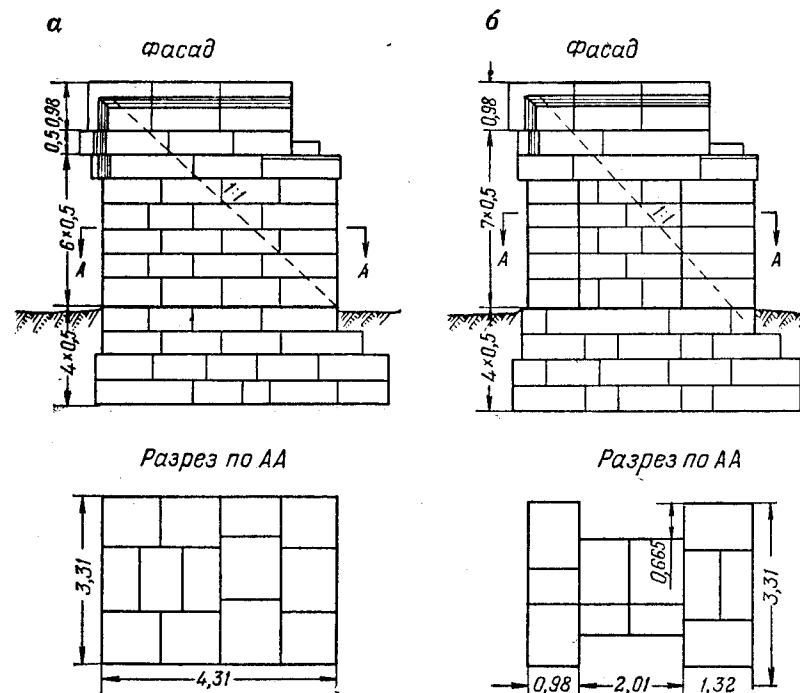


Рис. 142. Сборные устои, имеющие форму монолитных:

а — прямоугольного сечения; б — двутаврового сечения

фасонных бетонных блоков для верха опоры и подферменной площадки. Вес блоков колеблется от 0,75 до 7 т. Блоки подферменной площадки изготавливаются из бетона марки «200», остальные блоки — из бетона марки «150». В зависимости от высоты насыпи и величины пролета количество блоков устоя изменяется. Так, при высоте насыпи 2 м и пролете 2—4 м устой состоит из 24 блоков (без фундамента), а при высоте насыпи 4 м и пролете 10 м — из 65 блоков.

Устой двутаврового сечения (рис. 142, б) применяется

при высоте насыпи до 6 м. Передняя и задняя части его имеют ширину 3,31 м, а середина — 2 м. Устой собирается из блоков тех же типов, что и устой прямоугольного сечения. Количество блоков в устое изменяется от 56 до 157.

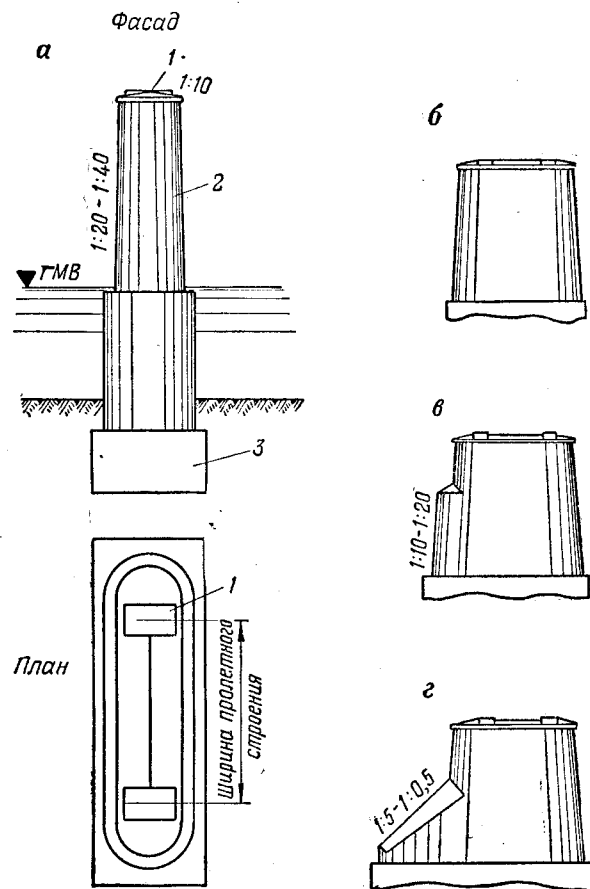


Рис. 143. Промежуточная опора:

а — общий вид; б — опора простой формы; в — опора с волнорезом; г — опора с ледорезом; 1 — подферменная площадка; 2 — тело опоры; 3 — фундамент

В качестве примера обсыпных опор из отдельных элементов или рам можно привести устой свайно-эстакадных и рамно-эстакадных мостов, описание которых дано ниже.

**Промежуточные опоры.** Промежуточные опоры (быки)

состоят из фундамента, тела опоры и подферменной площадки (рис. 143). Часть быка, расположенная против течения реки, называется носовой, а противоположная ей — кормовой. Грани быка, расположенные вдоль моста, носят название боковых стенок.

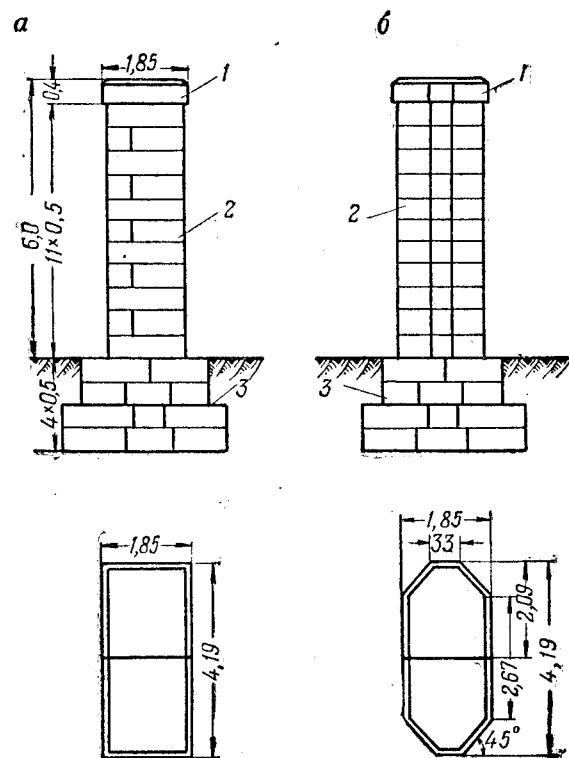


Рис. 144. Сборные промежуточные опоры:

а — прямоугольной формы; б — обтекаемой формы; 1 — подферменный блок; 2 — тело опоры; 3 — фундамент

Монолитные быки в плане имеют прямоугольное сечение с прямыми или закругленными углами; быки с прямыми углами применяются только на суходолах или при очень слабом течении воды под мостом. Форма носовой части быка зависит от условий ледохода и скорости течения реки. При небольшой скорости течения и слабом ледоходе носовая часть быка имеет одинаковую форму с кор-

мовой. При более быстром течении с носовой стороны быка устраивается волнорез с уклоном ребра 1:10—1:20. При сильном ледоходе бык сооружается с ледорезом, имеющим наклон ребра от 1:5 до 1:0,5. Верх ледореза располагается на 1 м выше горизонта самого высокого ледохода, а низ — на величину толщины льда ниже горизонта самого низкого ледохода. Боковые грани быка имеют наклон 1:20—1:40. Ширина и толщина быка поверху зависят от размеров пролетных строений, опирающихся на него. Подферменная площадка окаймляется карнизом, имеющим свес не менее 10 см. Поверхность быка облицовывается прочным и морозоустойчивым естественным камнем, бетонными блоками или железобетонными плитами.

Сборные промежуточные опоры, как и устои, могут быть блочного и обсыпного типа. Опоры блочного типа применяются для пролетов от 3,4 до 10,8 м при высоте насыпи до 6 м (рис. 144). Блочные быки в плане имеют прямоугольную или обтекаемую форму. Толщина быка равна 1,65—1,98 м, ширина 3,98—4,64 м. Подферменник быка выполняется из двух специальных блоков, тело быка и его фундамент — из блоков того же типа, что и в устоях, а кормовая и носовая части быка обтекаемой формы — из фигурных блоков. Боковые грани быков делаются вертикальными. Каждая опора состоит из 32—70 блоков (без фундамента). Наибольший вес блока — 4,8 т.

Описание быков обсыпного типа, применяемых в свайно-эстакадных и рамно-эстакадных мостах, дано ниже.

### Каменные и бетонные мосты

Как уже сказано выше, каменные и бетонные мосты устраиваются только арочными. Арочный каменный или бетонный мост (рис. 145) состоит из опор, арки (свода) и надсводного строения.

Опоры арочных мостов испытывают, кроме вертикального, также и горизонтальное давление, или распор, стремящийся раздвинуть опоры и увеличить пролет. Чтобы противостоять силе распора, опоры арочных мостов, главным образом устои, делают более массивными, вследствие чего они по очертанию отличаются от устоев балочных мостов.

Свод (арка), воспринимающий нагрузку подвижного состава, представляет собой брус криволинейного очертания, опирающийся своими нижними частями на опоры.

Часть свода посередине пролета, делящая свод на две части, носит название замка, а нижние части, которыми он опирается на опоры, называются пятами. Боковые поверхности арки называются щеками. Расстояние между центрами пятовых сечений называется расчетным пролетом арки (свода), а расстояние между уровнями центров пятовых и замкового сечений — стрелой подъема. Как правило, в каменных и бетонных мостах применяются бес-

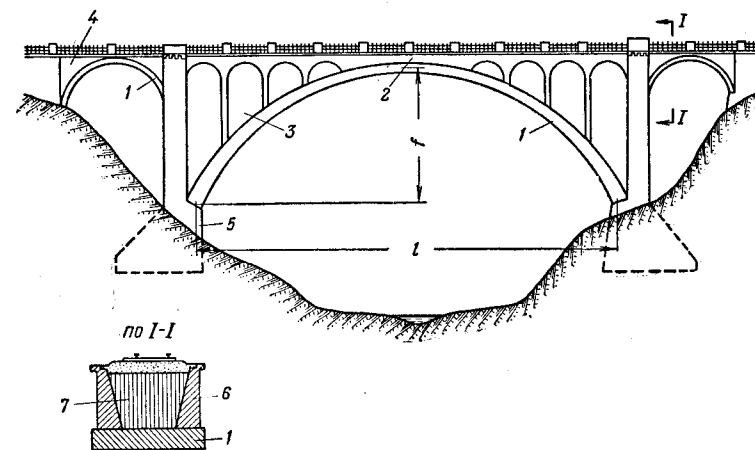


Рис. 145. Арочный мост:

1 — арка (свод); 2 — сквозное надсводное строение; 3 — проем надсводного строения; 4 — сплошное надсводное строение; 5 — опора; 6 — щековые стенки; 7 — забутка; l — пролет; f — стрела

шарнирные арки, пяты которых прочно соединены с материалом опор. По своему очертанию арки бывают полуциркульные, т. е. очерченные по полукругу, и пологие, имеющие небольшую стрелу подъема по сравнению с пролетом.

Часть моста, находящаяся над сводом, называется надсводным (надарочным) строением; оно играет роль проезжей части и передает нагрузку от мостового полотна на арку. При пролетах до 25 м надсводное строение делается сплошным, при больших пролетах — сквозным.

Сплошное надсводное строение состоит из щековых стенок, забутки и рельсового пути, уложенного на балласте. В сквозном надсводном строении делают проемы, перекрываемые малыми сводиками, опирающимися на поперечные стенки. Над сводиками также устраиваются щековые стенки, между которыми укладывается забутка. Ароч-

ные мосты со сквозным надсводным строением легче, чем мосты со сплошным надсводным строением, но сооружение их более сложно из-за необходимости устройства нескольких больших и малых сводов.

### Железобетонные мосты

Железобетонные мосты по своей конструкции разделяются на арочные, рамные и балочные. Арочные железобетонные мосты применяются для перекрытия больших пролетов. Рамные конструкции имели широкое применение в железнодорожных и автогужевых путепроводах. Наиболее часто на железных дорогах сооружаются мосты с балочными железобетонными пролетными строениями, которые при пролетах до 23 м совершенно вытеснили металлические.

Балочные железобетонные пролетные строения могут быть разрезными, неразрезными и консольными. Самыми простыми в изготовлении и надежными в эксплуатации являются разрезные пролетные строения, принятые на железных дорогах Союза ССР как типовые. Неразрезные и консольные пролетные строения применяются сравнительно редко.

Балочные пролетные строения разделяются на плитные и ребристые. По способу изготовления как плитные, так и ребристые пролетные строения могут быть монолитными или сборными. Ребристые пролетные строения могут изготавливаться из обычного и предварительно напряженного бетона.

**Плитные пролетные строения.** Для перекрытия пролетов от 2 до 5 м применяются монолитные и сборные плитные пролетные строения.

Монолитное пролетное строение (рис. 146) состоит из плиты и двух консолей с бортовыми стенками. Ширина плиты обычно равняется 2,2—2,5 м; толщина ее доходит до 75 см. Консоли пролетного строения могут иметь различную длину. Короткие консоли устраиваются на мостах, где не нужно делать тротуаров и перил, длинные консоли — на мостах с тротуарами и перилами. Ширина пролетного строения при коротких консолях — 3,8—4 м, при длинных — 4,9 м.

Арматура плиты разделяется на рабочую, распределительную и монтажную.

Рабочая арматура предназначена для восприятия растягивающих напряжений, возникающих в пролетном строении. Она состоит из металлических стержней диаметром не менее 12—14 мм, расположенных равномерно

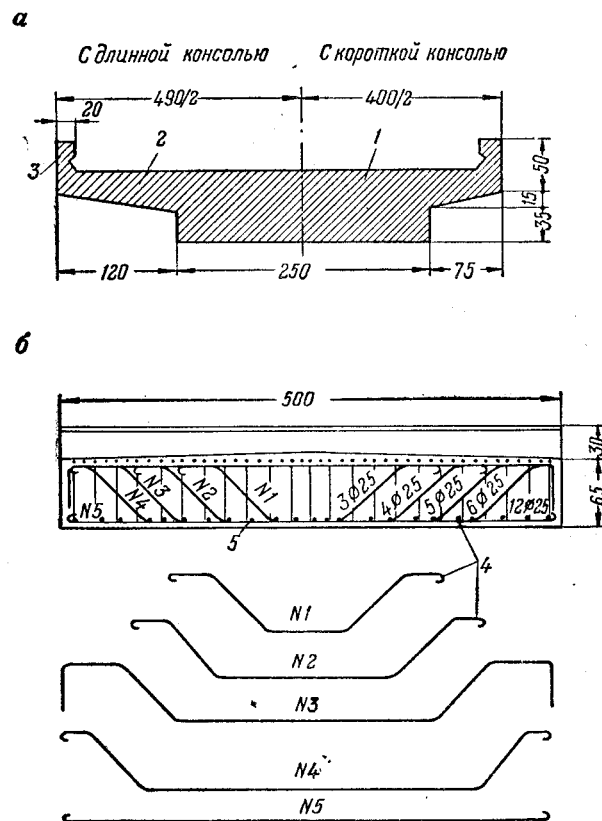


Рис. 146. Монолитное плитное пролетное строение:  
а — поперечное сечение пролетного строения; б — арматура пролетного строения; 1 — плита; 2 — консоль; 3 — бортовая стенка; 4 — рабочая арматура; 5 — распределительная арматура

по ширине поперечного сечения плиты. В середине пролета все стержни рабочей арматуры располагаются в нижней части плиты; по мере приближения к опорам часть стержней отгибается вверх под углом 45° и продолжается по верху плиты. Это делается для того, чтобы воспринять так



называемые косые напряжения, направленные под углом  $45^\circ$  к продольной оси балки. Величина косых напряжений возрастает по мере приближения к опорам, поэтому увеличивается и количество отгибов. На концах гладких стержней делают крюки, служащие для лучшего сцепления арматуры с бетоном; арматура периодического профиля, как правило, крючков не имеет.

Распределительная арматура служит для связи между отдельными стержнями рабочей арматуры и для равномерного распределения усилий в них. Она состоит из отдельных прутьев диаметром 6—8 мм, расположенных поперек плиты. Связь между стержнями рабочей арматуры достигается также с помощью хомутов. Каждый хомут представляет собой металлический прут диаметром 6—8 мм, изогнутый в виде перевернутой буквы П или прямоугольника. Своей нижней частью хомут охватывает несколько стержней рабочей арматуры, а верхними концами закрепляется на монтажной арматуре.

Монтажная арматура, расположенная в верхней части плиты, служит только для удобства сборки арматуры всего пролетного строения.

Несколько иначе армируются консоли. Рабочая арматура располагается в них поперек пролетного строения в верхней части консолей. Часть стержней рабочей арматуры отгибается в нижнюю часть и заканчивается там крюками. Распределительная арматура плиты укладывается вдоль пролетного строения.

**Монолитные** пролетные строения встречаются в мостах довоенной постройки. В настоящее время вместо них применяются сборные пролетные строения, изготавливаемые на заводах и перевозимые на место строительства по железной дороге или автотранспортом. Сборные плитные пролетные строения применяются для перекрытия пролетов до 5 м и могут быть одноблочными (цельноперевозимыми) и двухблочными. Необходимость в применении двухблочных пролетных строений возникла из-за трудности транспортировки одноблочных пролетных строений по железной дороге, так как наименьшая ширина одноблочного пролетного строения при двух коротких консолях равна 3,8 м, что на 60 см больше габарита подвижного состава. Поэтому в целом виде можно перевезти только пролетное строение длиной до 3,2 м, располагая его поперек платформы.

Для устранения этого недостатка одно время применялись одноблочные плитные пролетные строения с откидными консолями пролетом до 4,8 м. При перевозке такого пролетного строения консоли ставились в вертикальное положение, ввиду чего ширина пролетного строения делалась равной 3,2 м. После установки на место консоли поворачивались в горизонтальное положение, а шарнир заделывался.

Современные плитные пролетные строения (рис. 147) пролетом до 2,7 м делаются цельноперевозимыми, а пролетами от 2,7 до 4,5 м — двухблочными. По внешнему виду цельноперевозимое пролетное строение похоже на монолитное (рис. 147, б). В средней части плиты сделан выем для уменьшения веса конструкции. Рабочая арматура плиты состоит из каркасов четырех типов, изготовленных из стали периодического профиля и расположенных в боковых частях плиты. Распределительная и монтажная арматура плиты имеет то же назначение, что и в монолитном пролетном строении. Вес пролетного строения пролетом 2,7 м равен 9,6 т.

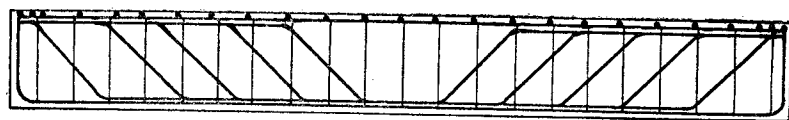
Двухблочные пролетные строения состоят из двух частей, каждая из которых представляет собой плиту, имеющую длинную или короткую консоль (рис. 147, в). При установке на опоры блоки между собой не соединяются. Вес одного блока пролетного строения пролетом 4,5 м равен 9 т.

**Ребристые пролетные строения.** В мостах с пролетами более 5 м применение плитных пролетных строений становится невыгодным, так как большое количество бетона в нижней (растянутой) зоне фактически не воспринимает нагрузки, а только увеличивает вес конструкции. Поэтому оказалось целесообразнее нижнюю часть плиты выполнить в виде двух ребер, расположив в них всю рабочую арматуру, а верхнюю часть пролетного строения оставить примерно в прежнем виде.

Ребристые пролетные строения применяются для перекрытия пролетов от 5 до 23 м. Они могут быть монолитными и сборными.

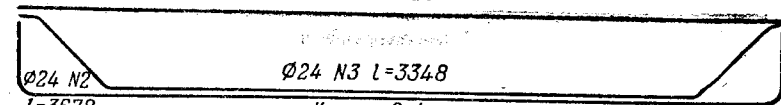
Монолитное ребристое пролетное строение (рис. 148) состоит из двух балок (ребер), плиты с консолями и диафрагм. Размеры ребер в зависимости от величины перекрываемого пролета колеблются по высоте от 1,1 до 2,2 м и по ширине от 0,4 до 0,6 м. Плита в средней части имеет толщину 0,15—0,2 м. Диафрагмы устраиваются над опо-

а



Каркас 1 2 шт.

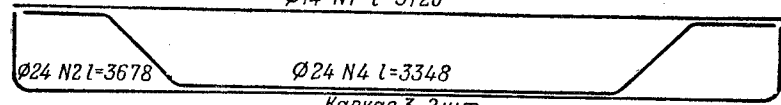
Ø14 N16 l=3120



Ø24 N2  
l=3678

Ø24 N3 l=3348

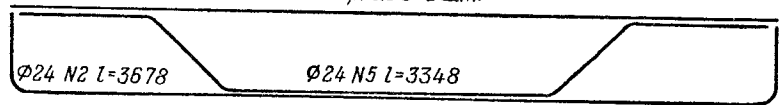
Каркас 2 4 шт.  
Ø14 N1 l=3120



Ø24 N2 l=3678

Ø24 N4 l=3348

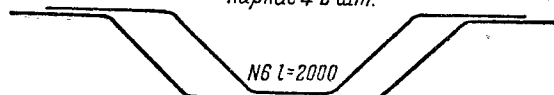
Каркас 3 2 шт.



Ø24 N2 l=3678

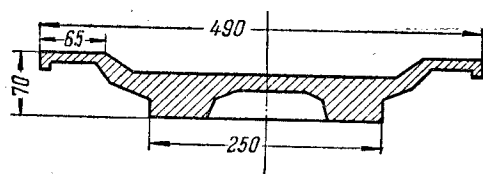
Ø24 N5 l=3348

Каркас 4 2 шт.



Ø24 N7 l=2650

б



в

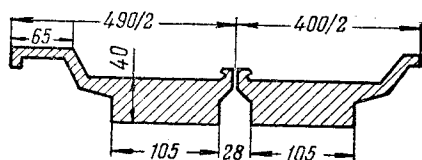


Рис. 147. Сборные плитные пролетные строения:

а — армирование плиты; б — одноблочное пролетное строение; в — двухблочное пролетное строение

рами и в пролете через 6—8 м. Толщина диафрагм — 0,15—0,2 м, высота равна 0,75 высоты ребра пролетного строения.

Рабочая арматура ребер располагается в нижней их части и состоит из отдельных стержней различной формы. По мере приближения к опорам часть стержней отгибается в верхнюю часть ребра. Вдоль вертикальных стенок ребер

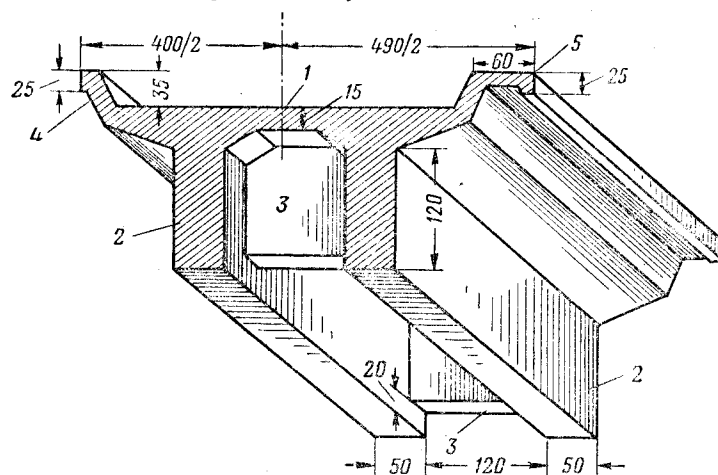


Рис. 148. Монолитное ребристое пролетное строение:

1 — плита; 2 — ребро; 3 — диафрагма; 4 — короткая консоль; 5 — длинная консоль

устанавливаются стержни продольной арматуры, имеющей целью не допускать возникновения трещин в бетоне. Диафрагма армируется вертикальными и горизонтальными стержнями, концы которых соединяются с арматурой ребер и плиты.

Сборные ребристые пролетные строения также могут быть одноблочными (цельноперевозимыми) и двухблочными. Кроме того, в зависимости от конструкции мостового полотна они разделяются на пролетные строения с ездой на балласте, на поперечинах и с непосредственным прикреплением рельсов к главным балкам.

Современные одноблочные пролетные строения предназначены для перекрытия пролетов от 6,7 до 15,8 м (рис. 149, а). Они так же, как и монолитные, состоят из двух ребер, плиты с консолями и диафрагм. Высота ребра 75—145 см, ширина 46—50 см. Средняя часть ребра

для пролетов 10,8—15,8 м имеет различную толщину. Так, для пролета 15,8 м толщина ребра на опоре 50 см, в четвертях — 35 см, а в середине — только 19 см. Толщина плиты 16 см. Плита может иметь длинные или короткие консоли. Для удобства перевозки плиты делаются с откидными консолями.

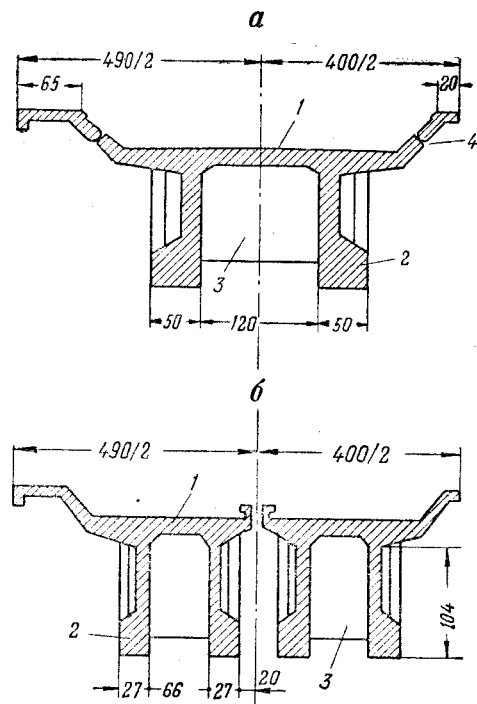


Рис. 149. Сборные ребристые пролетные строения:

а — одноблочное; б — двухблочное; 1 — плита; 2 — ребро; 3 — диафрагма; 4 — шарнир

Рабочая арматура ребер и плиты выполнена из металла периодического профиля, остальная — из круглой стали. Для изготовления пролетного строения применяется бетон марки «350». Вес пролетного строения от 26,3 т (пролет 6,7 м) до 83 т (пролет 15,8 м).

Двухблочные современные пролетные строения применяются для пролетов 12,8—15,8 м (рис. 149, б).

Они состоят из двух частей, каждая из которых имеет два ребра, плиту с одной длинной или короткой консолью и диафрагмы. После установки на опоры блоки между собой не соединяются. Армирование ребер осуществляется так же, как и в одноблочных пролетных строениях. Вес одного блока при пролете 15,8 м равен 44,4 т.

С 1946 г. на железных дорогах начали применяться пролетные строения различной конструкции с ездой на поперечинах. В настоящее время разработана серия проектов таких пролетных строений, рассчитанных на перекрытие пролетов от 4,5 до 15,8 м. Пролетные строения состоят из главных балок, имеющих тавровое сечение, и связей. Количество балок различно: при пролете до 6,7 м — две, а при больших пролетах — четыре. Балки имеют высоту 103—128 см, верхняя утолщенная часть имеет ширину 50 см, нижняя — 24 см. В пролетных строениях с четырьмя балками каждая пара их соединена диафрагмами из угловой стали. Связи состоят из двух распорок и одной — двух диагоналей и выполняются из угловой стали. Связи присоединяются к балкам при помощи болтов, проходящих сквозь тело балки по специально оставленным в бетоне отверстиям. Вес одного такого блока пролетного строения при пролете 4,5 м равен 3,6 т, а при пролете 15,8 м составляет 14,7 т.

Пролетные строения с непосредственным креплением рельсов к главным балкам применяются как опытные для перекрытия пролетов от 4,5 до 6,7 м. Они состоят из тавровых блоков, соединяемых на месте установки монтажными связями. Основными преимуществами пролетного строения являются уменьшение строительной высоты и собственного веса конструкции.

Сборные ребристые пролетные строения могут применяться как при строительстве железных дорог, так и при их восстановлении. Вес и размеры конструкций допускают перевозку их по железной дороге и установку консольными и стреловыми локомотивными кранами. При длине пролетов до 15,8 м возможна перевозка отдельных блоков по грунту автотранспортом или тракторами на прицепах с установкой на опоры автомобильными кранами грузоподъемностью 10—25 т и сборно-разборными консольными кранами.

Пролетные строения из предварительно напряженного бетона. Так как бетон плохо сопротивляется растяжению,

в нижней части железобетонных пролетных строений при больших напряжениях возникают трещины, куда проникает вода, вызывающая опасное ржавление арматуры. Это является одним из основных недостатков обычных железобетонных конструкций. Для того чтобы устранить появление трещин, необходимо значительно уменьшить растягивающие напряжения в бетоне. Одним из способов достижения этой цели является предварительное натяжение арматуры. Смысл предварительного натяжения арматуры заключается в следующем: предварительно растянутая арматура пролетного строения после освобождения, сокращаясь, создает в растянутой зоне бетона сжимающие усилия, что уменьшает возможность возникновения растягивающих напряжений, а следовательно, и трещин под действием нагрузки от подвижного состава. Пролетные строения с такой арматурой называются пролетными строениями из предварительно напряженного бетона.

Эти пролетные строения обладают рядом значительных преимуществ перед обычными пролетными строениями: большой устойчивостью против трещин, а следовательно, долговечностью, меньшим расходом бетона и металла, меньшим собственным весом (на 25—30%). Недостатком их является сложность изготовления.

По способу производства работ пролетные строения разделяются на два типа: с натяжением арматуры после бетонирования и до бетонирования.

Пролетные строения с натяжением арматуры после бетонирования применяются для перекрытия пролетов от 12,8 до 26,9 м. Они могут быть цельноперевозимыми (при пролетах 12,8—18 м) и двухблочными, соединяемыми на месте сборки монтажными диафрагмами. Эти пролетные строения имеют как обычную, так и предварительно напряженную арматуру. Обычная арматура состоит из прямолинейных стержней и хомутов, располагаемых по стенкам балок и в плите. Предварительно напряженная арматура представляет собой пучки из 20—60 проволок диаметром 5 мм. Пучки помещаются в специальные трубки диаметром, на 15—20 мм большим наружного диаметра пучка. Однако трубки не всегда хорошо заполняются раствором, поэтому их перестали употреблять, и в настоящее время каналы для арматуры выполняют непосредственно в бетоне путем продавливания его в сыром виде металлическим сердечником или путем укладки в опалубку специальных гибких каналобразователей, которые вытягиваются после бетони-

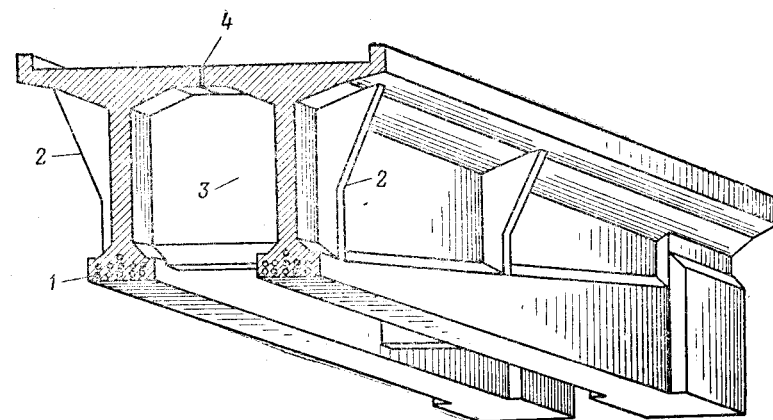


Рис. 150. Пролетное строение из предварительно напряженного бетона:

1 — пучки арматуры; 2 — ребро жесткости; 3 — диафрагма; 4 — стык

рования. В середине пролета пучки арматуры располагаются в нижней, уширенной части балки (рис. 150); часть пучков имеет криволинейное очертание и у опор выходит наружу из стенки балки. Концы прямолинейных и криволинейных пучков закрепляются в стальных стаканах с днищем. Проволока входит в стакан через отверстие в днище, где концы ее отгибаются и весь стакан заполняется бетоном высокой марки (рис. 151).

Натяжение арматуры осуществляется специальными гидравлическими домкратами, присоединяемыми к стаканам с одной стороны балки при помощи кольцевого захвата. После достаточного натяжения в просвет, образовавшийся между днищем стакана и стенкой балки, закладываются вилкообразные шайбы нужной толщины и в трубки нагнетается цементный раствор для сцепления пучка проволок с бетоном.

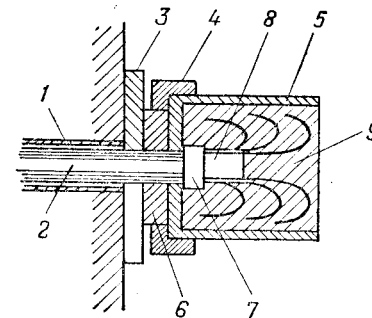


Рис. 151. Заделка концов арматуры:

1 — трубка; 2 — пучок арматуры; 3 — вилкообразная шайба; 4 — кольцевой захват; 5 — анкерный стакан; 6 — ограничительная шайба; 7 — обжимное кольцо; 8 — конический сердечник; 9 — бетон

Наибольший вес блока пролетного строения из предварительно напряженного бетона при пролете 26,9 м равен 76,5 т, т. е. он весит почти столько же, сколько блок обычного пролетного строения пролетом 18 м.

Пролетные строения из предварительно напряженного бетона в дальнейшем будут все шире применяться на железных дорогах. В настоящее время изготавливаются и испытываются пролетные строения пролетом 33 и 44 м. Такие пролетные строения собираются из 4—6 блоков, причем членение происходит не только продольное (т. е. вдоль моста), но и поперечное (поперек моста).

В четырехблочных пролетных строениях пролетами 33 и 44 м блоки состоят из балок и плит с консолями и армированы предварительно напряженной арматурой в виде пучков проволоки. На место сборки блоки прибывают в готовом виде, с натянутой арматурой и забетонированными каналами.

Соединение двух блоков производится при помощи монтажных пучков арматуры, располагаемых в каналах приливов, которые имеются на блоках в месте стыка. После сборки пролетного строения производится натяжение монтажных пучков арматуры и заделка каналов приливов обычным способом.

Пролетные строения с натяжением арматуры до бетонирования применяются для перекрытия пролетов от 12,8 до 33,5 м (рис. 152, а). Пролетное строение состоит из двух блоков, соединяемых диафрагмами. Каждый блок состоит из ребра (балки) двутаврового сечения и плиты без консоли. Нижняя часть балки имеет толщину до 85 см, а средняя (по высоте) часть — 14 см. Через 2,7—3,35 м по длине балки располагаются ребра жесткости. К каждому второму ребру присоединяется диафрагма. Диафрагмы каждого блока на месте сборки соединяются монтажным швом шириной 6 см. Для устройства тротуаров применяют специальные приставные металлические консоли, прикрепляемые к балке болтами.

Балка имеет обычную и предварительно напряженную арматуру. Обычная арматура выполнена из металла периодического профиля и круглой стали. Напряженная арматура выполнена из пучков высокопрочной стали. Количество пучков доходит до 26, в каждом из них до 28 проволок диаметром 5 мм. Пучки располагаются не только в нижней, но и в верхней части балки.

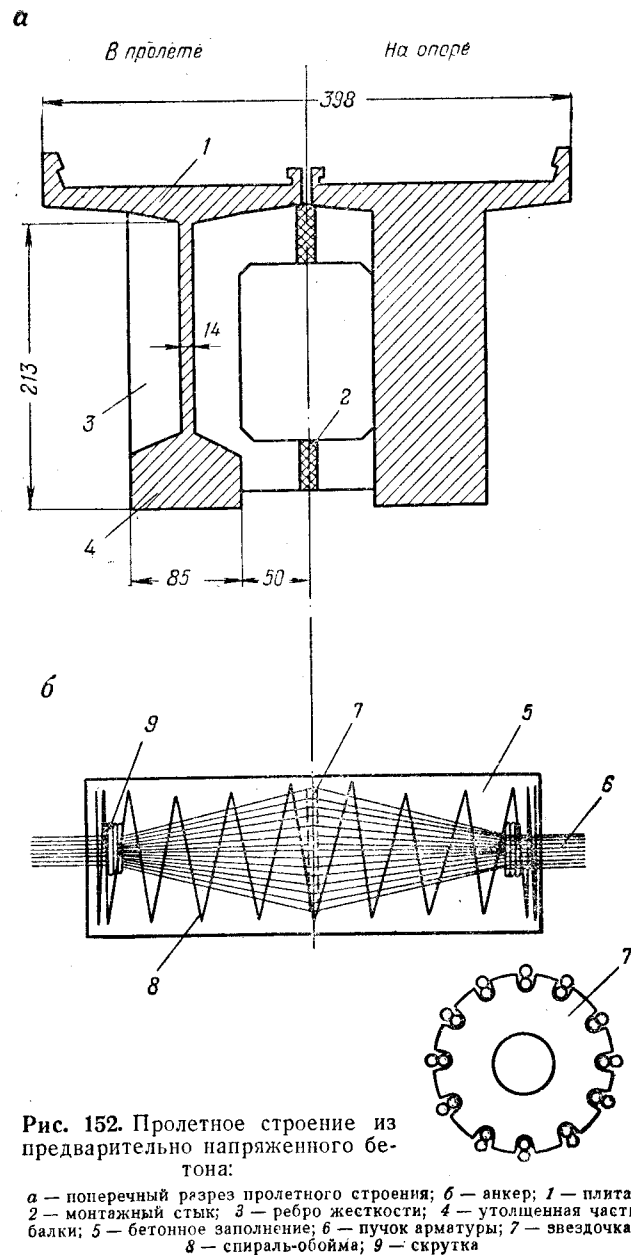


Рис. 152. Пролетное строение из предварительно напряженного бетона:

а — поперечный разрез пролетного строения; б — анкер; 1 — плита; 2 — монтажный стык; 3 — ребро жесткости; 4 — утолщенная часть балки; 5 — бетонное заполнение; 6 — пучок арматуры; 7 — звездочка; 8 — спираль-обойма; 9 — скрутка

Натяжение арматуры производят до бетонирования на специальных устройствах (стендах) гидравлическими домкратами. После этого пролетное строение бетонится, и, когда бетон приобретет необходимую прочность, домкраты выключаются. Закрепление арматуры в бетоне обеспечивается сцеплением ее с бетоном и специальными упорами (анкерами), устройство которых приведено на рис. 152, б.

Пролетные строения с натяжением арматуры до бетонирования нашли широкое применение, так как при этом способе обеспечивается хорошее сцепление арматуры с бетоном, не требуется специальных защитных трубок и последующего нагнетания раствора.

**Железобетонные крупноблочные мосты.** К сборным крупноблочным мостам относятся рамно-блочные, дисковые мосты и мосты-трубы системы ЦНИИС. Основное отличие этих мостов от других заключается в том, что пролетные строения и опоры их объединены в одну рамную конструкцию.

Крупноблочные мосты мало приспособлены для поточного изготовления с использованием стандартной опалубки, для монтажа их необходимо иметь краны большой грузоподъемности. В силу этого крупноблочные мосты не могут строиться индустриальными методами и поэтому широко не применяются; в будущем их производство тоже не предусматривается.

**Эстакадные мосты.** Эстакадные мосты относятся к балочным железобетонным мостам. Они возводятся из ограниченного числа элементов, имеющих простую форму, небольшие размеры и малый вес. Это позволяет организовать массовое производство элементов этих мостов на заводах и упростить монтажные работы. К числу эстакадных мостов относятся свайно-эстакадные и рамно-эстакадные мосты.

Свайно-эстакадные мосты (рис. 153) применяются при высоте насыпи от 1,5 до 4 м. Мост состоит из железобетонных свайных опор и пролетных строений длиной 3,2 и 5,0 м.

Промежуточная опора состоит из четырех или шести свай, направляющего ростверка и опорной площадки. Железобетонные сваи имеют длину до 12 м и сечение 35×35 см. Вес одной сваи длиной 12 м равен 3,8 т. Направляющий ростверк представляет собой железобетонную плиту толщиной 40 см с четырьмя или шестью отверстиями для свай. Ростверк устанавливается на подмостях и слу-

жит для точного направления погружаемых свай. После погружения свай до нужной глубины они расклиниваются в ростверке, а затем щели заполняются быстротвердеющим раствором. Сверху на ростверк на цементном растворе укладывается опорная площадка, имеющая гнезда для захода голов свай.

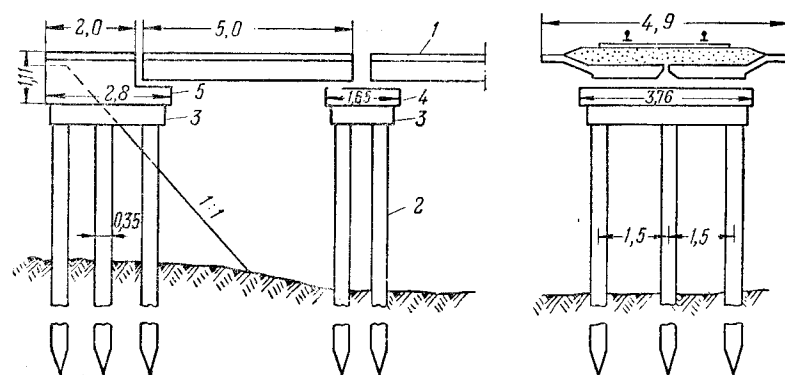


Рис. 153. Свайно-эстакадный мост:

1 — пролетное строение; 2 — свая; 3 — направляющий ростверк; 4 — опорная площадка; 5 — оголовок устоя

Береговая опора состоит из шести или восьми свай, направляющего ростверка и оголовка устоя. Выполняется она аналогично промежуточной. При высоте до 3 м достаточно иметь шесть свай, при большей высоте требуется забивка еще двух свай.

Для перекрытия пролетов применяются обычно плитные железобетонные пролетные строения цельноперевозимые (длиной 3,2 м) или двухблочные (длиной 5 м). В средней части моста разрешается применять пролетные строения длиной 7,3 м. В этом случае для сопряжения пролетных строений разной высоты устанавливается специальный подферменный блок-тумба. Между низом пролетного строения и подферменниками опорной плиты укладывается слой асбестового картона толщиной 10 мм.

При устройстве моста на постоянном водотоке для защиты свай от повреждения льдом до забивки свай в местах опор отсыпаются островки из песчаного или гравелистого грунта, на которые укладывается по несколько блоков — направляющих ростверков или блоков, имеющих

такие же размеры, но заостренную переднюю и заднюю стороны. Количество блоков в одной опоре зависит от глубины воды.

Для изготовления элементов свайно-эстакадного моста применяется бетон марки «300» (для свай длиной 10 и 12 м — марки «400»), арматура периодического профиля и круглая.

Для стыкования употребляется раствор на быстротвердеющем цементе марки «400» или «500» состава 1:0,7 при водо-цементном отношении 0,35—0,45.

Наибольший вес блоков промежуточной опоры (опорная площадка) равен 6 т, блоков береговой опоры (оголовок устоя) — 9,8 т. Вес блока пролетного строения длиной 5 м равен 9 т, вес пролетного строения длиной 3,2 м — 9,6 т.

Рамно-эстакадные мосты (рис. 154) применяются при высоте насыпи от 1,5 до 4 м. Они состоят из рамных опор и обычных плитных пролетных строений. Каждая промежуточная опора состоит из плиты фундамента, двух башмаков и П-образной рамы. Плита фундамента имеет размеры  $4,3 \times 2,5 \times 0,3$  м. Она укладывается в котловане на утрамбованную щебеночную подушку толщиной 10—15 см. На плиту на цементном растворе устанавливаются два башмака высотой 1,3 м и сечением (понизу)  $2 \times 1,1$  м. Рама имеет высоту в зависимости от высоты насыпи и состоит из двух ног, ригеля и подферменной площадки. Ноги рамы сечением  $0,4 \times 0,5$  м устанавливаются в гнезда башмаков и бетонируются.

Устой при высоте не более 2,5 м по конструкции такой же, как и промежуточная опора. При большей высоте устоя состоит из двух рам, на которые установлен блок устоя, формой напоминающий оголовок устоя свайно-эста-

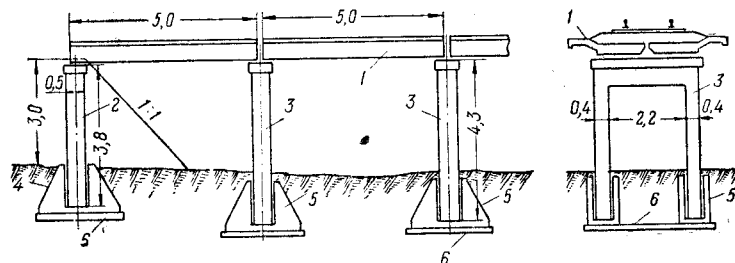


Рис. 154. Рамно-эстакадный мост:

1 — пролетное строение; 2 — рама устоя; 3 — рама промежуточной опоры; 4 — башмак устоя; 5 — башмак промежуточной опоры; 6 — плита фундамента

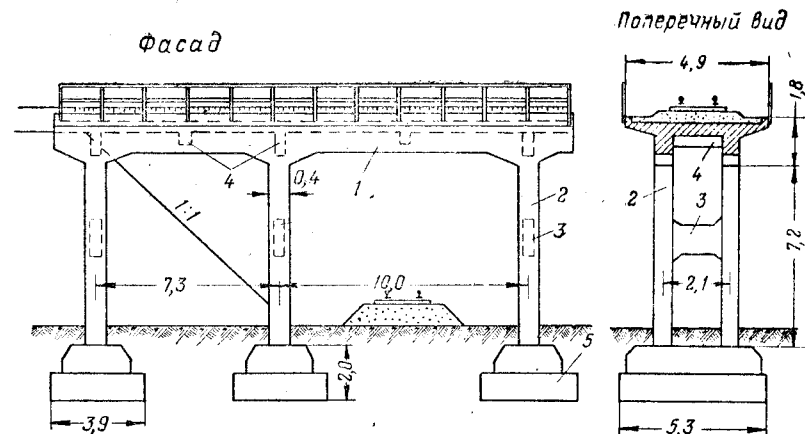


Рис. 155. Рамный мост:

1 — ригель; 2 — стойка рамы; 3 — распорка; 4 — диафрагма; 5 — фундамент

кадного моста. Две плиты фундаментов объединяются в одну монтажным швом, а вместо одиночных устанавливаются двойные башмаки размером  $3,9 \times 1,1$  м, имеющие два гнезда для ног рам.

**Рамные мосты.** В отличие от балочных мостов в рамных мостах пролетные строения и опоры представляют собой одно целое и работают совместно (рис. 155). Это позволяет делать их опоры и пролетные строения значительно легче, чем у балочных мостов, и, следовательно, уменьшает стоимость сооружения на 40—50%. Рамные конструкции применяются при сооружении небольших мостов на суходолах и главным образом путепроводов. Применение рамных мостов при пересечении рек ограничено, так как опоры их могут быть легко разрушены льдом и различными плавающими предметами.

Рамные конструкции бывают, как правило, двух- или трехпролетными. Если необходимо создать мост с большим количеством пролетов, он сооружается из нескольких трехпролетных рам, разделяемых деформационными швами.

Опоры однопутного рамного моста состоят из двух, а двухпутного моста — из трех стоек небольшого сечения, соединенных распорками. При большой высоте опор (7 м и более) стойки делаются наклонными с уклоном 1:8—1:10. Стойки опираются на фундамент, который может

быть общим для всей опоры или отдельным, под каждую стойку. При устройстве отдельного фундамента стойки соединяются снизу распорками.

Стойки соседних опор соединяются между собой балками, называемыми ригелями. Высота ригелей у опоры примерно в 1,5 раза больше их высоты в пролете. Это требуется для более жесткого соединения ригелей и стоек. Ригели соединяются между собой железобетонной плитой и диафрагмами. Плита имеет форму и размеры, принятые для обычных балочных мостов. Диафрагмы ставятся над опорами и в середине пролета.

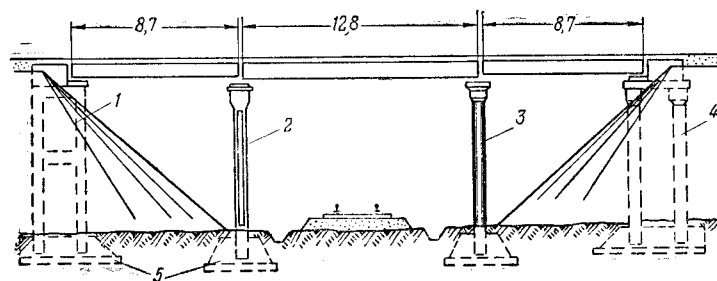


Рис. 156. Сборный путепровод:

1 — рамная опора; 2 — опора из прямоугольных стоек; 3 — опора из круглых стоек; 4 — устой из круглых стоек; 5 — фундаменты

Арматура ригелей и плиты более сложная, чем в балочных пролетных строениях. Стойки армируются вертикальными стержнями, соединенными между собой через 30—40 см хомутами. Нижние концы арматуры заделываются в фундамент, а верхние — в ригель рамы. Армируется также и верхняя часть фундамента (башмак).

В последнее время вместо монолитных рамных путепроводов сооружаются сборные железобетонные путепроводы.

Типовой сборный железобетонный путепровод имеет три пролета (рис. 156), перекрываемых пролетными строениями пролетами от 8,7 до 15,8 м; при пересечении двухпутной дороги под углом в 45° средний пролет перекрывается пролетным строением из предварительно напряженного бетона расчетным пролетом 22,6 м. Устои путепроводов сооружаются из рам или круглых стоек, а промежуточные опоры — из круглых или прямоугольных стоек.

Рамный устой состоит из четырех плоских рам, расположенных вдоль моста. Между собой рамы соединяются диафрагмами, омоноличивание которых производится на месте сборки. Стоечные устои состоят из шести круглых стоек диаметром 80 см. Между собой стойки диафрагмами не соединяются. Сверху на рамы (стойки) укладывается опорная плита и шкафной блок. Ноги рам (стойки) входят в гнезда сборных или монолитных фундаментов.

Промежуточная опора состоит из трех прямоугольных или круглых стоек, установленных в гнездах фундамента. Сверху на стойки укладывается опорная плита. Прямоугольные стойки соединяются между собой двумя диафрагмами, омоноличиваемыми на месте сборки.

Все элементы путепровода изготавливаются из бетона марки «200»—«400» и армируются сталью периодического профиля и круглой сталью. Все монтажные стыки заделываются жестким бетоном.

### Гидроизоляция мостов

Для предохранения каменных, бетонных и железобетонных конструкций от проникновения в них атмосферной влаги балластное корыто покрывается гидроизоляцией. Большой срок службы массивных мостов требует применения для гидроизоляции долговечных, водонепроницаемых и прочных материалов.

В старых мостах гидроизоляция делалась из двух слоев джутового полотна между тремя слоями битумной мастики.

В современных мостах гидроизоляция состоит из трех — четырех слоев битумной мастики толщиной 2—3 мм, между которыми проложены слои ткани или гидроизола (пропитанный битумом асбестовый картон). Вместо гидроизола используется также битантин (битуминизированная и антисептированная ткань заводского производства) и ткани из стеклянных и асбестовых нитей.

Перед укладкой изоляции на поверхность бетона укладывается тонкий слой цементного раствора, загрунтованный сверху битумным лаком. Сверху изоляция покрывается от механического повреждения защитным слоем, состоящим из бетона и металлической сетки из проволоки диаметром 2 мм. Вместо защитного слоя могут применяться бетонные плиты.

Деформационные швы при больших пролетах перекрываются изогнутыми алюминиевыми листами, на концы ко-



торых укладывается изоляция. Такое устройство позволяет изменяться ширине щели и препятствует затеканию в нее воды.

В небольших пролетных строениях швы перекрываются металлическим листом с приваренными к нему штырями. Лист для предохранения от ржавления с обеих сторон покрывается битумным лаком. Штыри заходят в шов и предохраняют лист от поперечного смещения.

Для отвода воды с балластного корыта в нем устанавливаются водоотводные трубки; поверхности балластного корыта придаются продольные и поперечные уклоны, способствующие стоку воды к трубкам.

Трубка состоит из цилиндрической части, тарелки со стаканом и съемного сливного колпака. Цилиндрическая часть трубки заделывается в тело кладки. В верхнюю часть ее (раструб) заводится гидроизоляция, прижимаемая стаканом. Сверху трубка закрывается железобетонным или металлическим колпаком, на который укладывается крупный щебень.

### Опорные части

В железобетонных пролетных строениях употребляются листовые, тангенциальные и секторные опорные части. Тангенциальные опорные части (рис. 157, а) применяются при пролетах до 18 м. Они состоят из верхнего и нижнего балансиров, соединенных штырем. Нижний балансир имеет верхнюю цилиндрическую поверхность с гнездом, в которое вварен штырь. Штырь служит для удержания верхнего балансира от смещения. В подвижной опорной части гнезда для штырей в верхнем балансире сделаны овальной формы, что обеспечивает перемещение конца пролетного строения. Балансиры прикрепляются к пролетному строению и подферменной плите анкерными болтами диаметром 20 мм.

При пролетах до 8 м применяются листовые опорные части (рис. 157, б), состоящие из верхнего и нижнего опорных листов, среднего листа и анкеров. Средний лист приварен к нижнему опорному листу и имеет два отверстия. В неподвижной опорной части отверстия круглые, диаметром 52 мм, в подвижной — овальные с большим размером — 60 мм. Верхний опорный лист имеет также два отверстия, в которые вставлены штыри диаметром 50 мм. Штыри, как и в тангенциальных опорных частях, служат для предупреждения взаимного перемещения опорных ли-

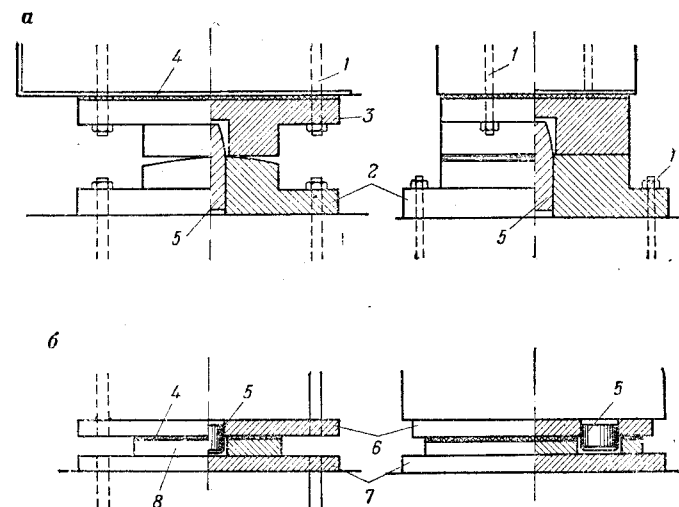


Рис. 157. Опорные части:

а — тангенциальные; б — листовые; 1 — анкерный болт; 2 — нижний балансир; 3 — верхний балансир; 4 — асбестовая прокладка; 5 — штырь; 6 — верхний опорный лист; 7 — нижний опорный лист; 8 — средний лист

стов на величину, большую допускаемой. Анкеры привариваются к опорным листам и бетонируются в теле пролетного строения и опоры.

Для пролетных строений пролетом до 33,5 м применяются секторные опорные части. По своей конструкции они почти не отличаются от опорных частей, применяемых для металлических пролетных строений, устройство которых описано в главе 10.

### Особенности устройства пути на железобетонных мостах

Железнодорожный путь на железобетонных мостах может быть уложен на балласте, на поперечинах и с непосредственным прикреплением рельсов к пролетному строению.

Наиболее часто применяется езда на балласте. В этом случае мостовое полотно состоит из щебеночного балласта, шпал, рельсов и контррельсов. Основные размеры его показаны на рис. 158, а.

Езда на поперечинах применяется в безбалластных пролетных строениях (рис. 158, б). Конструкция мостового полотна отличается от устройства, описанного в главе 4, только способом прикрепления мостовых брусьев к главным балкам. Одним из способов является прикрепление брусьев

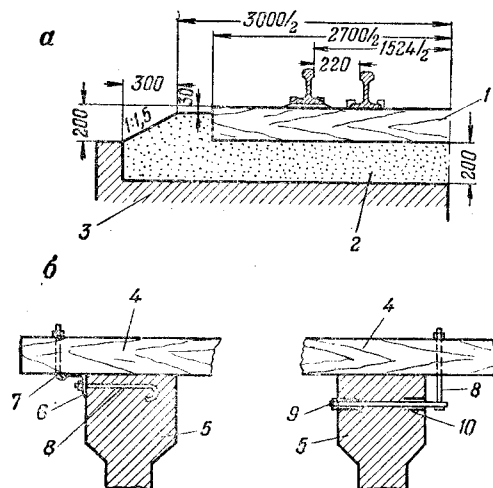


Рис. 158. Устройство пути на железобетонных мостах:

а — путь на балласте; б — путь на поперечинах: 1 — шпала; 2 — балласт; 3 — плита пролетного строения; 4 — поперечина; 5 — балка пролетного строения; 6 — уголок; 7 — лапчатый болт; 8 — болт; 9 — болт с проушиной; 10 — трубка

лапчатыми болтами к уголкам из угловой стали, прикрепленным к наружной стенке балки болтами. Другим способом является прикрепление брусьев болтами с проушиной, проходящими через отверстие в верхнем поясе балки; мостовые брусья прикрепляются к ним при помощи обычного болта.

Новым видом устройства пути на мостах является непосредственное прикрепление рельсов к главным балкам (рис. 159). В верхнем поясе балки имеются три круглых отверстия диаметром 50 мм. В эти отверстия ввертываются пробки из дерева, пластмассы или шлакового литья. На балки укладываются подкладки скрепления типа «К», а на них в свою очередь укладываются рельсы, соединяемые

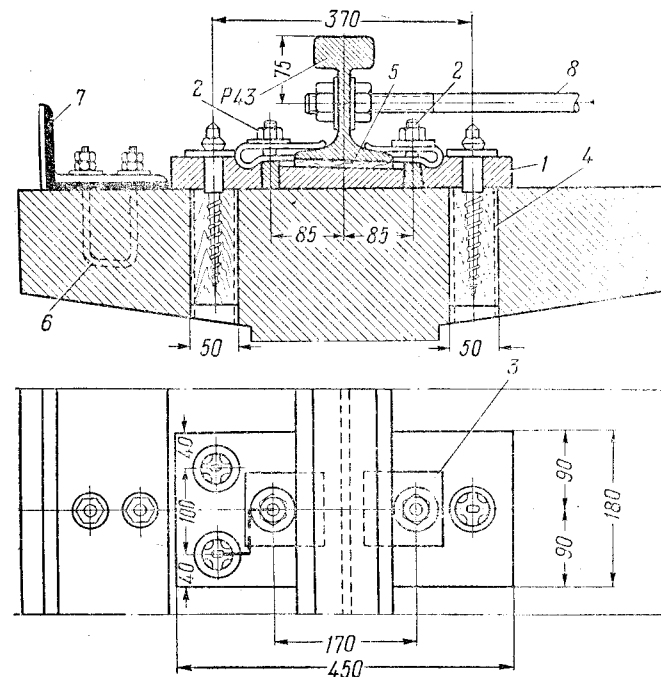


Рис. 159. Непосредственное прикрепление рельсов к главным балкам:

1 — подкладка; 2 — анкерный болт; 3 — нажимная пружина; 4 — деревянная пробка; 5 — прокладка; 6 — скоба; 7 — охранный уголок; 8 — тяга

между собой металлическими тягами диаметром 24 мм. Подкладки прикрепляются к балкам шурупами, ввертываемыми в пробки. Вместо охранный бруса укладывается угловая сталь размером 150×150×16 мм.

#### Вопросы для повторения

1. Каковы положительные и отрицательные свойства каменных, бетонных и железобетонных мостов?
2. Что называется маркой цемента? Определить марку цемента, если цементный кубик разрушился при нагрузке 24,5 т.
3. Какими качествами должны обладать материалы, предназначенные для приготовления бетона? Определить марку бетона, если бетонный кубик разрушился при нагрузке 80 т.
4. Что называется железобетоном и какими положительными свойствами он обладает? Какая сталь применяется в железобетоне в качестве арматуры?

5. Какие основания применяются для мостовых опор?
6. Для чего предназначены устои и как они разделяются по своей конструкции?
7. Какие основные размеры имеют сборные промежуточные опоры?
8. Из каких частей состоит каменный мост?
9. На какие виды разделяется арматура пролетного строения и для чего делаются отгибы стержней арматуры?
10. Из каких частей состоят плитные и ребристые пролетные строения?
11. Как устроено пролетное строение с ездой на поперечинах?
12. Для чего применяется предварительное натяжение арматуры в пролетных строениях и как оно осуществляется?
13. Из каких частей состоят опоры в свайно-эстакадных и рамно-эстакадных мостах?
14. Как устроены рамный и сборный путепроводы?
15. Для чего применяется и как устраивается гидроизоляция на мостах?
16. Как устроены опорные части в железобетонных пролетных строениях?
17. Каковы особенности устройства пути на железобетонных мостах?

## ГЛАВА 10

### МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МОСТЫ

#### Общие сведения

Металлическими мостами обычно называют мосты, имеющие металлические пролетные строения, установленные на массивные или деревянные опоры. Металлические опоры применяются сравнительно редко и главным образом в путепроводах, где установка массивных опор затруднена по условиям габарита, а также при временном восстановлении.

Металлические мосты являются наиболее распространенным видом искусственных сооружений. В Советском Союзе 40% железнодорожных мостов построено из металла, общая протяженность их равна примерно 60% длины всех мостов.

Такое широкое распространение металлических мостов объясняется рядом их положительных свойств, а именно:

- из металла можно сооружать мосты различных конструкций (балочные, рамные, арочные и висячие);

- металлические пролетные строения могут перекрывать наибольшие пролеты (наибольший в мире пролет железобетонного моста равен 264 м, а металлического — 1281 м);

- собственный вес металлических мостов меньше, чем каменных, бетонных или железобетонных; так, например, пролетное строение пролетом 23 м из металла весит около 35 т, а из железобетона — 120 т;

- часть работ по изготовлению металлических мостовых конструкций производится на заводах, что обеспечивает высокое качество конструкций и быстроту постройки мостов;

— металлические мосты сравнительно легко могут быть восстановлены и усилены.

Наряду с этим металлические мосты имеют следующие недостатки: они подвержены ржавлению (что вынуждает производить значительные работы по очистке и окраске); более, чем другие мосты, чувствительны к увеличению веса подвижного состава; имеют сравнительно высокую стоимость.

По своей конструкции металлические мосты могут быть балочными (разрезные, неразрезные и консольные), рамными, арочными и висячими. На железных дорогах Союза ССР наибольшее применение находят разрезные балочные пролетные строения.

По виду главных ферм металлические пролетные строения разделяются на пролетные строения со сплошной стенкой и со сквозными фермами. В зависимости от расположения железнодорожного пути на мосту металлические пролетные строения могут быть с ездой понизу, поверху и посередине. По способу соединения элементов пролетные строения могут быть с клепаными соединениями, болтовыми, сварными и комбинированными (клепано-сварными).

### Материал металлических мостов

Для строительства металлических мостов применяется литая мартеновская сталь<sup>1</sup>. Сталью называется сплав железа с углеродом, имеющий в своем составе некоторое количество примесей (марганец, кремний, сера, фосфор и др.). Свойства стали зависят в основном от количества содержащегося в ней углерода. Чем больше углерода, тем сталь тверже, но при этом она более хрупкая; при наибольшем проценте углерода (около 1,7%) сталь по своим свойствам сходна с чугуном. Незначительные количества марганца и кремния не влияют на свойства стали. Фосфор и сера являются вредными примесями, так как фосфор вызывает повышенную хрупкость стали при низкой температуре (хладноломкость), а сера — появление трещин при горячей обработке (красноломкость). Поэтому содержание их в мостовой стали строго ограничивается: фосфора не должно быть более 0,04%, а серы — более 0,045%.

<sup>1</sup> В настоящее время в СССР изготавливаются опытные пролетные строения из легких сплавов, которые имеют такую же прочность, как сталь Ст. 3, но легче ее примерно в три раза.

Для повышения прочности стали в нее добавляют различные элементы (медь, хром, никель, кремний, марганец и др.). Такая сталь носит название легированной. Легированная сталь обладает по сравнению с обыкновенной большей прочностью и меньше ржавеет. Так, обычная сталь за год разъедается ржавчиной на глубину 0,037 мм, а легированная — только на 0,023 мм.

В зависимости от механических свойств сталь разделяется на марки. Для металлических мостов применяется сталь марок Ст. 3 мостовая, 15ХСНД и М16С, реже — марки Ст. 5. Для заклепок применяется обычно Ст. 2 заклепочная, а в некоторых случаях — марки НЛ1. Стали марок Ст. 2, Ст. 3 и Ст. 5 являются обычными, а марок НЛ1 и 15ХСНД — низколегированными. Сталь марки М16С отличается от стали Ст. 3 только технологией плавки: она некоторое время выдерживается в ковше, в который добавляется алюминий. Это создает условия для выделения из жидкого металла газов и обеспечивает получение более однородной стали с равномерным распределением вредных примесей. Сталь марки М16С носит название «успокоенной» и применяется для изготовления сварных конструкций.

Строительные свойства стали определяются пределом прочности ее и относительным удлинением при разрыве. Нагрузка на 1 мм<sup>2</sup> сечения, при которой металл разрушается, носит название предела прочности. Относительным удлинением называется изменение длины растягиваемого образца в процентах перед его разрушением. Для мостов желательно иметь сталь, обладающую большим пределом прочности, а также большим относительным удлинением. Основные свойства мостовой стали приведены в табл. 16.

Таблица 16

Основные свойства стали

Характеристики	Марки стали					
	Ст. 2 закле- почная	Ст. 3 мостовая	Ст. 5	М16С	НЛ1	15ХСНД
Предел прочности, кг/мм <sup>2</sup> . . . . .	34	38	50	38	42	52
Относительное удлине- ние, % . . . . .	26	22—24	15	23	20	18

Сталь, применяемая для изготовления мостовых конструкций, получается при прокатке стальных болванок в специальных валках и поэтому часто называется прокатной. Все виды прокатываемого металла, применяемого в мостах, делятся на две группы: сталь листовую и сталь профильную, или сортовую, которая в свою очередь делится на угловую, двутавры и швеллеры (рис. 160).

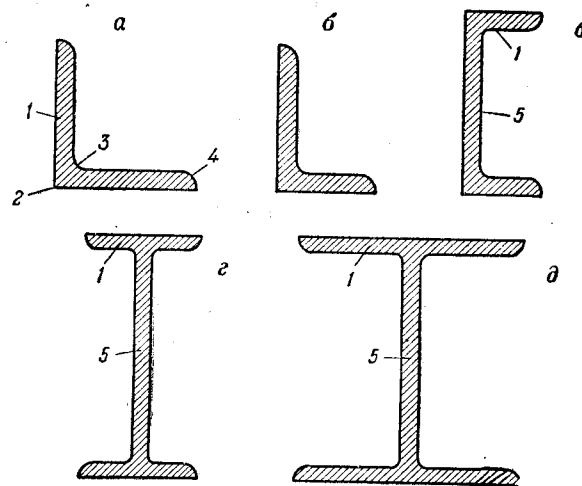


Рис. 160. Сортамент металла:

*а* — сталь угловая равнобокая; *б* — сталь угловая неравнобокая; *в* — швеллер; *г* — обыкновенный двутавр; *д* — широкополочный двутавр; 1 — полка; 2 — обухок; 3 — выкружка; 4 — перо; 5 — стенка

Листовая сталь прокатывается толщиной от 4 до 60 мм, ширина листа равна 600—3000 мм, а наибольшая длина 12 м. Кромки у листовой стали неровные, так как она прокатывается только между двумя валками. Одним из видов листовой стали является универсальная сталь. Листы этой стали имеют ровные кромки, так как она прокатывается четырьмя валками.

Угловая сталь делится на равнобокую (с одинаковой длиной полок) и неравнобокую (одна из полок в полтора раза больше другой). Равнобокая угловая сталь изготавливается размером от  $20 \times 20 \times 3$  мм до  $230 \times 230 \times 24$  мм и наибольшей длиной 19 м, неравнобокая — от  $30 \times 20 \times 3$  мм до  $200 \times 150 \times 20$  мм.

Двутавры могут быть двух типов — обыкновенные и широкополочные. Обыкновенные двутавры имеют высоту от 100 до 700 мм и ширину полки 70—210 мм. Высота широкополочных двутавров достигает 1000 мм при ширине полки до 300 мм. Швеллеры имеют высоту от 50 до 400 мм. Наибольшая длина двутавров и швеллеров равна 19 м. Двутавры и швеллеры различаются по номерам; номер обозначает высоту их сечений в сантиметрах.

Для мостостроения употребляется профильная и листовая сталь только определенных размеров. Толщина листовой стали для всех элементов пролетного строения (кроме планок соединительной решетки и прокладок) берется не менее 10 мм. В главных фермах и проезжей части употребляется угловая сталь размером не менее  $80 \times 80 \times 10$  мм.

### Соединение элементов пролетных строений

Наиболее распространенным видом соединения элементов пролетных строений является заклепочное. Заклепка по постановке ее на место представляет собой металлический стержень, имеющий одну головку (рис. 161, а). В нагретом состоянии заклепка устанавливается в отверстие, просверленное через все соединяемые детали, и расклепывается при помощи пневматического молотка, в результате чего образуется вторая головка (рис. 161, б). Заводская головка называется закладной, а полученная при расклепке конца заклепки — замыкающей. В зависимости от формы головки заклепки могут быть с полукруглой, потайной (рис. 161, в) или полупотайной головкой. В мостовых конструкциях чаще всего применяются заклепки с полукруглой головкой диаметром 23 мм, реже 20 и 26 мм. В настоящее время для клепки толстых пакетов стали применять заклепки, стержень которых имеет небольшую конусность.

Главным недостатком заклепочных соединений является уменьшение поперечного сечения элементов из-за большого количества заклепочных отверстий. Для уменьшения влияния этого недостатка заклепки устанавливаются в соединении в строго определенном порядке (рис. 161, г и д).

Болтовое соединение, при котором вместо заклепок применяются болты с гайками, употребляется главным образом в разборных пролетных строениях и опорах. Главным преимуществом болтового соединения является

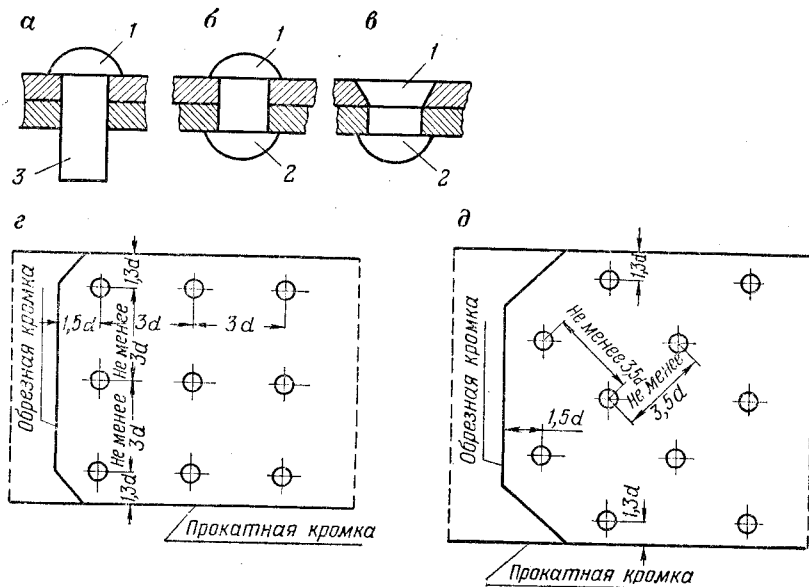


Рис. 161. Заклепочное соединение:

а — заклепка до клепки; б — заклепка после клепки; в — заклепка с потайной головкой; 2 — рядовое размещение заклепок; д — шахматное размещение заклепок; 1 — закладная головка; 2 — замыкающая головка; 3 — стержень заклепки; d — диаметр заклепки

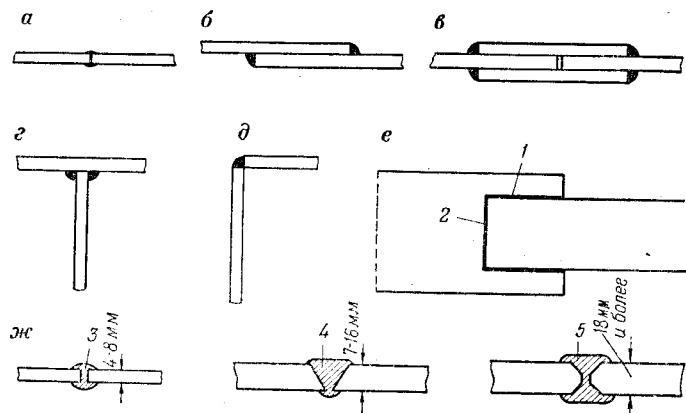


Рис. 162. Сварное соединение:

а — соединение встык; б — соединение внахлестку; в — соединение накладками; г — соединение в тавр; д — соединение в угол; е — расположение швов; жс — виды соединений встык; 1 — фланговый шов; 2 — лобовой шов; 3 — бескосый шов; 4 — V-образный шов; 5 — X-образный шов

возможность производства быстрой сборки и особенно разборки конструкции. Качество болтовых соединений, как правило, ниже заклепочных; однако современные высокопрочные болты, затянутые до значительного натяжения, в отношении качества не уступают заклепкам.

В сварных соединениях элементы прикрепляются друг к другу при помощи сварного шва. Сварное соединение обладает рядом преимуществ перед заклепочным: экономия металла, простота изготовления, отсутствие необходимости в работах по сверлению отверстий в элементах конструкций и уменьшение количества мелких деталей. Эти положительные свойства обусловили все большее применение сварки в мостах. Сварные соединения могут выполняться встык, внахлестку, с накладками, в тавр или угол (рис. 162). В мостах все рабочие соединения выполняются встык. В зависимости от толщины свариваемых элементов кромки их обрабатываются, как показано на рис. 162; соответствующие стыковые швы называются: бескосый, V-образный и X-образный.

### Пролетные строения со сплошной стенкой

Пролетные строения со сплошной стенкой применяются в металлических балочных мостах при пролетах до 66 м. В связи с широким развитием в нашей стране строительства из сборного железобетона, а также сравнительно высокой стоимостью мостового металла с 1957 г. металлические пролетные строения пролетом менее 23 м применять не разрешается. Поэтому балочные пролетные строения со сплошной стенкой изготавливаются только для пролетов, больших 23 м. Типовые балочные пролетные строения со сплошной стенкой имеют пролеты, равные 27; 33; 33,6; 45; 55 и 66 м. Эти пролетные строения имеют простую конструкцию, удобную для изготовления, сборки и эксплуатации. Вес их при величине пролета до 33,6 м значительно меньше, чем у пролетных строений со сквозными главными фермами.

По конструкции балочные пролетные строения со сплошной стенкой могут быть разрезными, неразрезными и консольными. Разрезные пролетные строения, как более простые, получили наибольшее распространение на железных дорогах. По типу соединения элементов пролетные строения могут быть клепаными или сварными. Как правило,

пролетные строения со сплошными стенками сооружаются с ездой поверху. Пролетные строения с ездой понизу применяются только в том случае, когда необходимо уменьшить строительную высоту сооружения (например, в путепроводах). Особым видом пролетных строений со сплошными стенками являются пакетные пролетные строения, применяемые при восстановлении железных дорог.

Клепаное балочное пролетное строение с ездой поверху (рис. 163) состоит из двух главных балок, связей, мостового полотна и опорных частей. В некоторых случаях, при ширине пролетного строения 2,5 м и более, в состав его включается проезжая часть.

Главные балки (рис. 164) являются основной частью пролетного строения; они перекрывают пролет, воспринимают нагрузку от мостового полотна и передают ее на опоры. Главная балка состоит из вертикального листа (стенки), поясных уголков из угловой стали и верхних и нижних горизонтальных листов. Каждая пара уголков с приклепанными к ним горизонтальными листами называется поясом главной балки.

Вертикальный лист соединяет в одно целое все элементы балки. Толщина его обычно равна 12—14 мм; в старых пролетных строениях часто можно встретить стенки толщиной до 10 мм. Высота вертикального листа зависит от величины перекрываемого пролета: чем больше пролет,

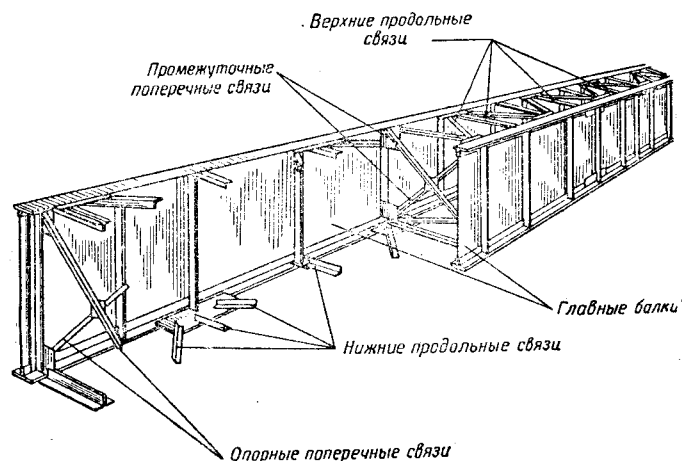


Рис. 163. Клепаное балочное пролетное строение

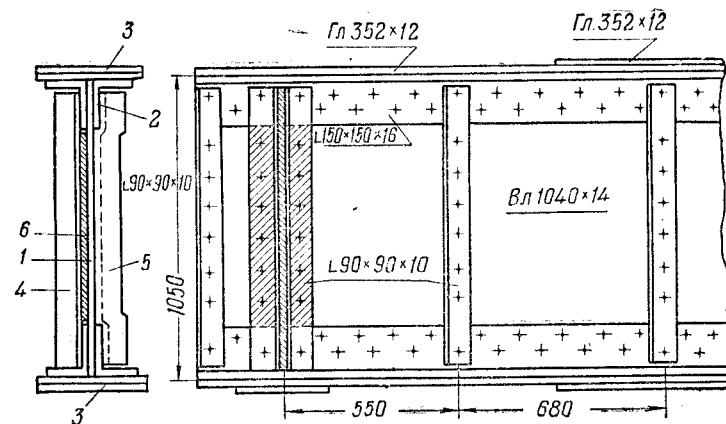


Рис. 164. Главная балка:

1 — вертикальный лист; 2 — поясные уголки; 3 — горизонтальный лист; 4 — опорный уголок жесткости; 5 — уголок жесткости с высадкой; 6 — прокладка

тем выше должен быть лист. Ввиду того что кромки листа имеют неровности, высота стенки принимается на 10 мм меньше расстояния между горизонтальными полками поясных уголков; в этом случае неровности кромок не мешают укладке горизонтальных листов.

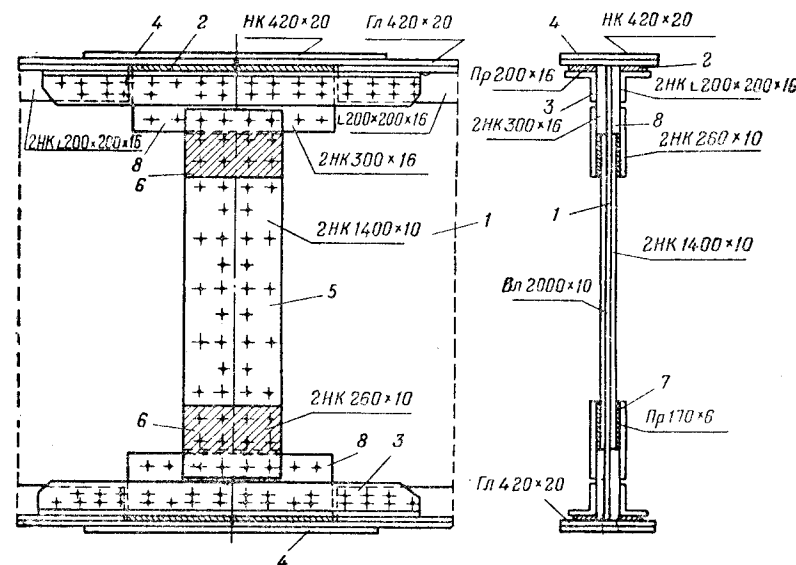
Поясные уголки служат для соединения вертикального и горизонтальных листов между собой. В новых пролетных строениях применяется угловая сталь сравнительно тяжелого профиля: в пролетном строении пролетом 23 м поставлена угловая сталь  $150 \times 150 \times 18$  мм, а пролетом 45 м —  $200 \times 200 \times 20$  мм. Такой размер угловой стали обеспечивает более выгодное сечение балки и уменьшает отгиб горизонтальных полок при давлении на них мостовых брусьев.

Балка имеет одну или несколько пар горизонтальных листов толщиной 14—16 мм и шириной не менее 240 мм. В середине балки количество пар горизонтальных листов больше, чем на ее концах, так как в этом месте на балку действует большее изгибающее усилие и поэтому требуется более мощное сечение. Места обрыва горизонтальных листов определяются расчетом.

Под действием нагрузки вертикальный лист балки может выпучиться в сторону. Для предохранения от этого на нем устанавливаются парные уголки, называемые вертикальными уголками жесткости. Ближе к опорам уголки

Поясные уголки обрываются не доходя до места стыка. Стык вертикального листа перекрывается тремя парами плоских накладок (детали 5 и 8 на рис. 165). Места их примыкания в свою очередь перекрываются узкими накладками 6, под которыми укладываются прокладки 7 толщиной, равной разнице толщины накладок 5 и 8. Стык поясных уголков перекрывается уголковыми накладками 3, а стык горизонтальных листов — плоскими накладками 4. Между горизонтальным листом и уголковой накладкой размещается прокладка 2. Для большей прочности в месте стыка часто ставятся парные уголки жесткости (на рис. 165 не показаны).

При стыковании только одних уголков место обрыва их перекрывается парой уголковых накладок. Если балки имеют несколько пар горизонтальных листов, то они на заводе могут стыковаться вразбежку (ступенчатый стык). В этом случае каждый верхний лист служит накладкой для нижнего стыка и дополнительной накладкой перекрывается только стык самого верхнего листа.



**Рис. 165.** Совмещенный стык главной балки:

1 — вертикальный лист; 2 — прокладки в месте обрыва поясных уголков; 3 — уголко-  
вая накладка; 4 — накладка; 5 — широкая накладка; 6 — узкая накладка вертикального  
листа; 7 — прокладка между накладками вертикального листа; 8 — накладка

При пролете более 33,6 м пролетное строение не может быть доставлено на место в собранном виде. Это вызвало применение двухблочных пролетных строений. Одним из типов подобных пролетных строений является пролетное строение, предложенное инженером Рябухо (рис. 166). Оно состоит из двух горизонтальных блоков, соединенных между собой продольным стыком. Каждый блок имеет две главные балки, связанные продольными и поперечными связями. Главные балки верхнего блока состоят из вертикального листа, поясных уголков и верхних горизонтальных листов. Нижний блок в отличие от верхнего не имеет горизонтальных листов в верхнем поясе. Стык бло-



ков образуется постановкой заклепок в горизонтальных полках нижних поясных уголков верхнего блока и верхних поясных уголков нижнего блока. На месте сборки вначале устанавливается нижний блок, а затем на него укладывается верхний и присоединяется заклепками.

Расстояние между осями главных балок пролетных строений со сплошной стенкой зависит от величины перекрываемого пролета. При пролетах от 23 до 33,6 м это

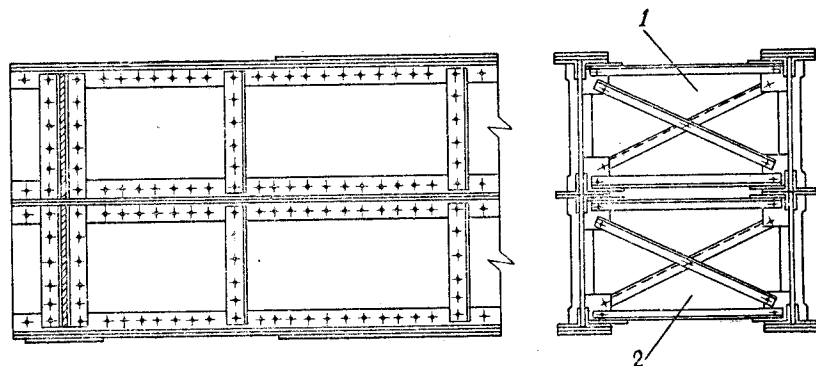


Рис. 166. Пролетное строение системы инженера Рябухо:  
1 — верхний блок; 2 — нижний блок

расстояние принимается равным 2,0 м; при пролете 44 м — 2,2 м, а при пролетах 55—66 м — 2,4 м. Для того чтобы создать жесткую неизменяемую конструкцию пролетного строения, между главными балками устанавливаются продольные и поперечные связи (рис. 167), прикрепляемые к балкам при помощи фасонки.

Продольные связи делаются в плоскостях верхнего и нижнего поясов главной балки. В старых пролетных строениях пролетом до 15 м нижние связи не делались. По своей системе продольные связи могут быть треугольные или крестовые; при пролетах до 33,6 м применяется преимущественно треугольная система, для больших пролетов — крестовая. Связи состоят из диагоналей и распорок, изготавливаемых из угловой стали размером 90×90×10 или 100×100×10 мм. Фасонки выполняются из листовой стали и прикрепляются к поясным уголкам главных балок.

Поперечные связи устанавливаются по концам пролетного строения и в пролете на расстоянии не более 5 м одна

от другой. Они выполняются крестовой системы и состоят из двух диагоналей и распорок. Фасонки поперечных связей прикрепляются к выступающим полкам уголков жест-

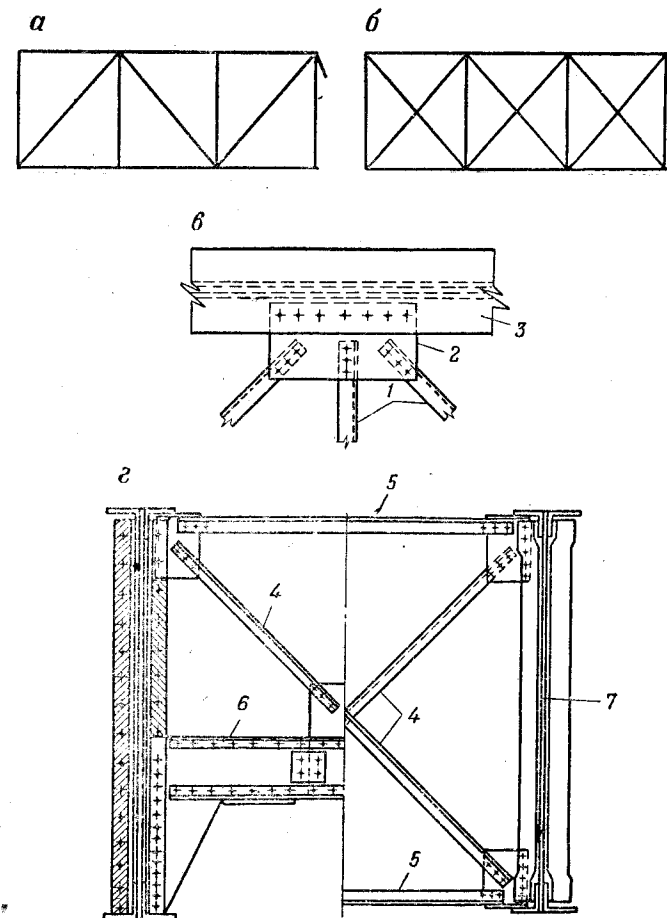


Рис. 167. Связи:

а — треугольные; б — крестовые; в — прикрепление продольных связей;  
2 — поперечные связи; 1 — элементы связей; 2 — фасонка; 3 — полка балки;  
4 — диагональ; 5 — распорка; 6 — домкратная балка; 7 — главная балка

кости. Опорные поперечные связи имеют несколько иную конструкцию. Они состоят из домкратной балки, диагонали и верхней распорки. Домкратная балка служит для

установки. под нее домкратов при подъеме или опускании пролетного строения (рис. 167, в). Обычно она выполняется двутаврового сечения и состоит из вертикального листа высотой 470—500 мм и четырех уголков размером до  $200 \times 120 \times 10$  мм. В сравнительно больших пролетных строениях для предохранения стенки балки от выпучивания места поддомкрачивания усиливаются вертикальными угол-

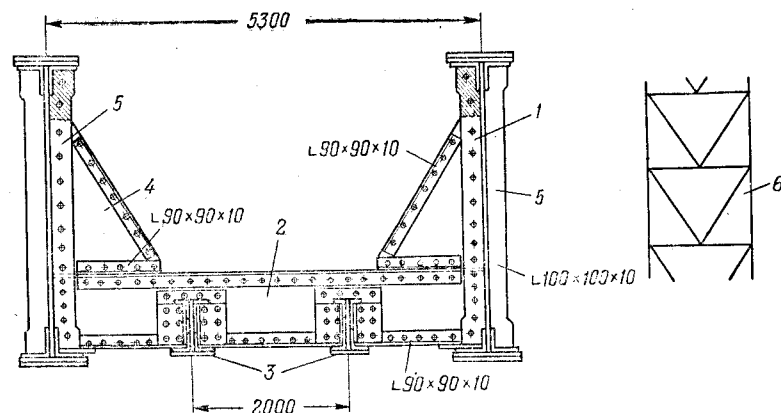


Рис. 168. Клепаное балочное пролетное строение с ездой понизу:  
1 — главная балка; 2 — поперечная балка; 3 — продольная балка; 4 — консольный лист; 5 — уголки жесткости; 6 — связи полураскосной системы

ками жесткости. В некоторых случаях взамен домкратной балки устраиваются консоли для поддомкрачивания, прикрепляемые с наружной стороны главной балки у опор.

Клепаное балочное пролетное строение с ездой понизу (рис. 168) по своей конструкции значительно отличается от пролетного строения с ездой поверху. Из-за большого расстояния между осями главных балок (5,3 м) у этих пролетных строений устраивается проезжая часть, а из-за небольшой высоты стенок не делается верхних продольных связей.

Основным достоинством этих пролетных строений является малая строительная высота (в четыре — пять раз меньше, чем у пролетных строений с ездой поверху), что особенно важно при устройстве путепроводов и городских эстакад, так как уменьшаются объемы работ по сооружению насыпей подходов. Недостатком этих пролетных строений является почти вдвое больший расход металла, чем у пролетных строений с ездой поверху.

Главные балки пролетного строения с ездой понизу со-

стоят из вертикального листа и поясов. Для предохранения верхних поясов от выпучивания устанавливаются специальные консольные листы, прикрепляемые к стенкам главной балки и к поперечным балкам.

Проезжая часть состоит из продольных и поперечных балок. Продольные балки устанавливаются на расстоянии 2 м одна от другой. Они имеют двутавровое сечение высотой 360 мм и состоят из стенки и четырех поясных уголков. Продольные балки прикрепляются к поперечным при помощи двух вертикальных уголковых и одной нижней плоской накладок.

Поперечные балки также имеют двутавровое сечение высотой 500—600 мм и располагаются на расстоянии 1,5 м одна от другой. В поперечном сечении балки состоят из стенки, поясных уголков и пары горизонтальных листов. Прикрепление поперечных балок к главным показано на рис. 168.

Нижние продольные связи полураскосной системы состоят из диагоналей сечением  $90 \times 90 \times 10$  мм и распорок, роль которых выполняют поперечные балки. Диагонали присоединяются к поясам главных и поперечных балок при помощи плоских фасонек. Поперечных связей пролетное строение не имеет.

Одним из типов пролетных строений со сплошной стенкой является новое пролетное строение с ездой на балласте, спроектированное в 1956 г. (рис. 169). Оно состоит из двух отдельных блоков и железобетонного балластного корыта, которое соединено с верхними поясами главных балок и воспринимает часть нагрузки от подвижного состава. Каждый блок в свою очередь состоит из двух главных балок, соединенных продольными и поперечными связями. Стык блоков осуществляется так же, как и в пролетных строениях системы инженера Рябуха. Сечение поясов главных балок различное: верхний пояс имеет уголки и один горизонтальный лист, а нижний — уголки и три горизонтальных листа. Это объясняется тем, что часть нагрузки верхнего пояса воспринимается железобетонной плитой. Стенки балки имеют вертикальные и горизонтальные уголки жесткости.

Продольные связи нижнего пояса сделаны крестовой системы; в плоскости горизонтального стыка главной балки располагаются два ряда связей (в нижнем и верхнем блоках), состоящих только из распорок. Верхних продольных связей пролетное строение не имеет, так как их роль выполняет железобетонная плита

Для того чтобы железобетонная плита воспринимала часть нагрузки, на верхних поясах балок устанавливаются специальные упоры изгнутой листовой стали.

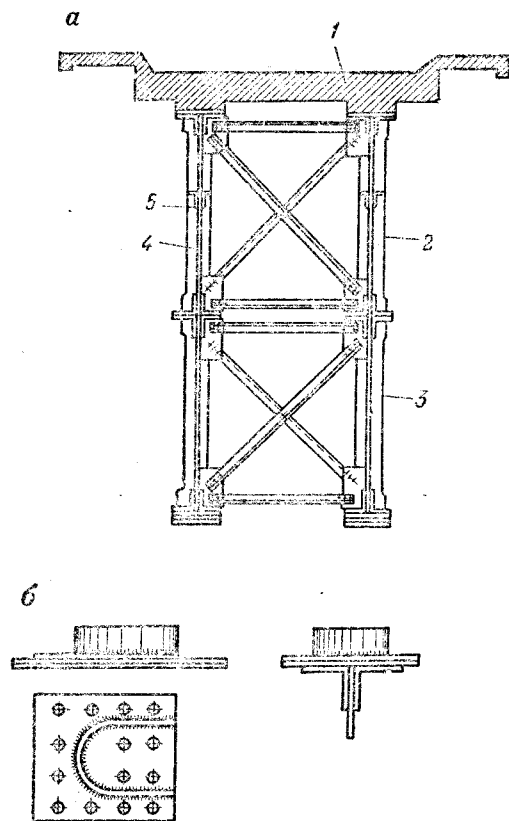


Рис. 169. Пролетное строение с железобетонной плитой (с ездой на балласте):

а — поперечный разрез; б — упор плиты; 1 — железобетонная плита; 2 — верхний блок; 3 — нижний блок; 4 — вертикальные уголки жесткости; 5 — горизонтальные уголки жесткости

Вес пролетного строения с ездой на балласте пролетом 45 м меньше веса типового пролетного строения такого же пролета почти на 5 т.

Сварные балочные пролетные строения в Советском Союзе начали применяться с 1931 г., широкое же их распространение стало возможно только после Великой Отече-

ственной войны, когда была изобретена автоматическая электрооуварка. В настоящее время применяются типовые сварные пролетные строения пролетами 23,27 и 33,6 м.

Главная балка сварного пролетного строения состоит из вертикального и горизонтальных листов (рис. 170). Поясных уголков, которые в клепаных конструкциях служат для прикрепления горизонтальных листов к вертикальному, в этом простом строении нет, так как горизонтальный лист приваривается непосредственно к стенке. Если балка имеет две пары горизонтальных листов, то одна пара делается постоянной толщины, а вторая — переменной. В середине пролета толщина горизонтальных листов больше (до 50 мм), а у опор — меньше (16 мм). Листы переменной толщины соединяются встык с X-образной разделкой кромок, причем более толстый лист обрабатывается для создания плавного перехода.

Балки имеют горизонтальные и вертикальные ребра жесткости. Вертикальные ребра привариваются к верхнему горизонтальному листу, вертикальной стенке и прокладке, уложенной на нижнем поясе. Последнее делается для того, чтобы не повредить нижние горизонтальные листы сварным швом. Горизонтальные ребра жесткости привариваются к стенке главной балки и вертикальным ребрам жесткости. В местах присоединения верхних горизонтальных связей вертикальные ребра жесткости упираются и служат фасонками для них.

Продольные и поперечные связи конструктивно не отличаются от принятых в клепаных пролетных строениях. Они изготавливаются из угловой стали и присоединяются к главным балкам через фасонки (ребра жесткости) при помощи сварки.

Металлические пакетные пролетные строения применяются при временном и краткосрочном восстановлении мостов для перекрытия пролетов до 23 м. Они изготавливаются из двутавров, рельсов, швеллеров, элементов разрушенных пролетных строений, рам вагонов, элементов поворотных кругов и т. д. Основным преимуществом пакетных пролетных строений является простота их изготовления.

Наибольшее распространение при временном восстановлении мостов получили пакетные пролетные строения, изготавливаемые из обычных и широкополочных двутавров (рис. 171). Для перекрытия пролетов до 10 м пакеты

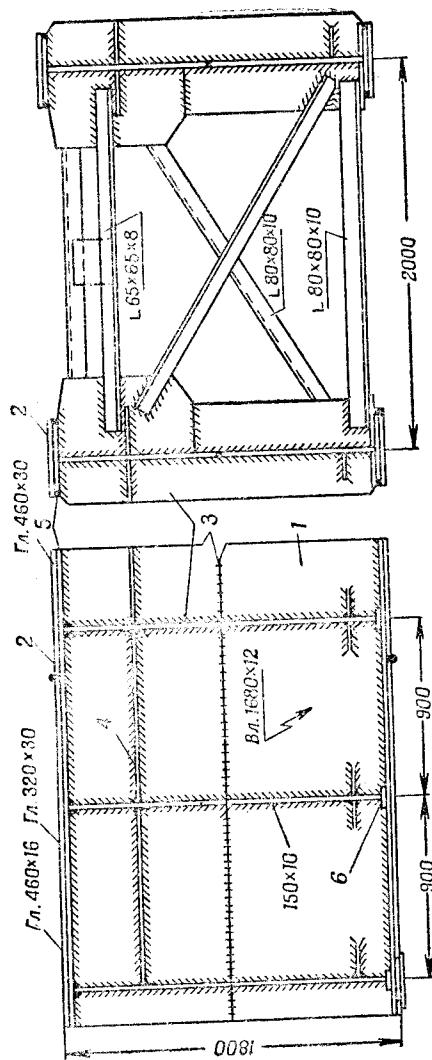


Рис. 170. Сварное пролетное строение:  
1 — вертикальный лист; 2 — ребро жесткости; 3 — ребро жесткости; 4 — горизонтальный лист переменной толщины; 5 — горизонтальный лист постоянной толщины; 6 — прокладка

из двутавров делают одноярусными, больших пролетов — двухъярусными.

В одноярусном пакете под каждую рельсовую нить укладываются от одного до трех двутавров, соединяемых

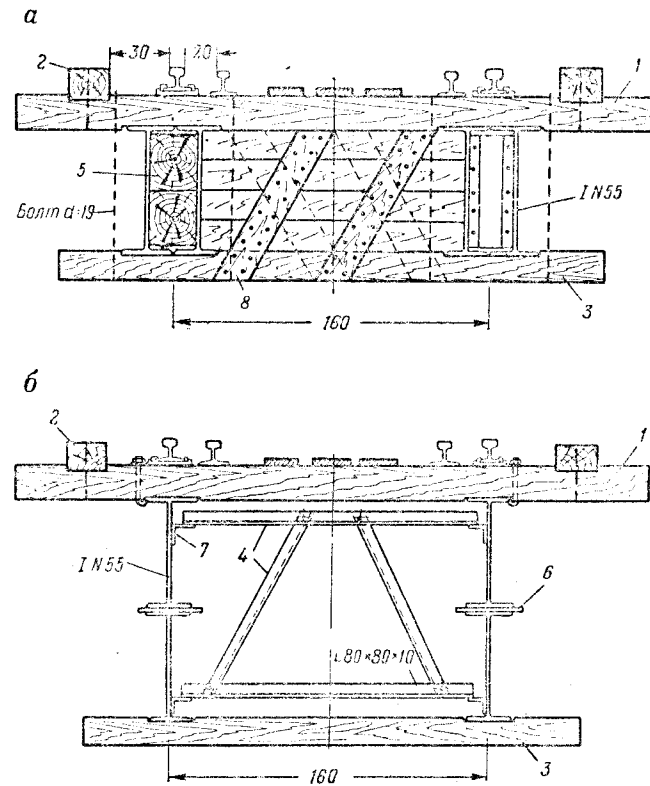


Рис. 171. Пакетное пролетное строение из двутавров:

а — одноярусный пакет; б — двухъярусный пакет; 1 — мостовой брус; 2 — охранный брус; 3 — нижний брус; 4 — уголки связи; 5 — прокладки; 6 — прокладной лист; 7 — уголовая фасонка; 8 — доски

между собой болтами и деревянными прокладками или металлическими диафрагмами. Сверху на двутавры укладывается мостовое полотно. В качестве связей между ветвями пакета служат деревянные распорки из брусков, распиленные досками на гвоздях. Для скрепления всего пакетного пролетного строения снизу через 2—3 м по длине под-

кладываются брусья, которые соединяются болтами диаметром 19 мм с мостовыми брусьями.

В двухъярусных пакетах двутавры ставятся один на другой и соединяются между собой болтами (заклепками) или электросваркой; при соединении сваркой между пол-

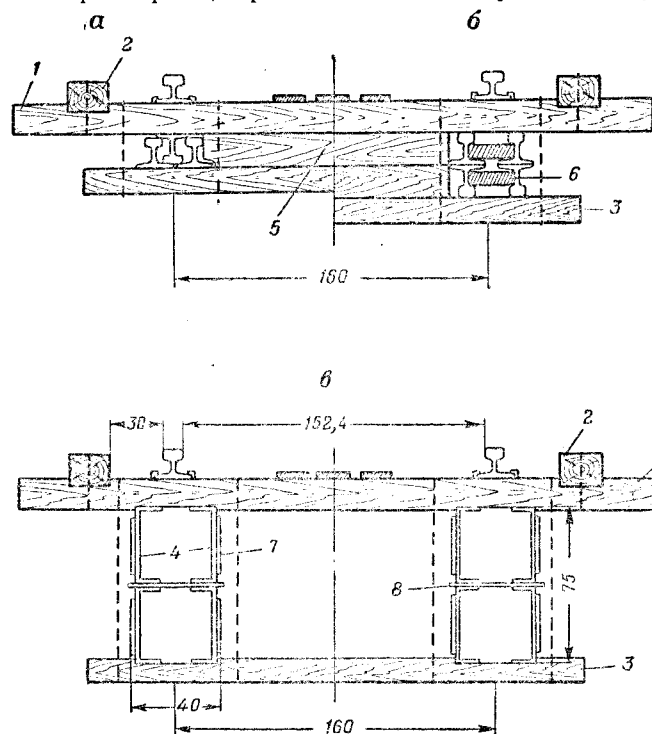


Рис. 172. Пакетные пролетные строения из рельсов и швеллеров:

а — одноярусный пакет из рельсов; б — двухъярусный пакет из рельсов; в — пакет из швеллеров; 1 — мостовой брус; 2 — охранный брус; 3 — нижний брус; 4 — швеллеры; 5 — распорка; 6 — прокладка; 7 — вертикальный лист; 8 — прокладной лист

ками двутавров укладываются металлические прокладки. Под каждую рельсовую нить устанавливается от двух до шести двутавров, соединенных по ярусам диафрагмами. Ветви пакетов соединяются между собой уголковыми или трубчатыми связями, причем последние имеют приспособления для подтягивания. Связи присоединяются к стенкам двутавров при помощи уголковых фасонки. Мостовые

брусья прикрепляются к двутаврам лапчатыми болтами. Нижние брусья устанавливаются только на опорах.

Для краткосрочного восстановления мостов применяются более простые пакетные пролетные строения, изготовляемые из рельсов, швеллеров (рис. 172) и т. д. Рельсовый пакет может быть одно- или двухъярусным. Одноярусный пакет, применяемый для перекрытия пролетов до 4,8 м, состоит из нескольких рельсов (не больше семи под рельсовую нитку), уложенных поочередно головками вверх и вниз. Между ветвями пакета устанавливаются деревянные распорки. Пролетное строение стягивается болтами, проходящими через мостовой и нижний брусья.

В двухъярусном рельсовом пакете рельсы свариваются между собой подошвами, что увеличивает несущую способность пакета. Этими пакетами перекрывают пролеты до 7 м.

Пакетные пролетные строения из швеллеров применяются реже, так как изготовление их более сложно. Каждая ветвь пакета состоит из нескольких швеллеров, расположенных в два яруса. Между ярусами укладываются металлические прокладки, к которым привариваются полки швеллеров. Для усиления швеллеров часто к стенкам их приваривают вертикальные металлические листы. В остальной конструкции пакета не отличается от изготовляемого из двутавров. По такой же примерно схеме изготавливаются пакеты из элементов разрушенных пролетных строений (поясов, раскосов).

### Пролетные строения со сквозными фермами

Пролетные строения со сквозными фермами применяются для перекрытия больших пролетов. По своей конструкции они могут быть балочными, арочными или висячими. На железных дорогах наибольшее применение находят балочные пролетные строения.

Пролетное строение состоит из двух главных ферм, проезжей части, продольных и поперечных связей, мостового полотна и опорных частей (рис. 173).

Главные фермы являются основной частью пролетного строения. Они воспринимают нагрузку от проезжей части и передают ее на опоры. Фермы состоят из отдельных элементов, соединенных между собой в определенных точках, называемых узлами. Элементы, соединяющие верхние узлы фермы, называются верхним поясом, а

соединяющие нижние узлы — нижним поясом. Элементы, соединяющие узлы верхнего и нижнего поясов, называются решеткой главной фермы. К ним относятся раскосы, подвески и стойки. Раскосами называются наклонные, а стойками и подвесками — вертикальные элементы, соединяющие верхние и нижние узлы. Раскосы в свою очередь разделяются на восходящие и нисходящие. Раскос, верхняя точка которого находится ближе к середине, чем нижняя, называется восходящим, а раскос, у которого верхняя точка дальше от середины, чем нижняя, — нисходящим.

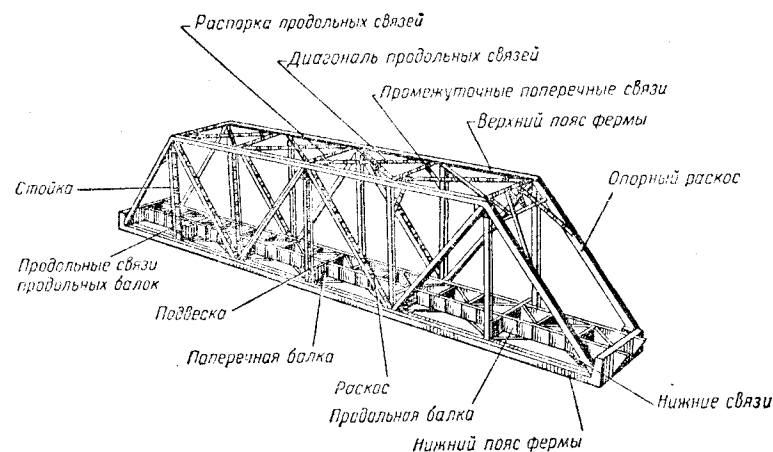


Рис. 173. Пролетное строение со сквозными фермами

Под действием собственного веса пролетного строения и подвижного состава в элементах главной фермы возникают определенные усилия. Верхние пояса испытывают сжимающие усилия, нижние — растягивающие. Наибольшего значения усилия достигают в середине пролета, наименьшего — у опоры; поэтому сечения средних элементов поясов более мощные, чем крайних. Раскосы в зависимости от положения нагрузки испытывают или сжимающие, или растягивающие усилия. В восходящих раскосах большего значения достигают сжимающие усилия, в нисходящих — растягивающие. Подвески испытывают растягивающие усилия, стойки в пролетных строениях с ездой поверху — сжимающие. В пролетных строениях с ездой понизу стойки служат только для поддержания верхних поясов и уменьшения их свободной длины.

Основными величинами, характеризующими главные фермы, являются: расчетный пролет, определенное ранее; полная длина; высота; длина панели. Полной длиной называется расстояние между крайними точками главной фермы; полная длина обычно на 1—1,5 м больше расчетного пролета. Высотой главной фермы на-

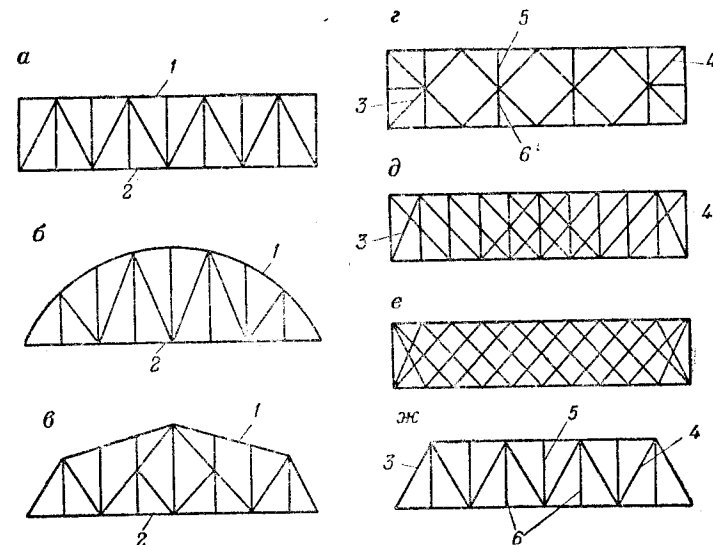


Рис. 174. Очертания поясов и типы решетки пролетных строений: *a* — с параллельными поясами; *б* — с параболическим верхним поясом; *в* — с полигональным верхним поясом; *г* — ромбическая решетка; *д* — многораскосная решетка; *е* — многорешетчатая решетка; *ж* — треугольная решетка; *1* — верхний пояс; *2* — нижний пояс; *3* — восходящий раскос; *4* — нисходящий раскос; *5* — стойка; *6* — подвеска

зывается расстояние между осями верхнего и нижнего поясов. Чем больше расчетный пролет, тем высота ферм делается больше. Так, пролетное строение пролетом 33,6 м имеет высоту 5 м, пролетом 158,4 м — высоту 25 м. Расстояние между соседними узлами фермы носит название длины панели. В типовых пролетных строениях длина панели изменяется в пределах от 3,36 до 11 м.

Главные фермы различаются по очертанию поясов и по типу решетки (рис. 174). По очертанию поясов фермы бывают с параллельными поясами, параболическими (полу-параболическими) и полигональными. Фермой с параллельными поясами называется такая, у которой расстояние между верхним и нижним поясом во всех точках оди-

наково. Параболической называется ферма, один пояс которой очерчен по кривой (параболе); если такой пояс заканчивается на опорах стойками, то ферма называется полупараболической. Полигональной называется ферма, узлы одного из поясов которой расположены на разных расстояниях от другого пояса, причем элементы первого пояса имеют прямолинейное очертание. В современных мостах в пролетах до 110 м применяются исключительно фермы с параллельными поясами, так как они наиболее просты в изготовлении. Фермы с полигональными поясами применяются в пролетных строениях с пролетами более 110 м, а также в старых мостах. Фермы с параболическим очертанием поясов очень сложны в изготовлении, поэтому в настоящее время они совершенно не применяются, а встречаются только в мостах постройки до 1930 г.

По типу решетки главные фермы разделяются на решетчатые (многорешетчатые), раскосные (много-раскосные), ромбические и треугольные. Решетки первых двух типов применялись в начале строительства металлических мостов и в настоящее время встречаются только на очень старых мостах. Недостатками их являются: сложность сборки, большое количество мелких деталей и большой собственный вес. Чаще всего в современных мостах применяются фермы с треугольной и ромбической решетками.

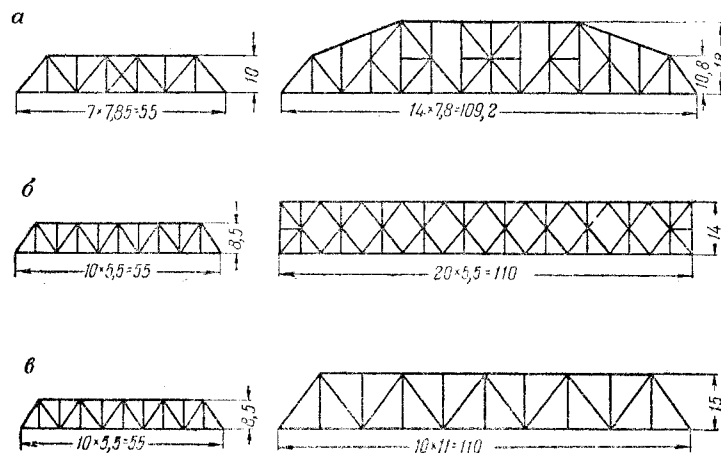


Рис. 175. Типовые пролетные строения:

а — типовые 1931—1934 гг.; б — Проектстальконструкции; в — унифицированные

На железных дорогах Союза ССР с тридцатых годов применяются только типовые пролетные строения. В существующих мостах наиболее часто встречаются типовые пролетные строения 1931—1934 гг., пролетные строения типа Проектстальконструкции (ПСК) и унифицированные пролетные строения, принятые с 1956 г. Министерством путей сообщения в качестве типовых (рис. 175).

Основные размеры этих пролетных строений приведены в табл. 17.

Таблица 17

Типовые пролетные строения

Проектирования 1931—1934 гг.				Проектстальконструкции				Унифицированные			
пролет, м	высота, м	количество панелей	длина панели, м	пролет, м	высота, м	количество панелей	длина панели, м	пролет, м	высота, м	количество панелей	длина панели, м
С ездой понизу											
33,6	8	6	5,6	33	8,5	6	5,5	33	8,5	6	5,5
45	9	6	7,5	44	8,5	8	5,5	44	8,5	8	5,5
55	10	7	7,85	55	8,5	10	5,5	55	8,5	10	5,5
66	12	8	8,25	66	8,5	12	5,5	66	11,25	8	8,25
76,8	13	9	8,533	77	14	14	5,5	77	11,25	10	5,5—8,25
87,6	13	10	8,76	88	14	16	5,5	88	15	8	11
98,4	16,5	12	8,2	99	14	18	5,5	—	—	—	—
109,2	18	14	7,8	110	14	20	5,5	110	15	10	11
127,0	20	14	9,071	—	—	—	—	—	—	—	—
144,8	23	16	9,05	—	—	—	—	—	—	—	—
158,4	25	16	9,9	—	—	—	—	—	—	—	—
С ездой поверху											
27	4	8	3,375	—	—	—	—	—	—	—	—
33,6	5	10	3,36	—	—	—	—	—	—	—	—
45	6	10	4,5	44	8,5	8	5,5	—	—	—	—
55	7,6	10	5,5	55	8,5	10	5,5	—	—	—	—
66	9,6	10	6,6	66	8,5	12	5,5	—	—	—	—

Поперечные сечения элементов главных ферм (рис. 176) имеют различный вид в зависимости от назначения элемента (пояса, раскосы стойки и т. д.), нагрузки на него и типа пролетного строения.

Пояса ферм современных пролетных строений могут иметь коробчатое сечение с уголками, повернутыми выступающими полками наружу или внутрь, и П-образное

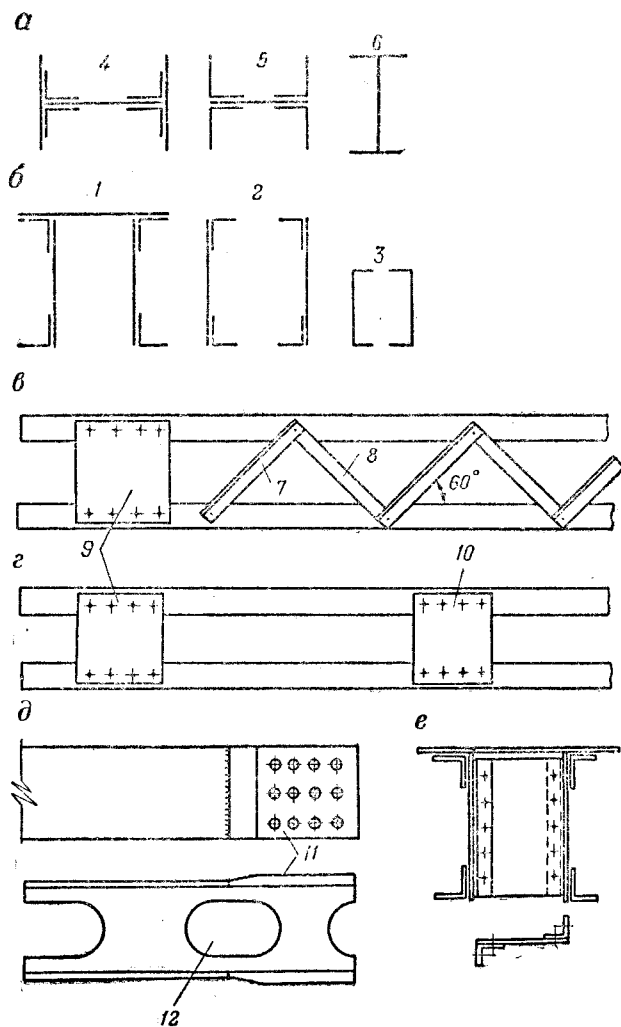


Рис. 176. Элементы пролетных строений:

а — Н-образное сечение элементов; б — коробчатое сечение элементов; в — соединительная решетка; г — соединительные планки; д — усиление конца элемента; е — диафрагма в ветвях элементов коробчатого сечения; 1 — сечение поясов; 2 — сечение поясов и раскосов; 3 — сечение стоек; 4 — сечение поясов; 5 — сечение стоек, поясов и раскосов; 6 — сечение клепа-сварных элементов; 7 и 8 — элементы соединительной решетки; 9 — концевые планки; 10 — промежуточные планки; 11 — компенсатор; 12 — овальное отверстие

сечение. Опыт изготовления пролетных строений на заводах и сборки их на строительстве показывает, что для пролетов до 55 м выгоднее применять Н-образное сечение, а при больших пролетах — коробчатое.

Раскосы ферм имеют Н-образное или коробчатое сечение с уголками, повернутыми выступающими полками внутрь. Подвески и стойки в пролетных строениях обычно имеют двутавровое сечение, за исключением пролетных строений 1931—1934 гг., в которых стойки сделаны коробчатого сечения из швеллеров.

Для того чтобы сжатые элементы коробчатого сечения имели достаточную жесткость и обе ветви их работали под нагрузкой совместно, в них устраивается из угловой стали и полосового металла соединительная решетка: в элементах поясов — крестовая, в раскосах — треугольная. В растянутых элементах вместо решетки устанавливаются соединительные планки. На концах всех элементов коробчатого сечения ставятся концевые планки.

Для предохранения ветвей коробчатого сечения от перекоса и смещения, кроме соединительной решетки, в них устанавливаются диафрагмы, состоящие из двух уголков и вертикального листа. В сжатых элементах диафрагмы ставятся на концах и через 3—4 м по длине; в растянутых элементах — у концов и в местах строповки элементов при сборке.

Соединение элементов главной фермы в узлах осуществляется различными способами: с непосредственным прикреплением сходящихся элементов, на фасонных вставках и на фасонных накладках. В современных конструкциях применяются только узлы на фасонных накладках, как наиболее выгодные и удобные при сборке и изготовлении. Размеры и форма фасонки определяются количеством элементов, сходящихся в узле, и количеством заклепок, необходимых для их прикрепления. Толщина фасонки берется равной 12—16 мм.

Узлы разделяются на опорные и промежуточные и на основные и дополнительные. Узлы, под которыми находятся опорные части, называются опорными (рис. 177), все остальные — промежуточными. Если в промежуточном узле сходятся пояса, раскосы и подвеска (стойка), то он называется основным (рис. 178), если только пояса и подвеска (стойка) или раскосы и подвеска — дополнительным.

Элементы поясов могут стыковаться в самом узле (рис. 179) или на некотором расстоянии от него (рис. 178).



Главные фермы сварных пролетных строений могут быть цельносварными или клепано-сварными. В клепано-сварных фермах все элементы делаются сварными, а в уз-

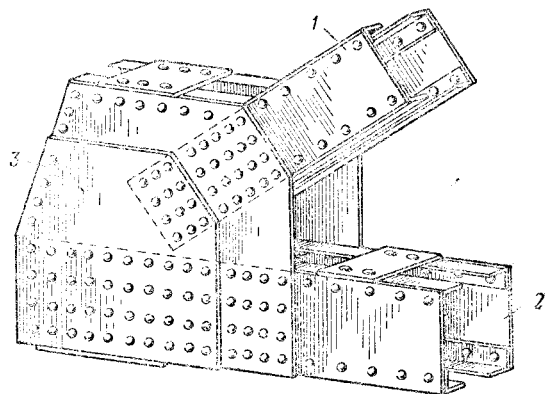


Рис. 177. Опорный узел унифицированного пролетного строения:

1 — раскос; 2 — пояс; 3 — фасонная накладка

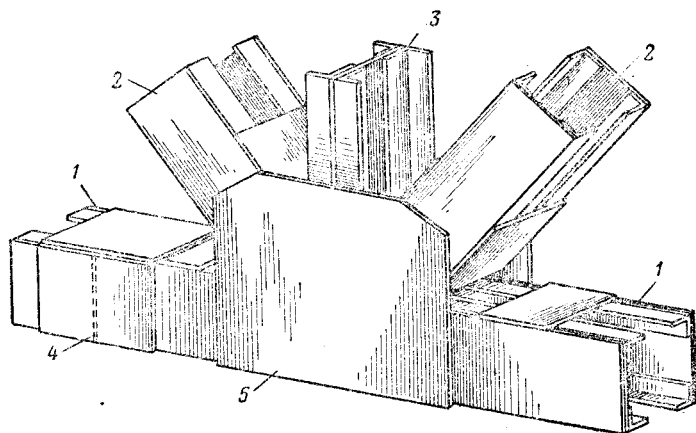


Рис. 178. Основной промежуточный узел пролетного строения проектирования 1931—1934 гг.:

1 — пояс; 2 — раскос; 3 — стойка; 4 — стык поясов; 5 — фасонная накладка

лах эти элементы соединяются заклепками. Поперечное сечение элементов клепано-сварных ферм может быть Н-образным или коробчатым. На концах элементов ставят вертикальные листы большей толщины, чем в середине, за

счет приварки дополнительного листа — компенсатора (рис. 176) для того, чтобы усилить сечение, ослабленное в узле заклепочными отверстиями. Нижние горизонтальные листы элементов коробчатого сечения и соединительные листы элементов Н-образного сечения имеют овальные отверстия, служащие для стока воды и облегчения окраски внутренней части коробки. В остальном клепано-сварные фермы незначительно отличаются от клепаных. Примене-

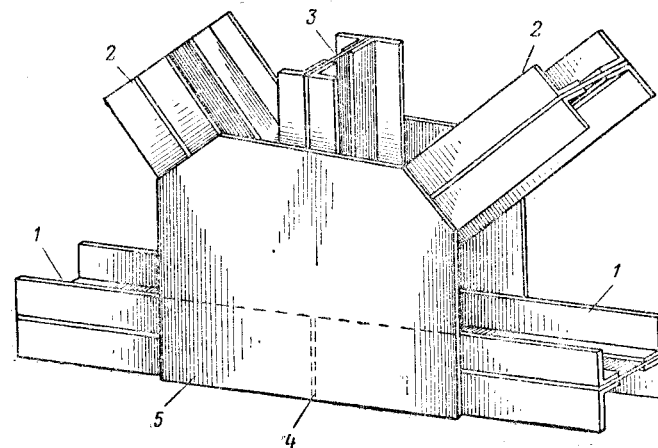


Рис. 179. Основной промежуточный узел пролетного строения Проектальконструкции:

1 — пояс; 2 — раскос; 3 — стойка; 4 — стык поясов; 5 — фасонная накладка

ние клепано-сварных пролетных строений ограничено, так как по сравнению с клепаными экономия веса составляет всего 13—14%, а изготовление их значительно усложняется.

Цельносварные пролетные строения представлены в настоящее время только в виде опытных образцов. На рис. 180 приведен общий вид фермы пролетом 66 м, сечение элементов и один из узлов опытного сварного пролетного строения. Ферма имеет параллельные пояса и треугольную решетку без стоек и подвесок. Нижний пояс ее выполнен в виде жесткой двутавровой балки высотой 2 м; остальные элементы имеют двутавровое сечение обычных размеров. В стыках все элементы фермы соединяются встык на фасонных вставках. Стенки раскосов привариваются встык к фасонной вставке, а полки их — к специальным ребрам, расположенным на фасонке, чем улучшается работа узла и уменьшается неравномерность в

передаче усилия. Такое пролетное строение имеет ряд преимуществ перед клепаным: уменьшение веса на 27%, простота конструкции, малое количество мелких частей.

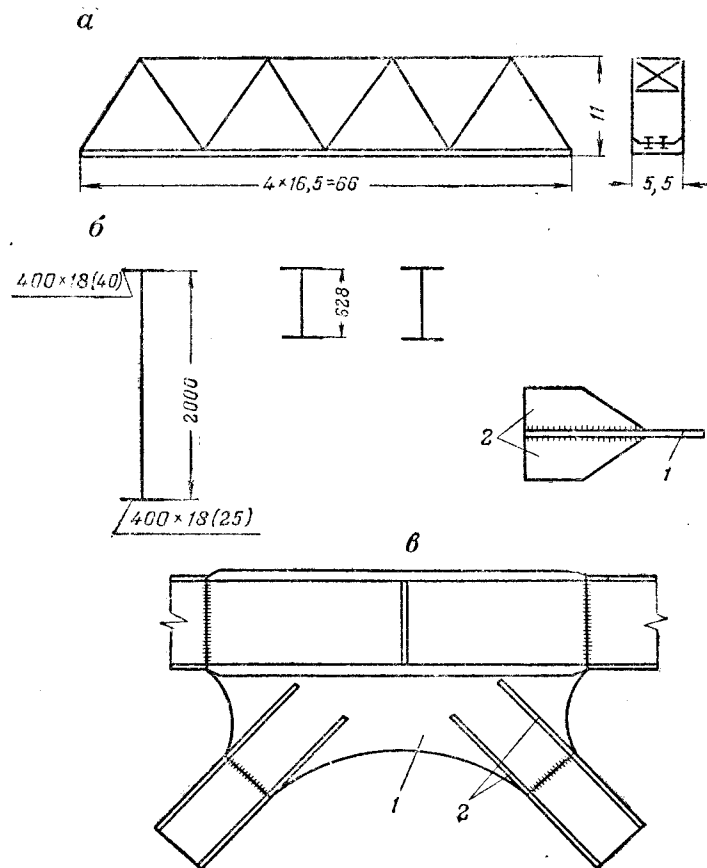


Рис. 180. Сварное пролетное строение:

а — общий вид; б — сечение элементов; в — узел; 1 — фасонка; 2 — ребра

Проезжая часть. Проезжая часть служит для поддержания мостового полотна и передачи нагрузки от подвижного состава на главные фермы. Она состоит из продольных и поперечных балок и связей между продольными балками. Поперечные балки ставятся в узлах и соединяют обе главные фермы. К ним прикрепляются секции продольных балок, которые располагаются вдоль пролет-

ного строения. Под каждый железнодорожный путь на мосту ставятся по две продольные балки на расстоянии 2 м одна от другой. Пролет продольных балок равен длине панели главной фермы; пролет поперечной балки приблизительно равен ширине пролетного строения.

Балки проезжей части имеют двутавровое сечение и по своей конструкции мало отличаются от главных балок пролетных строений со сплошной стенкой. Продольные балки обычно состоят из вертикального листа, поясных уголков и верхнего горизонтального листа; нижние поясные уголки берутся большего профиля, чем верхние. В некоторых конструкциях продольные балки имеют верхний и нижний горизонтальные листы или вообще их не имеют.

Поперечные балки выполнены из вертикального и горизонтальных листов и поясных уголков. Концевые поперечные балки называются домкратными. На стенке их, в местах постановки домкратов, устанавливается по четыре уголка жесткости, нижние концы которых приторцовываются к полкам поясных уголков.

В пролетных строениях с ездой понизу продольные балки прикрепляются к поперечным при помощи уголовых и плоских накладок (рис. 181). Вертикальный лист

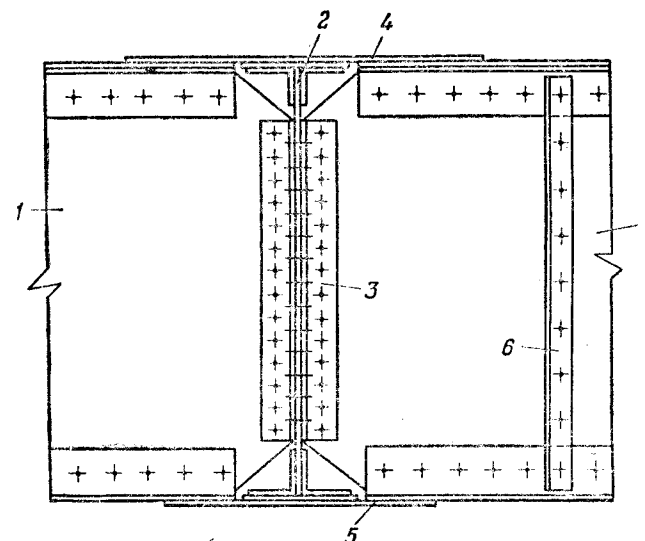


Рис. 181. Прикрепление продольной балки:

1 — продольная балка; 2 — поперечная балка; 3 — прикрепляющие уголки; 4 и 5 — верхняя и нижняя накладки; 6 — уголок жесткости

продольной балки сверху и снизу обрезается для пропуска полок уголков поперечной балки. В некоторых пролетных строениях под прикрепляющие уголки устанавливаются прокладки толщиной, равной толщине полок уголков поперечной балки. В этом случае угольковые фасонки имеют большую длину и располагаются по всей высоте балки между выступающими полками поясных уголков. Такое прикрепление более надежно, и при нем отпадает необходимость срезать углы вертикального листа продольной балки. Однако при сборке пролетного строения с подобным прикреплением возникают дополнительные трудности.

В пролетных строениях с ездой поверху продольные балки устанавливаются на поперечные и прикрепляются к ним болтами. Такое сопряжение балок носит название этажного.

В пролетных строениях с ездой понизу поперечные балки прикрепляются к главным фермам при помощи двух уголков и консольного листа (рис. 182). Выступающие

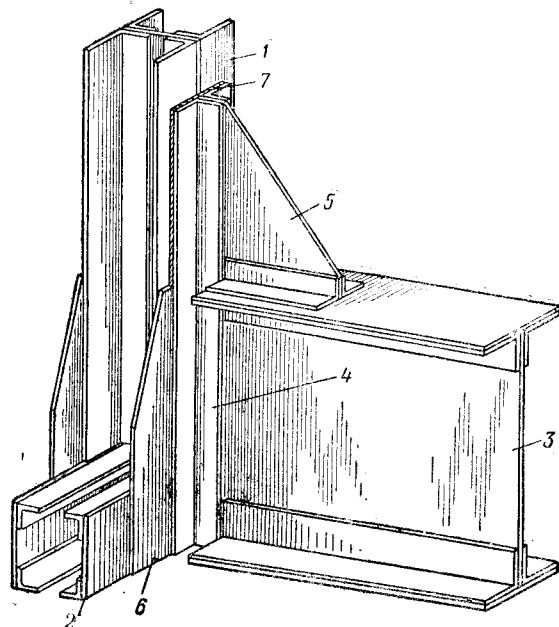


Рис. 182. Прикрепление поперечной балки:

1 — подвеска; 2 — пояс; 3 — поперечная балка; 4 — прикрепляющие уголки; 5 — консольный лист; 6 — узловая фасонка; 7 — прокладка

полки уголков обжимают вертикальный лист поперечной балки, а другие полки их прикрепляются к узловой фасонке и подвеске (стойке). Между подвеской (стойкой) и уголками прикрепления устанавливается прокладка толщиной, равной толщине узловой фасонки. Для увеличения жесткости прикрепления устанавливается консольный лист, который присоединяется вертикальной кромкой к уголкам прикрепления, а горизонтальной — к поясу балки.

В пролетных строениях с ездой поверху поперечные балки устанавливаются на пояса ферм или прикрепляются так же, как в пролетных строениях с ездой понизу, но консольный лист ставится ниже балки.

Продольные балки имеют поперечные и продольные связи, сходные по конструкции со связями пролетных строений со сплошными стенками (см. рис. 167). Продольные связи устанавливаются в плоскости верхнего пояса балок и выполняются из угловой стали сечением не менее  $80 \times 80 \times 10$  мм. Связи прикрепляются к балкам фасонками.

Если продольные балки не имеют верхнего горизонтального листа, между поясным уголком и фасонкой ставится прокладка толщиной 10—20 мм. Это делается для того, чтобы мостовые бруссы после прирубки не касались связей. Поперечные связи устанавливаются в местах расположения распорок продольных связей. Они выполняются полураскосной или крестовой системы из угловой стали сечением  $80 \times 80 \times 10$  мм. Элементы связей прикрепляются фасонками к уголкам жесткости балки.

Продольные и поперечные балки клепано-сварных и цельносварных пролетных строений состоят из вертикального и двух горизонтальных листов. В цельносварных пролетных строениях стенки и нижние горизонтальные листы продольных балок привариваются к стенке поперечной балки (рис. 183). Верхние горизонтальные листы соединяются с горизонтальным листом поперечной балки при помощи клиновидной или двух трапециевидных вставок. В местах присоединения поперечных балок к главной ферме к балкам привариваются фасонные листы. Внутренняя кромка фасонного листа очерчивается по плавной кривой и окаймляется горизонтальным листом. Стенка балки приваривается к поясу, верхний горизонтальный лист — к окаймляющему листу фасонки, а нижний лист — к горизонтальному листу пояса.

Связи между главными фермами. Пролетные строения со сквозными главными фермами имеют про-

дольные и поперечные связи. Продольные связи (рис. 184) устанавливаются в плоскости поясов и служат для восприятия давления ветра и горизонтальных ударов колес подвижного состава. В большинстве пролетных строений приме-

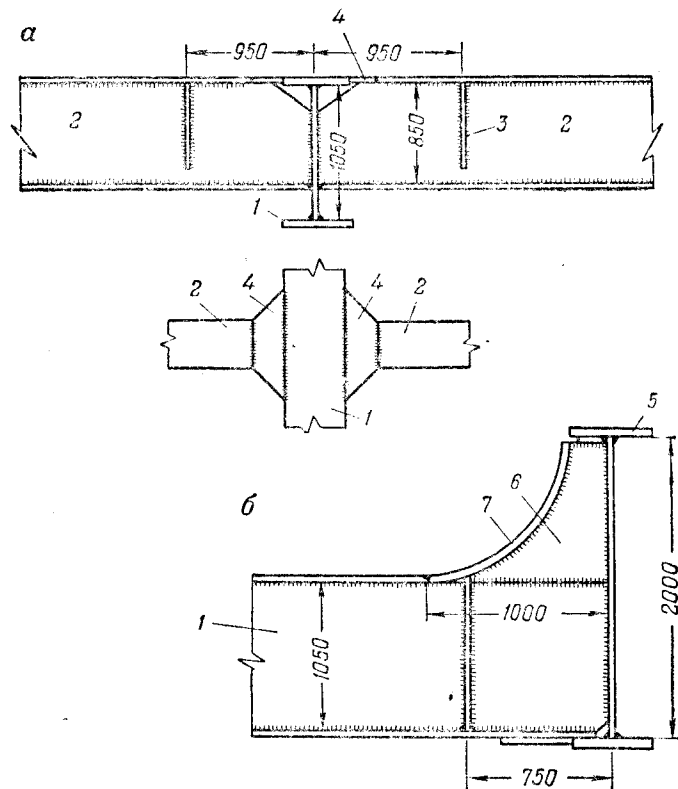


Рис. 183. Сварная проезжая часть:

*а* — прикрепление продольной балки; *б* — прикрепление поперечной балки; *1* — поперечная балка; *2* — продольная балка; *3* — ребро жесткости; *4* — трапециевидная вставка; *5* — нижний пояс фермы; *6* — консольный лист; *7* — окаймляющий лист

няется крестовая система связей, реже — ромбическая, полураскосная и крестовая с дополнительными распорками.

Расстояние между узлами элементов связей (длина панели связей) обычно равно длине панели главных ферм; при длине панели главных ферм 8—11 м расстояние меж-

ду узлами связей берется в два раза меньше. Верхние связи при езде понизу состоят из распорок и диагоналей, нижние — только из диагоналей, так как роль распорок

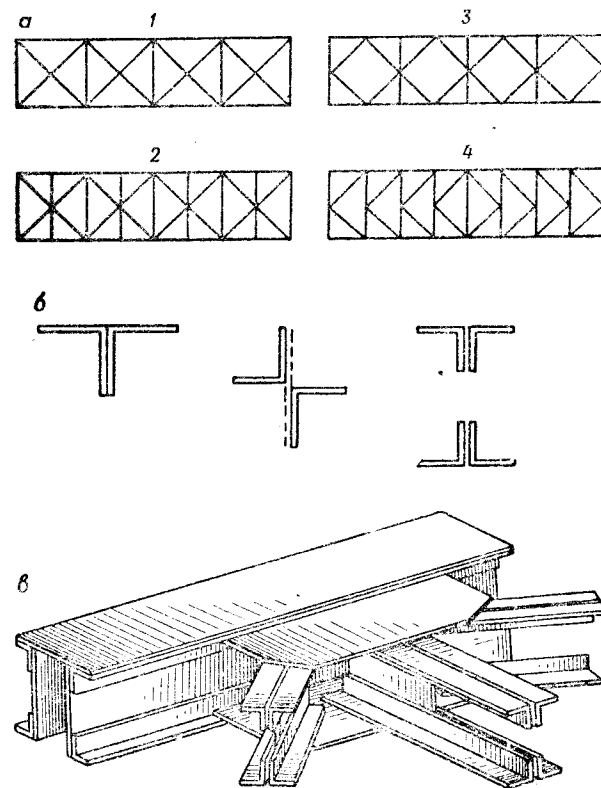


Рис. 184. Продольные связи:

*а* — схемы связей; *б* — сечения связей; *в* — узел связей; *1* — крестовая; *2* — крестовая с дополнительными стойками; *3* — ромбическая; *4* — полураскосная

выполняют поперечные балки. Элементы нижних связей обычно состоят из двух уголков. Верхние связи имеют двутавровое сечение высотой, равной высоте верхнего пояса главных ферм, и выполняются из четырех уголков. При Н-образном сечении поясов главных ферм верхние связи делаются из двух уголков. Распорки и диагонали прикрепляются к поясам главных ферм посредством фасонки,

а диагонали нижних связей, кроме того, часто соединяются с продольными балками.

Поперечные связи разделяются на опорные и промежуточные. Опорные поперечные связи, называемые порталом, устанавливаются на концах пролетного строения в

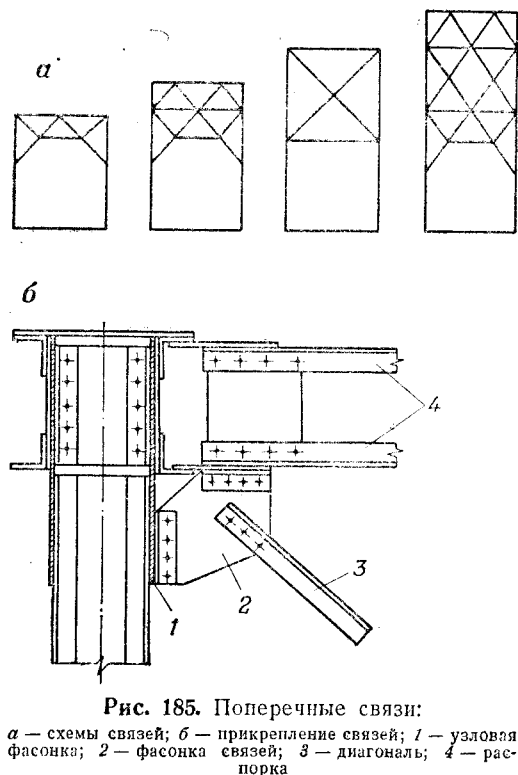


Рис. 185. Поперечные связи:

а — схемы связей; б — прикрепление связей; 1 — узловая фанонка; 2 — фанонка связей; 3 — диагональ; 4 — распорка

плоскости опорных раскосов или стоек. Портал служит для передачи ветрового усилия с верхних продольных связей на опоры. Верхняя часть портала носит название ригеля. Промежуточные поперечные связи выполняются той или иной системы в зависимости от высоты пролетного строения и устанавливаются в плоскости каждой подвески и стойки. Роль верхней распорки поперечных связей выполняется распорками продольных связей. Системы поперечных связей и прикрепление элементов связей показаны на рис. 185.

В пролетных строениях, в которых нижние продольные связи не соединены с нижними поясами продольных балок, устраиваются тормозные связи. Они служат для передачи на главные фермы усилия, которое возникает при торможении поезда на мосту.

Устройство мостового полотна описано в главе 4.

### Опорные части

Опорные части служат для передачи давления от главных ферм на опоры. Они разделяются на подвижные и неподвижные; каждое пролетное строение имеет на одном конце неподвижные, а на другом подвижные опорные части. Подвижные опорные части позволяют концам пролетного строения поворачиваться и перемещаться вдоль оси моста, неподвижные — только поворачиваться. Необходимость в подвижных частях объясняется тем, что при изменении температуры и при проходе поездов пояса главных ферм изменяют свою длину (удлиняются или укорачиваются). Если бы на обоих концах ферм находились неподвижные опорные части, то при изменении длины главные фермы испытывали бы дополнительное усилие, снижающее несущую способность пролетного строения.

Раньше существовало много различных типов опорных частей, но с 1955 г. были введены унифицированные опорные части трех типов, два из которых применяются для металлических пролетных строений (рис. 186).

Опорные части первого типа (рис. 186, а) применяются при пролетах от 23 до 55 м. Неподвижная опорная часть этого типа состоит из верхнего и нижнего балансиров и шарнира. Верхний балансир имеет закраины, которые не дают возможности поясу ферм сдвинуться в поперечном направлении. Балансир прикрепляется к главной ферме четырьмя болтами. Шарниры изготавливаются из кованой стали марки Ст. 5 и имеют форму цилиндра. На концах шарнира имеются реборды, препятствующие смещению верхнего балансира относительно нижнего. Нижний балансир прикрепляется к опорам анкерами-болтами, концы которых заделаны в кладку опоры.

Подвижная опорная часть, называемая секторной, состоит из верхнего балансира, шарнира, сектора и опорной плиты. Верхний балансир и шарнир имеют то же устройство, что и неподвижная опорная часть. Передвижение конца главных ферм осуществляется поворотом сек-

тора вокруг шарнира. Для предохранения от перекосов и поперечного смещения сектор имеет посередине поперечный паз, в который входит гребень опорной плиты. На торцах сектора для предупреждения проскальзывания его

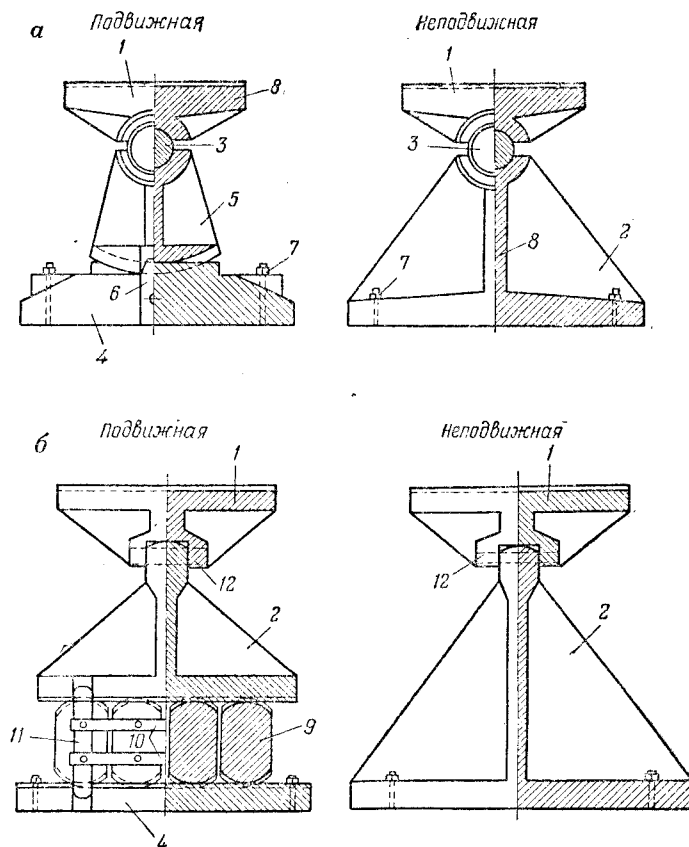


Рис. 186. Опорные части:

а — первого типа; б — второго типа; 1 — верхний балансир; 2 — нижний балансир; 3 — шарнир; 4 — опорная плита; 5 — сектор; 6 — зубчатая планка; 7 — анкерные болты; 8 — ребра жесткости; 9 — катки; 10 — продольные планки; 11 — противоугольные планки; 12 — шпонка

при ударах имеются еще пазы, куда входят зубчатые планки.

Опорные части второго типа (рис. 186, б) применяются при пролетах от 55 до 110 м. Неподвижная опорная часть

этого типа отличается от описанной выше только большими размерами и отсутствием шарнира. Поворот пролетного строения обеспечивается полукруглой формой верхней части нижнего балансира. Для предупреждения поперечного смещения верхнего балансира служит шпонка, поставленная в выточки полукруглой головки нижнего балансира и в верхнем балансире.

Подвижная опорная часть, называемая катковой, состоит из балансиров, катков и опорной плиты. Катки имеют форму цилиндров, срезанных с боков. Для предупреждения сдвига катки соединены по торцам противоугольными планками, зубья которых входят в пазы балансира и опорной плиты. Между собой катки соединены продольными планками, которые обеспечивают сохранение постоянного расстояния между ними.

Все опорные части снабжаются футлярами, которые служат для предохранения их от засорения. Для удобства осмотра опорных частей футляры имеют открывающиеся фартуки.

### Облегченные пролетные строения

Для временного восстановления мостов в годы Великой Отечественной войны широко применялись так называемые облегченные пролетные строения. Главное их отличие от обычных пролетных строений заключается в том, что они рассчитывались на более легкую нагрузку при повышенных допустимых напряжениях на металл, в результате чего получалась более простая конструкция с меньшим собственным весом. Существуют различные облегченные пролетные строения, из которых наибольшее применение находят конструкции типов Мостового бюро, Проект-стальконструкции и ГУВВР (рис. 187). Все облегченные пролетные строения с ездой поверху.

Пролетные строения типа Мостового бюро имеют пролеты от 18,2 до 33,0 м. Высота их изменяется в пределах от 2 м (при пролете 18,2 м) до 3,7 м (при пролете 33,0 м). По своему весу они приблизительно на 35% легче типовых. Пролетные строения состоят из двух главных ферм, связей, мостового полотна и опорных частей. Мостовое полотно укладывается непосредственно на верхние пояса главных ферм. Ширина пролетных строений равна 1,8—2,0 м.

Главные фермы имеют параллельные пояса и треугольную решетку без подвесок. Пояса выполняются из двутав-

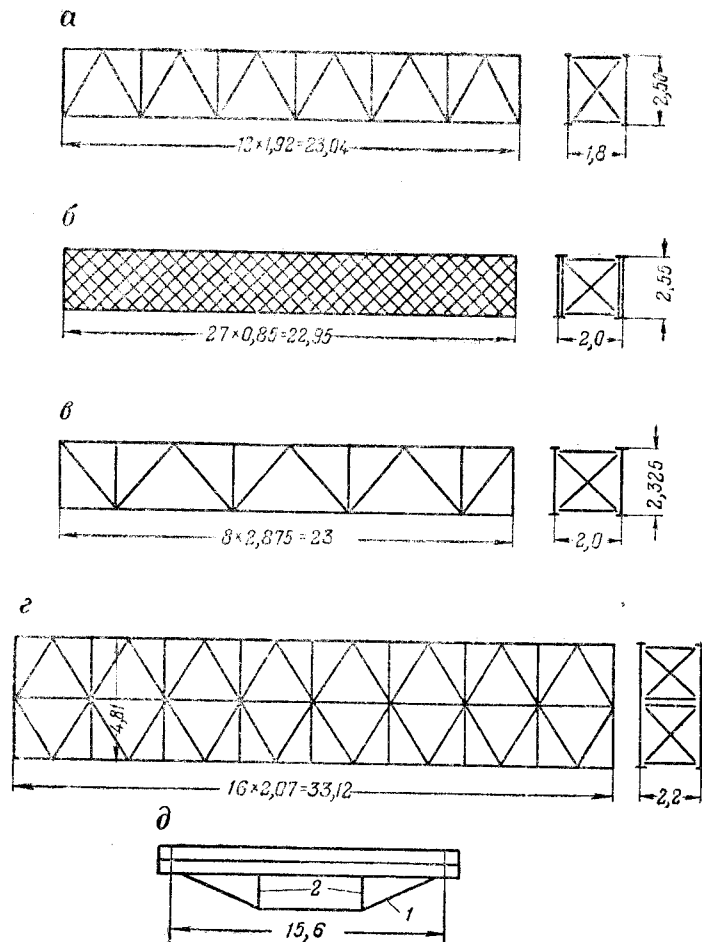


Рис. 187. Облегченные пролетные строения:  
а — типа Мостового бюро; б — типа ГУВБР; в — типа Проектальконструкции; г — двухблочное типа Мостового бюро; д — шпренгельное; 1 — пояс шпренгеля; 2 — стойки шпренгеля

ров № 55, усиленных в середине пролета угловой сталью сечения  $120 \times 80 \times 12$  мм. Раскосы состоят из двух уголков сечением  $130 \times 130 \times 14$  мм, а стойки — из двух уголков сечением  $80 \times 80 \times 8$  мм (рис. 188). Элементы решетчатой конструкции крепятся к поясам при помощи фасонки из двутавров с одной обрезанной полкой. В плоскостях верхне-

го и нижнего поясов установлены продольные связи треугольной системы. Диагонали и распорки связей выполнены из угловой стали. В плоскости каждой стойки устанавливаются поперечные связи крестовой системы.

Кроме одноблочных пролетных строений типа Мостового бюро, имеется и двухблочное расчетным пролетом 33,12 м и высотой 4,81 м (рис. 187, г). Основным преимуществом его является возможность транспортировки по железной дороге на обычных платформах. Это пролетное строение также не имеет проезжей части; мостовое полотно укладывается на верхние пояса главных ферм. В собранном виде главные фермы имеют ромбическую решетку со средним дополнительным поясом, который служит только для соединения блоков между собой. Верхний и нижний основные пояса изготавливаются из двутавров № 55, дополнительные пояса каждого блока — из двух уголков сечением  $150 \times 100 \times 12$  мм. Восходящие раскосы имеют двутавровое сечение, составленное из четырех уголков, а нисходящие раскосы и стойки выполняются из

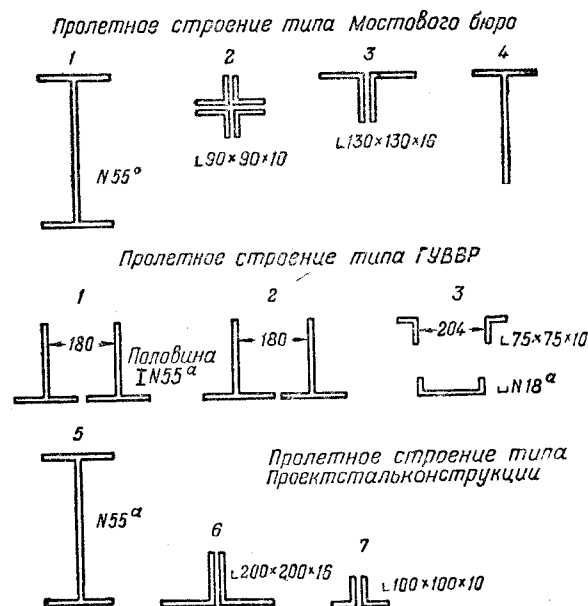


Рис. 188. Сечения элементов облегченных строений:  
1 — пояс; 2 — опорная стойка; 3 — раскосы; 4 — фасонка; 5 — верхний пояс; 6 — нижний пояс; 7 — стойка

двух уголков. Элементы решетки прикрепляются к основным поясам при помощи фасонки из двутавров № 55 со срезанной полкой. Средний узел выполняется на плоской фасонке, расположенной между ветвями дополнительного пояса, раскосов и стоек. Продольные связи треугольной системы располагаются в плоскости поясов каждого блока. Поперечные крестовые связи имеются отдельно в каждом блоке.

Разработанные Управлением мостов ГУВВР многорешетчатые пролетные строения (рис. 187, б) предназначены для перекрытия пролетов от 17,85 до 27,2 м. Главные фермы их имеют двухстенчатые пояса, выполненные из разрезанного вдоль на две половины двутавра № 55 (рис. 188). Пролетное строение имеет две системы раскосов: одна система располагается между стенками поясов, а другая — снаружи их. Раскосы, расположенные между стенками поясов, сделаны из швеллеров № 18, а наружные — из угловой стали сечением  $75 \times 75 \times 10$  мм. Элементы решетки прикрепляются непосредственно к двутаврам поясов без фасонки. Продольные связи треугольной системы располагаются в плоскостях верхнего и нижнего поясов; поперечные крестовые связи устанавливаются на концах пролетного строения и в середине пролета. Все элементы связей, кроме нижней опорной распорки, изготавливаются из угловой стали. Нижняя опорная распорка, служащая одновременно домкратной балкой, изготавливается из швеллера.

Пролетные строения типа Проектстальконструкции (рис. 187, в) предназначены для перекрытия пролетов от 22,97 до 27 м. Главные фермы могут быть многорешетчатые (при пролете 22,97 м) или треугольной системы (при пролетах 23,0 и 27,0 м). Многорешетчатые пролетные строения незначительно отличаются от разработанных ГУВВР. Конструкции пролетных строений с треугольной решеткой также мало отличаются от пролетных строений Мостового бюро. Различие заключается только в том, что нижние пояса их выполнены из угловой стали сечением  $200 \times 200 \times 16$  мм, а тавровые фасонки заменены плоскими (рис. 188).

Наиболее простым является облегченное шпренгельное пролетное строение (рис. 187, д). Такие пролетные строения применялись при временном восстановлении для перекрытия пролетов от 9,5 до 18,2 м. Шпренгельное пролетное строение состоит из балок (два двутавра № 55), шпренгеля, связей и мостового полотна. Шпренгель в свою оче-

редь состоит из пояса и двух стоек, выполненных из угловой стали сечением  $100 \times 100 \times 10$  мм. Нижний пояс шпренгеля прикрепляется непосредственно к стенкам двутавров, для чего в полках их имеются вырезы. Стойки шпренгеля соединяются с балками и поясами при помощи тавровых фасонки. Продольные связи устанавливаются в плоскостях верхнего двутавра и нижнего пояса шпренгеля. Поперечные связи имеются на опорах и в плоскости стоек шпренгеля. Основным преимуществом шпренгельных пролетных строений является их меньший вес по сравнению с облегченными пролетными строениями других типов (примерно на 10%). Однако по ряду причин применение их ограничено.

При восстановлении мостов применяются также облегченные пролетные строения, выполненные из двутавров, швеллеров, рельсов и др. По своей конструкции они очень разнообразны. Как пример можно привести пролетное строение из рельсов. Главные фермы его треугольной системы выполнены из рельсов (верхний пояс — из трех, нижний — из двух, решетка — из одного). Связи между главными фермами сделаны из угловой стали.

При временном восстановлении мостов могут применяться также пролетные строения, собранные из элементов универсальных конструкций (УИК-М). Такие пролетные строения, с ездой поверху, рассчитаны для перекрытия пролета до 22 м и состоят из главных ферм, связей, проезжей части, мостового полотна и опорных частей (рис. 189).

Главные фермы имеют параллельные пояса и треугольную решетку. Каждая ферма состоит из двух плоскостей, соединенных между собой. Пояса, раскосы и стойки имеют поперечные сечения, показанные на рис. 189, б. Верхние горизонтальные связи треугольной системы, а нижние состоят только из распорок. Поперечные связи крестовой системы, собираются из угловой стали.

Проезжая часть состоит из продольных и поперечных балок и связей между ними. Поперечная балка выполнена из двух швеллеров № 22а длиной 5,05 м. Она устанавливается на верхние пояса главных ферм в узлах и присоединяется к ним болтами. Продольные балки представляют собой двутавр № 30, устанавливаемый на поперечные балки. Каждая продольная балка состоит из трех частей. Стыки сделаны примерно в третях пролета главных ферм, выполнены на весу и перекрыты накладками.



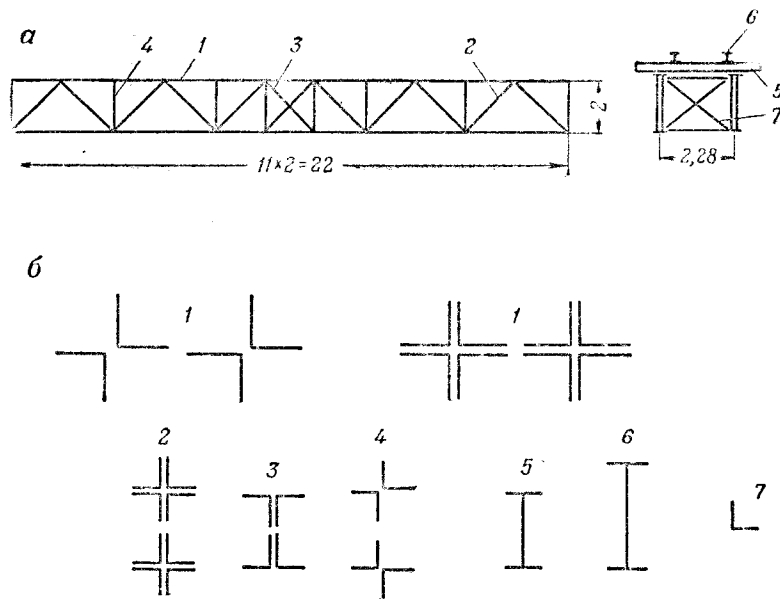


Рис. 189. Пролетное строение из элементов УИК-М:  
а — схема; б — сечения элементов: 1 — пояса; 2 и 3 — раскосы; 4 — стойка; 5 — поперечная балка; 6 — продольная балка; 7 — связь

Продольные балки связаны между собой распорками из швеллеров № 22а.

Мостовое полотно обычное, но тротуары укладываются на концы поперечных балок.

Общий вес пролетного строения без опорных частей равен примерно 35,5 т.

Подобные пролетные строения могут применяться при восстановлении мостов на широком фронте, особенно когда невозможна доставка пролетных строений на место по грунту.

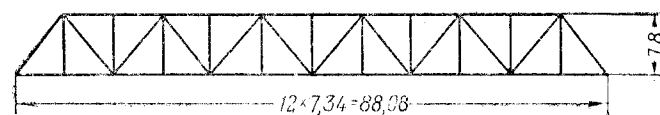
### Разборные пролетные строения

Одним из специальных типов пролетных строений являются разборные пролетные строения. Они применяются главным образом при временном восстановлении мостов через широкие и глубокие реки, овраги и ущелья. Главное преимущество разборных пролетных строений — возможность быстрой их сборки, а также разборки после того, как

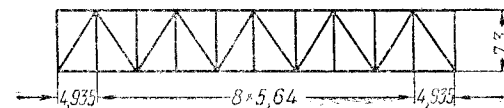
надобность в них минует. Основное отличие их от обычных пролетных строений заключается в конструкции соединения отдельных элементов, которые выполнены не на заклепках, а при помощи одного или нескольких болтов.

Одним из первых разборных пролетных строений было пролетное строение типа РБ-30 (образца 1930 г.), рассчитанное на перекрытие пролетов от 33,03 до 88,08 м (рис. 190). Главные фермы высотой 7,8 м имеют параллельные пояса и треугольную решетку. Для плавного изменения длины пролетного строения применяются панели различной длины: основная длиной 7,34 м и укороченная длиной 5,505 м. Комбинирование основных и укороченных панелей позволяет перекрывать различные пролеты от наименьшего до самого большого.

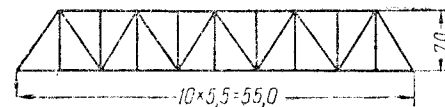
РБ-30



СРМ-31



КМ-43



КМ-43

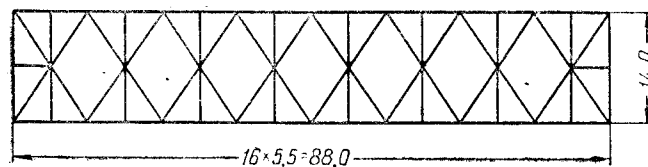


Рис. 190. Разборные пролетные строения

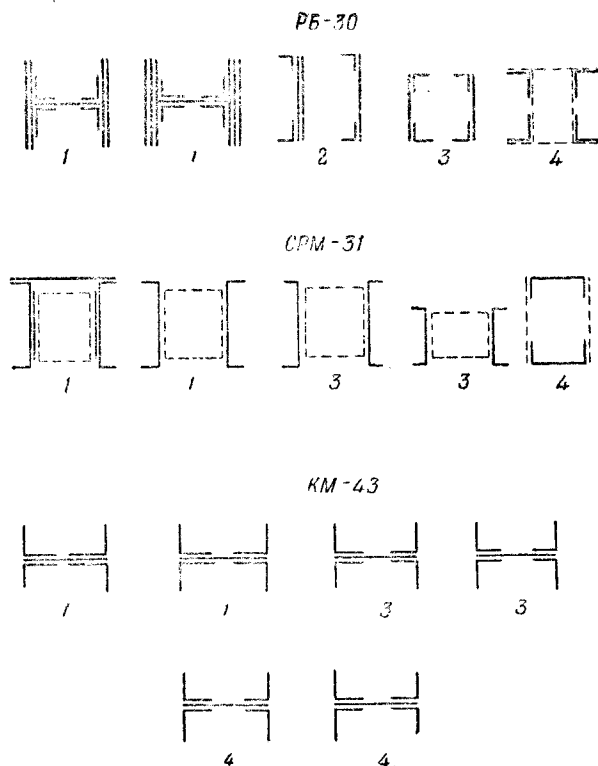


Рис. 191. Сечения элементов разборных пролетных строений:

1 — пояса; 2 — приставные швеллеры; 3 — раскосы; 4 — стойки

Пояса главных ферм имеют Н-образное сечение и состоят из сердечников и приставных швеллеров (рис. 191). При перекрытии пролетов до 44 м пояса состоят только из одних сердечников; для больших пролетов элементы поясов составляются из сердечников и приставных швеллеров. Это позволяет уменьшить количество различных типов элементов, так как для перекрытия всех пролетов достаточно иметь два типа сердечников и два типа приставных швеллеров. Раскосы применяются Н-образного или коробчатого сечения с уголками, повернутыми внутрь. Стойки и подвески состоят из четырех уголков сечением  $75 \times 75 \times 10$  мм.

Узлы пролетного строения осуществляются на фасон-

ных накладках. Каждый элемент фермы прикрепляется к фасонке при помощи одного болта (шарнира) диаметром 140 или 175 мм (рис. 192). В узлах элементы фермы усиливаются дополнительными листами. Стойки или подвески прикрепляются к узловым фасонкам при помощи 16 болтов диаметром 22 мм.

Поперечные балки имеют двутавровое сечение и выполнены из вертикального листа сечением  $1300 \times 10$  мм, четырех поясных уголков сечением  $120 \times 120 \times 10$  мм и двух горизонтальных листов сечением  $280 \times 10$  мм. Поперечные балки прикрепляются к узлам фермы болтами диаметром 55 мм. Продольные балки для основной панели состоят из вертикального листа, уголков и горизонтального листа. Продольные балки укороченных панелей горизонтальных листов не имеют. Продольные балки прикрепляются к поперечным при помощи специального опорного столика. Продольные и поперечные связи пролетного строения имеют обычную форму и выполняются из швеллеров.

Пролетное строение СРМ-31 (средний разборный мост образца 1931 г.) рассчитано на перекрытие пролетов до 54,99 м (рис. 190). Главные фермы высотой 7,3 м имеют параллельные пояса и треугольную решетку. Элементы главных ферм коробчатого сечения и выполняются из

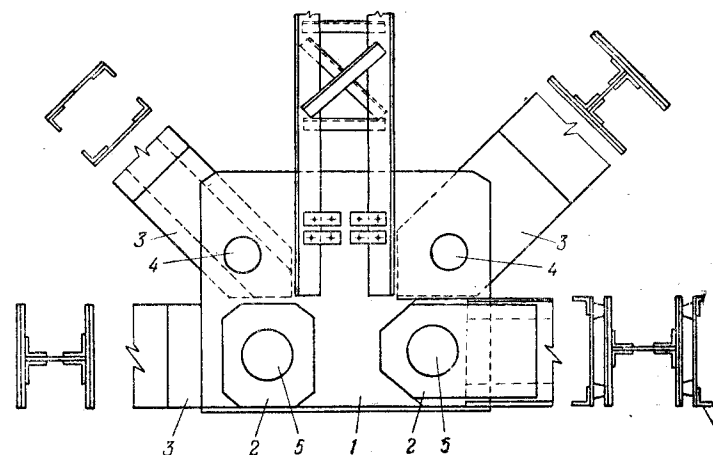


Рис. 192. Узел разборного пролетного строения:

1 — фасонка; 2 — накладка; 3 — прокладка; 4 — болт диаметром 140 мм; 5 — болт диаметром 175 мм; 6 — приставный швеллер

швеллеров № 24 и 30, усиленных дополнительными вертикальными и горизонтальными листами (рис. 191). Стойки и подвески сделаны из швеллеров без дополнительных листов. Всего имеется восемь типов различных элементов: поясов — четыре типа, раскосов — три, стоек и подвесок — один тип. Узлы ферм выполнены одноболтовыми; диаметр болтов — 130 и 150 мм. Балки проезжей части отличаются от применяемых в РБ-30 только размерами и отсутствием горизонтальных листов. Продольные связи сделаны из труб диаметром 114 мм; они прикрепляются к главным фермам при помощи ниппелей.

Разборные пролетные строения КМ-43 имеют много общего с обычными типа Проектстальконструкции. Они могут применяться как при езде понизу, так и при езде поверху. Существует два вида пролетных строений: одноярусные и двухъярусные (рис. 190). Одноярусные пролетные строения рассчитаны на перекрытие пролетов до 55 м, двухъярусные — от 66 до 88 м. Решетка одноярусных пролетных строений треугольная, двухъярусных — ромбическая.

Высота главных ферм каждого яруса равна 7 м.

Все элементы главных ферм Н-образного сечения, из четырех уголков и соединительного горизонтального листа (рис. 191). Типов элементов имеется 11: поясов — пять типов, раскосов — четыре, стоек — два типа. Узлы главных ферм многоболтовые, на болтах диаметром 25 мм. Наибольшее количество болтов для прикрепления одного элемента равно 112, наименьшее — 24. Продольные связи главной фермы имеют ромбическую систему и выполнены из парных уголков сечением  $150 \times 100 \times 10$  мм. Поперечные связи в одноярусных пролетных строениях состоят из распорки (швеллер № 20) и двух уголкового подкосов. В двухъярусных пролетных строениях имеются крестовые поперечные связи.

Продольные балки выполнены из двутавров № 55, к которым приварены горизонтальные листы. Поперечные балки имеют обычную конструкцию. Продольные балки устанавливаются на поперечные и прикрепляются к ним болтами. Поперечные балки прикрепляются к узлам главных ферм при помощи опорного столика, двух уголков и консольного листа.

Кроме разборных пролетных строений со сквозными главными фермами, существуют также разборные пролетные строения со сплошными балками. Они состоят из отдельных блоков, соединяемых на месте сборки болтами.

Главные балки их могут быть прокатными, клепаными или сварными. По своей конструкции они не отличаются от обычных пролетных строений со сплошными балками. Такие пролетные строения могут применяться лишь при восстановлении моста на широком фронте, так как при восстановлении с головы более выгодно использовать цельноперевозимые пролетные строения, устанавливаемые на опоры консольными краями.

Наиболее выгодно применение пролетных строений, собираемых из широкополочных сварных балок. Из этих балок можно изготовить инвентарные пролетные строения для перекрытия пролетов от 11 до 23 м и пакетные пролетные строения такой же величины. Стыки выполняются при помощи высокопрочных болтов. Сварные балки выполнены из вертикального листа ( $960 \times 12$  мм) и пары горизонтальных листов ( $400 \times 25$  или  $400 \times 40$  мм). Балки могут изготавливаться на месте работ или на специальном строительном дворе. Конструкция пакетных пролетных строений из сварных балок аналогична конструкции пакетного пролетного строения из обычных или широкополочных двутавров. Связи между балками могут быть как металлическими, из угловой стали, так и деревянными, из брусьев и досок. В качестве связей можно применять элементы разборных пролетных строений. Вес балки (3—8 т) позволяет транспортировать ее по грунту на автомобиле с прицепом.

### Металлические опоры

Как уже указывалось, в капитальных мостах металлические опоры применяются сравнительно редко, главным образом в путепроводах или высоких виадуках. Значительно шире они применяются при временном и краткосрочном восстановлении мостов. Основным преимуществом металлических опор является быстрота их сооружения, так как на строительной площадке ведется только сборка, а недостатками — сравнительно высокая стоимость и большой расход металла.

В путепроводах металлические опоры применяются при небольших расстояниях между осями перекрываемых железнодорожных путей. Они представляют собой отдельные колонны, соединенные поперечными связями. Колонны изготавливаются из угловой стали или из труб. Основанием колонн служат бетонные, железобетонные или каменные

фундаменты. Концы колонн могут соединяться с пролетным строением и фундаментом жестко или шарнирно. В первом случае колонна прикрепляется болтами к пролетному строению и фундаменту. При шарнирном соединении на концах колонн ставятся балансиры, имеющие форму полушара, вследствие чего опора имеет возможность поворачиваться вдоль путепровода. Такая опора называется качающейся.

Металлические опоры виадуков состоят из нескольких стоек коробчатого, Н-образного или двутаврового сечения, соединенных между собой продольными и поперечными горизонтальными и диагональными связями.

При временном и краткосрочном восстановлении мостов применяются опоры из инвентарных конструкций и опоры, изготавливаемые на месте. Наиболее выгодны опоры из инвентарных конструкций, так как их можно использовать несколько раз, быстро собирать и разбирать. Инвентарные опоры разделяются на две группы: опоры, собираемые из элементов металлических подмостей, и сборные опоры специального назначения.

Одним из типов опор, собираемых из элементов подмостей, является опора, сооружаемая из инвентарных конструкций для мостовых работ УИК-М. Из элементов этих конструкций можно собрать опоры высотой до 30,2 м для пролетных строений пролетом от 18,2 до 109,5 м (рис. 193, а). Опора состоит из четырех вертикальных ферм многограсскосной системы, установленных поперек оси моста. Фермы соединены между собой продольными связями ромбической системы. Все элементы опоры выполнены из угловой стали сечением  $120 \times 120 \times 10$ ,  $100 \times 75 \times 10$  и  $75 \times 75 \times 8$  мм. Стойки (пояса ферм) составлены из отдельных частей длиной 2 или 4 м. Стыкование отдельных частей стоек осуществляется при помощи уголковых накладок. На концах стоек устанавливаются короткие элементы длиной 1 м, к которым присоединены опорные столики. Связи прикрепляются к стойкам при помощи фасонки на болтах диаметром 27 и 22 мм.

Основанием опоры может служить свайный ростверк, остатки капитальных опор, ряжи и т. д. На основание укладываются два яруса двутавров, на которые опираются стойки опоры. На опорные столики верх опоры укладываются также два яруса двутавров. На верхний ярус их устанавливаются опорные части пролетных строений.

Другим типом являются опоры, собираемые из инвен-

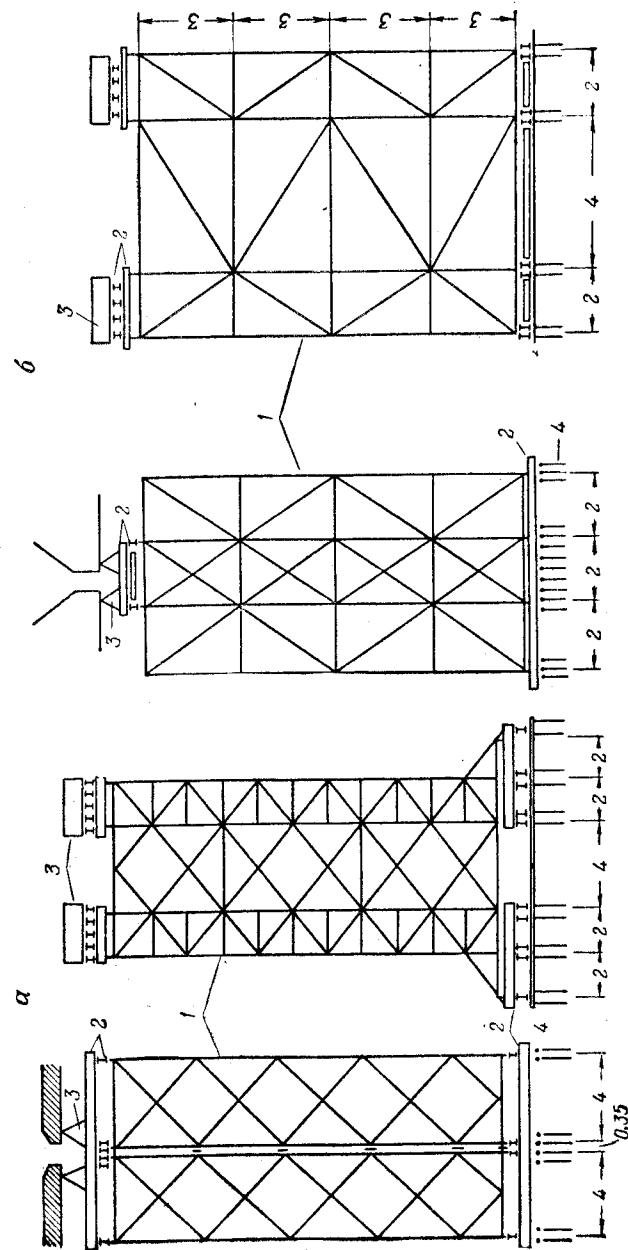


Рис. 193. Опоры, собираемые из металлических подмостей:

а — опора из элементов УИК-М; б — опора из элементов подмостей Главмостостроя; 1 — стойки; 2 — двутавры; 3 — опорные части; 4 — сваи

тарных подмостей Главмостостроя (рис. 193, б). Такие опоры рассчитаны для пролетных строений до 77 м и могут иметь высоту 18 м. Опоры состоят из отдельных стоек, соединенных между собой продольными и поперечными связями. Все элементы выполнены из угловой стали. Средние стойки имеют крестовое сечение, составленное из четырех уголков; крайние стойки сделаны из одного уголка. К стойкам привариваются фасонки, служащие для крепления продольных и поперечных связей. Соединение

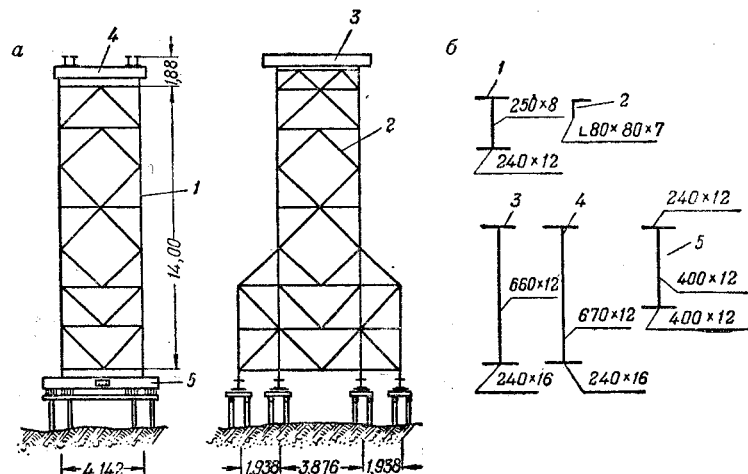


Рис. 194. Сборная опора УЖВ-Лентрансмостпроект:  
а — общий вид; б — сечения элементов; 1 — стойка; 2 — связи; 3 и 4 — балки оголовка;  
5 — балки ростверка

элементов осуществляется на болтах. Опора устанавливается на двутавровые балки; сверху на опору укладываются два яруса балок, на которые устанавливаются опорные части пролетного строения.

К сборным опорам специального назначения относятся опоры типа УЖВ-Лентрансмостпроект, предназначенные для временных мостов. На рис. 194 показаны общий вид опоры для пролетного строения расчетным пролетом 23 м и сечения ее элементов. Опора состоит из отдельных стоек, связанных между собой продольными и поперечными связями. Элементы стоек сварные, двутаврового сечения; длина элементов 3 м. К торцам их приварены металлические фланцы, имеющие по четыре отверстия для болтов,

при помощи которых производится стыкование элементов между собой. Связи выполнены из угловой стали сечением  $80 \times 80 \times 7$  мм и прикрепляются при помощи фасонки. Все соединения элементов осуществляются на болтах.

Стойки опираются на двутавровые сварные балки, располагаемые на свайном основании. Для удобства опирания и уменьшения напряжения в деревянных опорных брусках нижний горизонтальный лист этой балки сделан почти в два раза шире верхнего. Оголовок состоит из двух ярусов сварных двутавровых балок, на которые устанавливаются опорные части. Парные балки соединяются между собой диафрагмами. Элементы, из которых собираются опоры, имеют сравнительно небольшой вес. Так, стойка длиной 3 м весит 206 кг, балка верхнего оголовка длиной 4,5 м весит 723 кг и т. д.

Металлические опоры, изготавливаемые на месте работ, могут применяться как при временном, так и при краткосрочном восстановлении мостов. Их конструкции чрезвычайно разнообразны и зависят от высоты, размеров пролетных строений и имеющегося материала. В период Великой Отечественной войны в качестве материала для опор употреблялись рельсы, трубы, двутавры, швеллеры и т. д. Наиболее удачной является конструкция опоры из труб большого размера. Такая опора состоит из четырех стоек, выполненных из одной — двух труб каждая. Стойки соединяются между собой продольными и поперечными связями из угловой стали. Связи прикрепляются к стойкам при помощи фасонки, приваренных к трубам. Опора состоит из отдельных секций, изготавливаемых на строительном дворе. Секции соединяются между собой монтажными стыками на фланцах.

### Металлическая эстакада

Для сооружения краткосрочных мостов может применяться специальное сборно-разборное имущество, позволяющее производить быструю сборку мостов; после сооружения временного моста краткосрочный мост, собранный из этого имущества, разбирается и конструкции его перевозятся на новое место. Одним из видов такого имущества является типовая сборно-разборная металлическая эстакада.

Эстакада (рис. 195) собирается из отдельных опор и пролетных строений. Опоры могут быть плоскими, состоя-

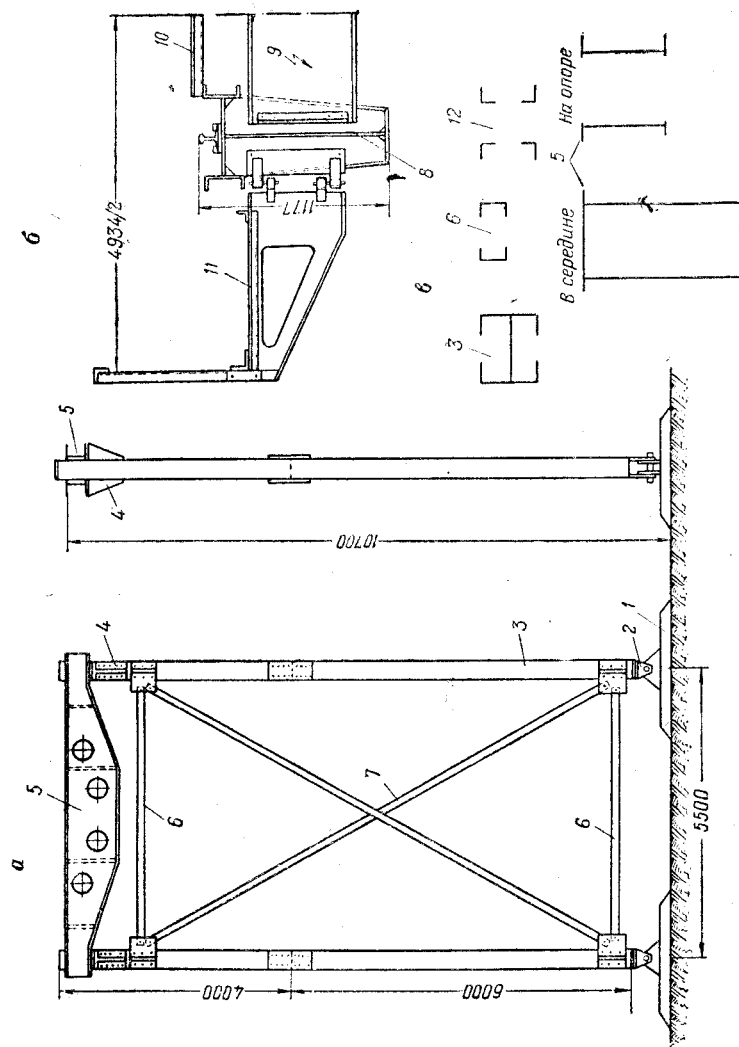


Рис. 195. Металлическая эстакада.

а — опора; б — пролетное строение; в — сечения элементов опоры; 1 — опорный башмак; 2 — пятка; 3 — стойка; 4 — кронштейн; 5 — ригель; 6 — распорка поперечных связей; 7 — диагональные связи; 8 — главная балка; 9 — диафрагма; 10 — тротуарная консоль; 11 — тротуарная консоль; 12 — распорка продольных связей

шими из одной рамы, и башенными, состоящими из двух рам, соединенных между собой продольными связями. Каждая рама опоры имеет две стойки, соединенные поперечными связями, к которым прикрепляются кронштейны, служащие для опирания ригеля. Стойки своими пятками опираются на опорные башмаки.

Стойки собираются из отдельных элементов, имеющих длину 4 и 6 м. Сочетанием элементов различной длины и изменением места прикрепления кронштейна можно получать опоры различной высоты от 3 до 12,7 м. Элементы стоек выполнены из двух швеллеров № 30, соединенных посередине горизонтальным листом. Соединение стоек производится при помощи стыковых накладок.

Продольные и поперечные связи опор состоят из жестких распорок и гибких диагоналей. Диагональные связи как продольные, так и поперечные состоят из отдельных звеньев длиной 0,4; 1 и 3 м. Звенья выполнены из полосовой стали сечением  $100 \times 12$  мм. Диагональные связи имеют специальные устройства для натяжения (тальрепы).

Ригель опоры, служащий для опирания пролетных строений, представляет собой коробчатую сварную балку высотой в средней части 900 мм. Внутри коробки имеются диафрагмы, снаружи — ребра жесткости. Для уменьшения веса ригеля в стенках его сделаны восемь выточек диаметром 400 мм. На концах ригеля горизонтальные листы имеют вырезы для прохода стоек рам.

Опорный башмак восьмигранной формы имеет наибольшие размеры  $2,92 \times 3,11$  м. Башмак с пятой стойки соединяется при помощи шарнира, закладываемого в отверстия, имеющиеся в выступающих стенках башмака и плиты. Для предохранения шарнира от поперечного смещения один конец его имеет реборду, а на другом конце ставится запорная чека из пружинистой стали.

На опоры устанавливается балочное пролетное строение длиной около 12,5 м. Оно состоит из двух главных балок, соединенных между собой верхними горизонтальными связями и диафрагмами, тротуарных консолей и опорных частей.

Главная балка имеет двутавровое сечение с верхней полкой большей ширины, чем нижняя. К краям верхнего горизонтального листа приварены швеллеры № 20. Стенка балки имеет малые и большие ребра жесткости. Верхние горизонтальные связи выполнены из угловой стали и устанавливаются только на концах пролетного строения. Тро-

туарные консоли устанавливаются на специальных упорах и могут поворачиваться вокруг вертикальной оси.

Рельсы укладываются на верхний пояс главной балки и прикрепляются к нему прижимами. Расстояние между главными балками перекрывается щитами междолейного настила.

#### Вопросы для повторения

1. Каковы положительные и отрицательные свойства металлических мостов?
2. Какие марки стали и какой сортамент металла применяются для изготовления металлических мостов?
3. Какими способами соединяются элементы металлических пролетных строений и каковы преимущества и недостатки этих способов?
4. Из каких основных частей состоит пролетное строение со сплошной стенкой? Для чего предназначены и как устроены главные балки таких пролетных строений?
5. Как стыкуются элементы главных балок пролетных строений со сплошной стенкой?
6. Для чего служат и как устраиваются связи в пролетных строениях со сплошной стенкой?
7. Для чего служат и как устроены пакетные пролетные строения?
8. Из каких основных частей состоит пролетное строение со сквозными фермами? Из каких частей состоит его главные фермы и как фермы разделяются по очертанию поясов и по типу решетки?
9. Какие поперечные сечения имеют элементы поясов, раскосов, стоек и подвесок пролетных строений?
10. Из каких частей состоит проезжая часть пролетных строений со сквозными фермами и как прикрепляются продольные и поперечные балки?
11. Для чего предназначаются и как разделяются связи между главными фермами?
12. Для чего служат подвижные и неподвижные опорные части и как они устроены?
13. Какие пролетные строения называются облегченными и для чего они предназначены?
14. Какие существуют разборные пролетные строения и чем они отличаются от обычных?
15. В каких случаях применяются металлические опоры и как устроены опоры из имущества УИК-М и опоры УЖВ-Лентрансмост-проекта?
16. Для чего применяется и как устроена сборно-разборная металлическая эстакада?

## ГЛАВА II

### ТРУБЫ, ТУННЕЛИ И ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ

#### Трубы

Как уже указывалось, трубы применяются для пропуска небольших водотоков, снеговых и ливневых вод. Они экономичнее и проще, чем мосты таких же отверстий, и поэтому широко применяются в железнодорожном строительстве.

Труба (рис. 196) состоит из средней части (тела трубы), двух оголовков и фундамента; в отдельных случаях трубы устраиваются на естественном основании, без фундаментов.

Тело трубы делится на звенья или секции. Это делается для того, чтобы предупредить повреждение ее от воздействия неравномерной нагрузки, так как часть трубы, расположенная под основной площадкой, испытывает большую нагрузку, чем части трубы, расположенные под откосами земляного полотна. Разделение трубы на звенья обеспечивает возможность разной их осадки без нарушения целостности всей трубы. В трубах, имеющих фундаменты, последние для этой цели также делают разделенными по длине на части. Места соединений звеньев труб между собой и соединений частей фундамента называются деформационными швами.

Звенья в зависимости от нагрузки на них делают нормальными или облегченными. Нормальные звенья, несущие большую нагрузку, располагаются в середине трубы; облегченные звенья, имеющие меньшую толщину по сравнению с нормальными, располагаются ближе к ее концам. В некоторых трубах, например металлических, все звенья делаются одинаковыми.

Для предохранения откосов насыпи от размыва и обеспечения более плавного входа воды в трубу и выхода из нее без водоворотов и завихрений по концам трубы сооружаются оголовки. Оголовок, через который вода входит в трубу, называется входным, а тот, из которого вода выходит, — выходным. Наиболее распространенными видами оголовков (рис. 197) являются: раструбный, имеющий откосные крылья, расположенные под острым углом к оси трубы и срезанные по высоте наклонной плоскостью; порталный, представляющий собой вертикальную массивную

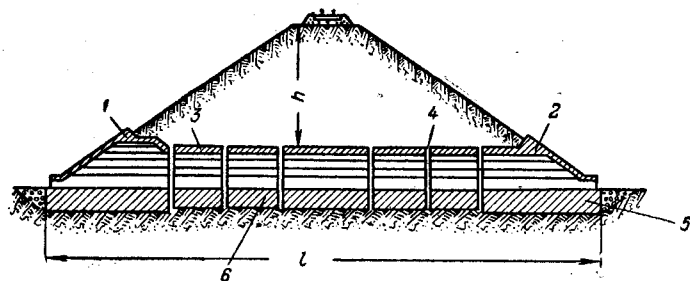


Рис. 196. Продольный разрез трубы:

1 — входной оголовок; 2 — выходной оголовок; 3 — звено трубы; 4 — деформационный шов; 5 — фундамент;  $h$  — высота насыпи над трубой;  $l$  — длина трубы

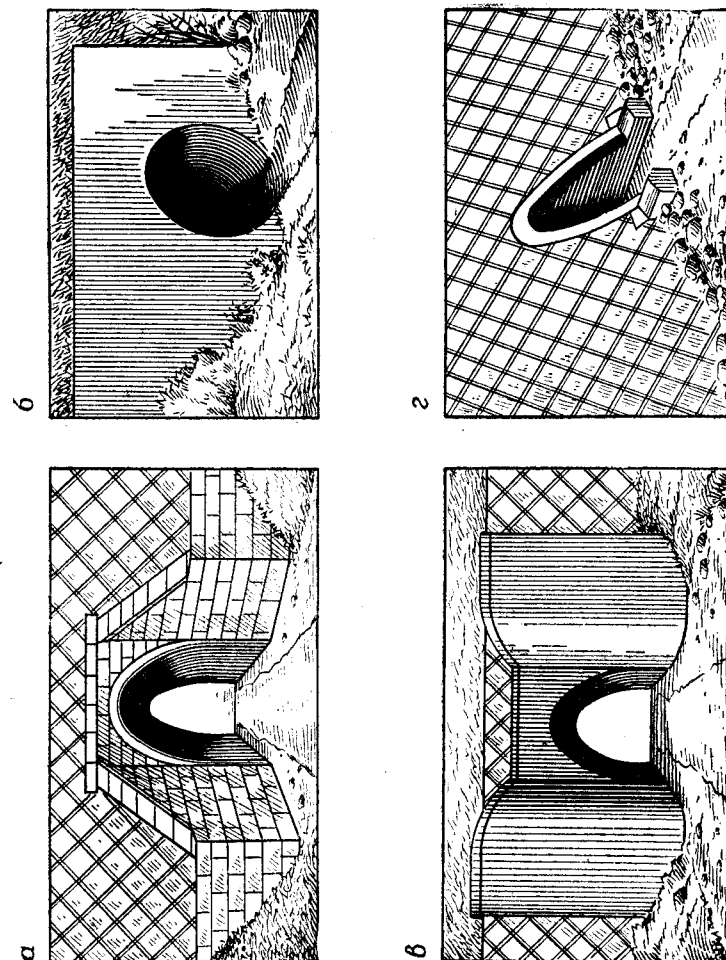
стенку, расположенную поперек оси трубы; коридорный, имеющий две параллельные стенки одинаковой высоты, оканчивающиеся закруглениями в стороны от оси трубы; воротниковый, представляющий собой концевое звено трубы, срезанное плоскостью, параллельной откосу насыпи.

Под звеньями и оголовками труб устраиваются фундаменты. Размеры фундаментов устанавливаются в зависимости от конструкции трубы и грунтов, на которых она сооружается. Звенья круглых и овоидальных труб в некоторых случаях допускается укладывать без фундаментов.

В зависимости от материала изготовления трубы бывают металлические, кирпичные, каменные, бетонные, железобетонные и деревянные.

Металлические трубы. Металлические трубы в нашей стране имели широкое распространение в конце прошлого и в начале настоящего столетия. Первоначально они изготовлялись из чугуна и лишь в дальнейшем были вытеснены более легкими трубами из волнистой стали. Чугунные трубы в настоящее время на железных дорогах

Рис. 197. Виды оголовков труб:  
а — раструбный; б — порталный; в — коридорный; г — воротниковый





СССР не сооружаются из-за большого количества потребного для них металла. Стальные трубы имеются в значительном количестве на железных дорогах в районах Средней Азии. В отношении расхода металла они более выгодны, чем чугунные, и могут применяться при скоростном строительстве и восстановлении железных дорог.

Чугунные трубы устраивались из цельнолитых круглых звеньев длиной до 2 м, имеющих внутренний диаметр 0,5—1,5 м и толщину стенок 25—30 мм. Для жесткости звенья по внешней поверхности имели кольцевые приливы

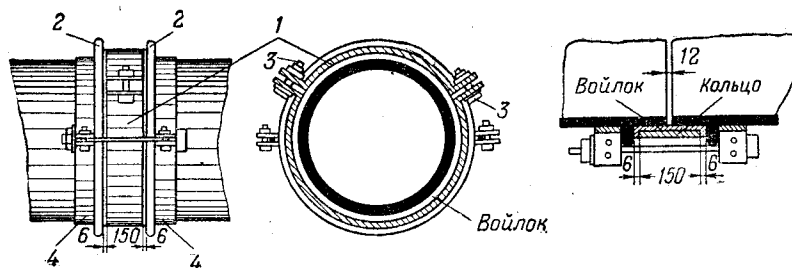


Рис. 198. Стык чугунных труб:

1 — металлическое кольцо; 2 — ребра жесткости; 3 — болты; 4 — узкое кольцо

в виде реборд. Стыкование звеньев чугунных труб производилось разными способами. Наиболее часто оно осуществлялось при помощи металлического кольца шириной 150 мм, толщиной 10—12 мм, которое помещалось между крайними ребрами двух соседних звеньев на прокладке из просмоленного войлока (рис. 198). Кольцо плотно стягивалось двумя болтами. Между звеньями трубы оставлялся зазор в 12 мм, а между железным кольцом и ребрами звеньев — зазоры по 6 мм, для того чтобы части трубы имели возможность некоторого перемещения при ее осадке. Для того чтобы воспрепятствовать раздвиганию звеньев по длине, на стыках устанавливалось по два узких кольца, расположенных с внешней от стыка стороны ребер жесткости. Кольца плотно стягивались между собой двумя болтами. Чугунные трубы укладывались на сплошной (без разрезов) каменный фундамент, а иногда на основание из уплотненного песка, щебня или гравия. Оголовки чугунных труб устраивались в виде каменной стенки, а в некоторых случаях вообще не устраивались.

Трубы из волнистой стали в отличие от чугунных более легки и просты при сооружении. Они обладают значительной прочностью и допускают осадку без образования трещин. Диаметры труб из волнистой стали 0,75—2,5 м.

Звенья труб изготавливаются из оцинкованных волнистых стальных листов толщиной 1—2 мм, сгибаемых в цилиндры и склепываемых в местах соединения. Стыки между отдельными звеньями свариваются, склепываются или прочно скрепляются специальными сжимами. Звенья труб укладываются на песчано-гравийную подушку, толщина которой зависит от грунта основания. При скальных грунтах подушка делается толщиной 40 см, супесчаных или суглинистых грунтах — толщиной 70 см с предварительным втрамбовыванием в естественное основание щебня; при средне- и крупнозернистых грунтах подушка не устраивается.

Внутренняя часть нижнего полукольца трубы из волнистой стали для образования лотка покрывается асфальтобетоном вровень с гребнями волн. Оголовки этих труб делаются порталного типа. Они могут быть металлическими, монолитными или блочными бетонными, а также сборными железобетонными.

Кирпичные, каменные, бетонные и железобетонные трубы. Каменные и кирпичные трубы имеют на наших дорогах широкое распространение, так как обладают наибольшей долговечностью, отличаются простотой конструкции, несложностью постройки и позволяют широко использовать местные материалы. С развитием цементной промышленности стали применяться бетонные, а затем и железобетонные трубы. В настоящее время кирпичные трубы в связи со сложностью заготовки применяемого для их сооружения клинкерного кирпича не строятся. Бетонные трубы также почти не применяются вследствие частого появления в них трещин от усадки бетона. Каменные трубы, для возведения которых требуется довольно длительное время, строятся в меньшем количестве. Главным образом они строятся в районах, имеющих хороший местный камень, а также при необходимости пропуска большого расхода воды, для которого существующие типовые конструкции железобетонных труб недостаточны.

Железобетонные трубы в железнодорожном строительстве в последние годы получили самое широкое распространение в результате внедрения промышленных методов их производства. Элементы этих труб изготавливаются

на стройдворах или заводах железобетонных изделий, где все работы ведутся механизированным способом. На месте сооружения трубы производится только ее сборка, что значительно увеличивает темпы строительства и уменьшает его стоимость.

Каменные и бетонные трубы. Существующие на железных дорогах каменные и бетонные трубы имеют различное очертание: с полуциркульными сводами, с пологими сводами, с крутыми сводами эллиптического и овоидального очертания, коробовое очертание и др. (рис. 199). Как видно из рисунка, в поперечном сечении трубы состоят из свода и поддерживающих его устоев, расположенных на

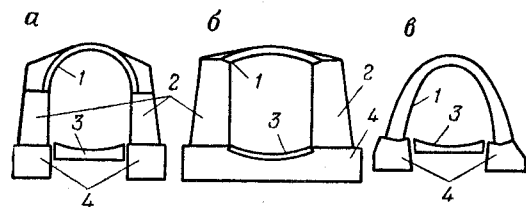


Рис. 199. Различные типы каменных и бетонных труб:

а — с полуциркульным сводом; б — с пологим сводом; в — овоидального очертания; 1 — свод; 2 — устой; 3 — лоток; 4 — фундамент

фундаменте, или только из свода, опирающегося непосредственно на фундамент. По дну трубы устраивается лоток непосредственно на фундаменте или отдельно от него. Фундаменты труб делаются раздельными под каждый устой (пята свода) или сплошными.

Многообразие применяемых типов труб не способствовало удешевлению их проектирования и строительства, поэтому были разработаны типовые проекты, по которым с 1928 г. начали сооружать каменные и бетонные трубы на наших железных дорогах. Своды труб по этим типовым проектам имели коробовое очертание и опирались на сплошные фундаменты глубиной 1,5 м. В нижней части трубы устраивался глубокий лоток, вырезанный в фундаменте.

Однако сооружение труб такого сложного очертания создавало известные трудности, особенно для каменной кладки. Наличие глубокого лотка требовало устройства подводящего и отводящего русел водотоков, что увеличивало объем работ по кладке сооружения.

В 1946 г. была разработана современная типовая конструкция каменной трубы. Трубы, построенные по этим проектам, отличались наиболее целесообразными очертаниями и большой водопропускной способностью. Отверстие в них перекрыто каменным сводом простого полуциркульного очертания (очерченного по дуге окружности) одинаковой толщины по всей длине трубы (рис. 200). Свод выложен из постелистого бутового камня. Толщина сводов для отверстий от 1 до 3 м равна 0,5 м, для отверстий от 3

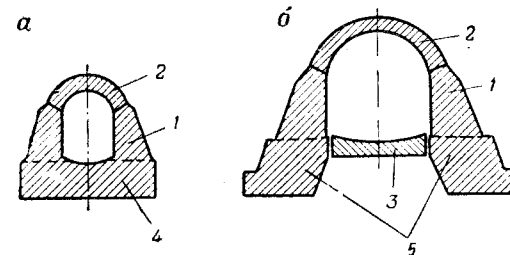


Рис. 200. Поперечные сечения типовых каменных труб:

а — отверстием до 3,0 м; б — отверстием от 3 до 6 м; 1 — устой; 2 — свод; 3 — лоток; 4 — сплошной фундамент; 5 — раздельный фундамент

до 6 м равна 0,5—0,8 м. В этих трубах при отверстиях до 3,0 м свод опирается на устои, образующие со сплошным фундаментом замкнутый контур. Труба делится на секции длиной 2—2,5 м. Глубина заложения фундаментов секций в зависимости от величины отверстия устанавливается от 1 до 2,5 м. В трубах отверстием от 3 до 6 м фундаменты устоев раздельные, что уменьшает объем кладки. Каменный лоток, выкладываемый понизу в этих трубах, имеет толщину 0,5—0,75 м. Он отделен от устоев и фундаментов деформационным швом.

Оголовки этих труб раструбного типа. Откосные крылья расходятся от оси трубы на 10°. Глубина заложения фундаментов оголовков назначается на 0,25 м ниже глубины промерзания грунта.

Материалом для каменных труб служит естественный камень: гранит, песчаник, известняк. Камень должен быть однородного строения, без трещин, устойчивый против выветривания и морозостойкий. Открытые поверхности труб облицовываются наиболее прочным камнем. В качестве

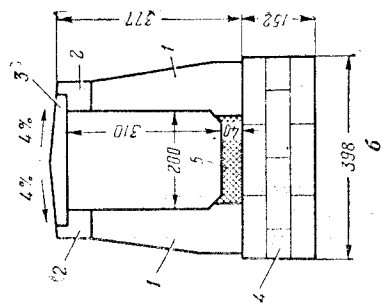
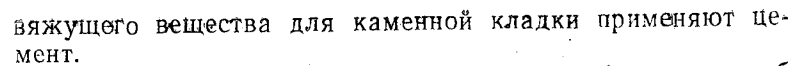


Рис. 201. Поперечные сечения типовых железобетонных труб:

*a* — овоидальное; *б* — прямоугольное с плитным перекрытием; *в* — прямоугольное с плитным контуром; *г*, *д* и *е* — круглые; *1* — боковые стены; *2* — насадка; *3* — плита перекрытия; *4* — фундамент; *5* — крест; *6* — выравнивающий слой; *7* — уплотненный слой естественного грунта.



Для устройства сводов и фундаментов бетонных труб применяют бетон марки не ниже «150». Фундаменты выкладываются также из бутобетона, состоящего из бетона с включением до 20 % бутового камня.

Железобетонные трубы. Железобетонные трубы применяются овоидального, прямоугольного и круглого очертания (рис. 201).

На рис. 201, а представлено типовое железобетонное звено овоидального очертания отверстием 1,5 м. Свод звена вместе с плитой лотка образует замкнутую раму. Толщина свода 18 см по всей длине. Звено по сечению армировано двумя рядами арматуры диаметром 12 мм, связанными в общий каркас продольной соединительной арматурой и хомутами. Звенья такого типа изготавливаются длиной 1—2 м, отверстием 1—3 м. Вес звена длиной 1 м и отверстием 1,5 м составляет 3 т.

При плотных грунтах звенья овоидальных труб устанавливаются без фундаментов, на специально подготовленное естественное основание.

Овоидальные трубы в некоторых случаях при равной водопропускной способности имеют преимущества перед круглыми железобетонными трубами: ширина фундаментов у них меньше, толщина звеньев не увеличивается с возрастанием высоты насыпи. Однако у овоидальных труб имеются недостатки, затрудняющие их более широкое применение: сложность изготовления, значительный расход металла (составляющий, например, на одно звено отверстием 1,5 м 110—120 кг), необходимость производства более сложных укрепительных работ в русле, так как напор воды на 10—25% больше, а скорость воды на выходе на 25—45% выше, чем у круглых труб.

Прямоугольные железобетонные трубы по их выполнению проще овоидальных, а по водопропускной способности значительно превосходят их.

В настоящее время прямоугольные трубы встречаются двух типов: бетонные с плоскими плитными железобетонными перекрытиями отверстия и с прямоугольными железобетонными звеньями замкнутого контура.

В 1956 г. были разработаны типовые конструкции сборных бетонных прямоугольных труб с плитным железобетонным перекрытием отверстием 2; 3; 4; 5 и 6 м. Отдельные элементы таких труб изготавливаются на заводах или

стройплощадках и собираются на месте сооружения трубы. Сечение секции типовой трубы отверстием 2 м приведено на рис. 201, б. Боковые стены звеньев трубы собираются из отдельных блоков длиной 1 м в секции длиной 3 м. Швы между блоками проконопачиваются паклей, пропитанной битумом. Поверху блоки объединяются уложенной на них армированной насадкой. Связь стеновых блоков с насадкой осуществляется при помощи арматуры, выпущенной из стеновых блоков. На насадку опираются железобетонные плиты перекрытия. К середине отверстия трубы эти плиты имеют утолщение для повышения их прочности.

Фундаменты труб отверстием 2 и 3 м делаются сплошными, отверстием 4, 5 и 6 м — раздельными. По всей длине трубы делается лоток из бетона, укладываемого на месте по песчаной подушке толщиной 10 см. Лоток одновременно служит нижней распоркой стен трубы; верхней распоркой служит плитное перекрытие.

Типовые конструкции железобетонных труб отверстием 1; 1,25; 1,5 и 2 м из прямоугольных звеньев замкнутого контура (рис. 201, в) разработаны в 1955 г., а отверстием 2,5 и 3 м — в 1956 г. Все элементы прямоугольных труб выполняются в виде отдельных блоков на заводах; на месте сооружения труб производится только их сборка.

Звенья прямоугольных труб армируются по периметру двумя рядами рабочей арматуры периодического профиля диаметром 10—12 мм, связанными между собой в поперечном сечении хомутами из круглой стали диаметром 8 мм, а по длине — распределительной арматурой из круглой стали диаметром 6 мм. Длина звена прямоугольной трубы 1 м, толщина шва между звеньями 1 см.

Трубы укладываются на фундамент из бетонных блоков. Длина секции фундамента 2; 3 и 4 м, ширина шва между секциями 3 см.

Прямоугольные блочные трубы делаются с повышенными входными звеньями или с нормальными звеньями. В первом случае водопропускная способность их будет больше при том же сечении трубы. Оголовки блочных прямоугольных труб отверстием 1 и 1,25 м без повышенных звеньев делаются порталного типа, больших отверстий, а также с повышенными входными звеньями — раструбного типа.

Круглые железобетонные трубы из всех видов труб получили наиболее широкое распространение. Они также собираются из звеньев, изготавливаемых на заводах. Типо-

вые звенья таких труб изготавливаются длиной 1 м и отверстиями 1; 1,25; 1,5; 2 и 2,5 м. Рабочая арматура звеньев состоит из двух рядов стержней, спиралью обвивающих кольцо трубы, связанных в общий каркас продольной соединительной арматурой и хомутами. Толщина стенок звеньев назначается для труб отверстием 1 м в 10 см, 1,5 м — в 14—16 см, 2 м — в 16—20 см и отверстием 2,5 м — в 18—22 см. Входные оголовки круглых труб устраиваются порталного или раструбного типа.

Круглые железобетонные трубы сооружаются без фундаментов (рис. 201, г и д) и на фундаментах блочных и монолитных (рис. 201, е).

При скальных грунтах в основании звенья укладываются непосредственно на грунт с устройством выравнивающего слоя из бетона (при высоте засыпки менее 5 м) или с грунтовой подушкой толщиной не менее 15 см (при высоте засыпки более 5 м). Оголовки трубы в этом случае устанавливаются на выравнивающий слой бетона с предварительным снятием выветренного слоя скалы.

При гравийных, галечных, песчаных, суглинистых и глинистых грунтах в основании и при уровне грунтовых вод в период отрицательных температур ниже глубины промерзания грунта звенья трубы укладываются на подбивку из естественного малосжимаемого грунта шириной, на 50% большей отверстия трубы, с уплотнением верхнего слоя естественного грунта. При устройстве основания труб растительный слой должен быть удален. Оголовки труб при этих грунтах сооружаются на фундаментах с глубиной заложения 1—1,2 м. Если уровень грунтовых вод в период отрицательных температур выше глубины промерзания грунта, а грунт основания представляет собой супеси, глину, суглинки в пластичном состоянии или лессовидные грунты (имеющие большое содержание пылеватых частиц), то под оголовками сооружается фундамент с глубиной заложения не менее глубины промерзания плюс 0,25 м, а под звеньями труб — фундамент с глубиной заложения не менее 0,8—1 м при блочных фундаментах и не менее 0,7 м при монолитных. Ширина фундаментов звеньев труб в этом случае должна быть на 20—30% больше отверстия трубы. Применение бесфундаментных труб на постоянно действующих водотоках, в заболоченных местах, при подпоре воды свыше 2,5 м не разрешается.

Фундамент звеньев круглых труб разделяется на секции

длиной 3—4 м. Шов между его секциями делается толщиной 3 см, а между звеньями труб — не более 1 см.

Так как сооружение фундаментов для труб требует выполнения больших объемов работ на месте постройки трубы, в целях сокращения сроков строительства и его стоимости были разработаны специальные конструкции облегченных железобетонных круглых бесфундаментных труб отверстием 1,0; 1,25 и 1,5 м. Рабочая арматура звеньев этих труб (спиральная или кольцевая) выполнена из стержней диаметром 6 мм, распределительная — из продольных стержней такого же диаметра, а хомуты — из стержней диаметром 4 мм. Толщина стенок звена для всех высот насыпи и всех диаметров труб равна 9 см.

Звенья труб имеют в четвертях шарниры, образованные сквозными прокладками из гидроизола, разделяющими звено на четыре железобетонных квадранта. Квадранты звена соединены в одно целое двумя рядами стержней рабочей арматуры. Стержни проходят через шарнир, не прерываясь и только несколько сближаясь между собой. Расстояние между стержнями арматуры в шарнире подобрано таким образом, чтобы звено работало в насыпи как гибкое кольцо. Длина звена 1 м. В продольном направлении звенья трубы соединяются между собой специальными приспособлениями.

Оголовки труб запроектированы из железобетона: входной — в виде конуса, выходной — раструбного типа. Толщина стенок оголовков 9 см.

Основанием бесфундаментных труб служит любой малосжимаемый материал: крупный песок, гравий, глинобетон, шлак, хороший непучинистый естественный грунт. Глубина, на которую подготавливается основание, в зависимости от грунта и длины трубы составляет от 0,3 до 1,5 м.

**Гидроизоляция труб.** Чтобы предохранить массивные трубы от вредного воздействия просачивающейся сквозь тело трубы воды, поступающей из насыпи, их подвергают гидроизоляции. Для этого наружную поверхность каменных и бетонных труб покрывают слоем цементной смазки, на которую укладывают слой гидроизола или антисептированной ткани и два — три слоя битумной мастики.

Наружные поверхности железобетонных труб и плит перекрытия в бетонных трубах покрывают изоляцией из двух слоев битумита между тремя слоями битума. Поверх оклеечной изоляции укладывается защитный слой цементного раствора толщиной 3—4 см или бетона с мелким за-

полнителем. Все боковые поверхности труб (выше обреза фундамента) покрываются двумя слоями битума.

Перед засыпкой труб грунтом их поверхности покрывают слоем жирной глины толщиной 20 см.

**Деревянные трубы.** Деревянные трубы вследствие их недолговечности применялись раньше только на второстепенных ветвях и обходных путях. В настоящее время применение их на наших железных дорогах запрещено. Однако во время Великой Отечественной войны при временном восстановлении железных дорог эти трубы применялись довольно широко.

Деревянные трубы устраивались отверстием от 0,6 до 2,0 м. Основными типами этих труб являлись треугольные, прямоугольные и трапециевидные. Для треугольных и трапециевидных труб под отверстием условно принимается ширина поперечного сечения трубы понизу в свету.

На рис. 202, а представлена треугольная типовая деревянная труба проектировки 1943 г. для насыпей высотой от 3 до 6 м. Труба состоит из треугольных рам, расположенных через 0,8 м, обшитых пластинами сечением 16/2 см. Ноги рамы изготавливаются из бревен диаметром 24 см, врубленных сверху одно в другое вполдерева. Рамы размещены на продольных лежнях.

Труба располагается на песчано-гравийном основании. На уровне затяжек рамы дно вымощено булыжником. Поверху обшивки труба для гидроизоляции обмазана слоем мятой глины толщиной 20 см. При выходе из насыпи труба срезана по плоскости откоса насыпи.

Недостатком такой конструкции труб является то, что ноги рамы выступают в поток воды и создают ему большое сопротивление.

При высоте насыпи более 6 м деревянные рамы в треугольной трубе устанавливаются вплотную одна к другой. Дно такой трубы устраивается из дощатого настила. Оголовки трубы делаются раструбного типа. Откосные крылья оголовков образуются бревнами диаметром 18 см, плотно забитыми одно около другого.

Типовые деревянные прямоугольные трубы, применяемые для пропуска большего расхода воды, чем треугольные, также состоят из рам, обшитых пластинами. Рамы устанавливаются сдвоенными. При высоте насыпи от 3 до 5 м сдвоенные рамы размещаются через 1,2 м, при высоте насыпи от 5 до 9 м — через 1 м. Рамы опираются на лежни из парных брусьев сечением 16×20 см, расположенных в



Туннели могут быть расположены в горной местности (горные туннели), под водными препятствиями (подводные туннели) или под землей в черте городов (городские туннели).

Большое количество туннелей имеется в горных районах ряда стран Европы, а также в странах, граничащих с СССР на юге. Особенно много туннелей в Австрии, Швейцарии, Югославии, Италии, Турции, Иране и южных районах Германии и Франции. В Западной Европе расположены наиболее крупные железнодорожные туннели: Сен-Готардский в Швейцарии длиной 14 984 м, Большой Апеннинский длиной 18 510 м на железной дороге Болонья — Флоренция и самый длинный туннель в мире — Симплонский, соединяющий Швейцарию с Италией, длиной 19 780 м.

Для обеспечения отвода воды из туннеля продольный профиль туннелей, особенно старой постройки, имеет уклон в одну или в обе стороны. Уклон делается не менее 3‰ и только в исключительных случаях допускается в 2‰.

По характеру уклонов туннели бывают односкатные и двухскатные (рис. 204). Горные туннели, расположенные на подъеме к перевалу, имеют односкатные уклоны, перевальные и подводные туннели — двухскатные уклоны.

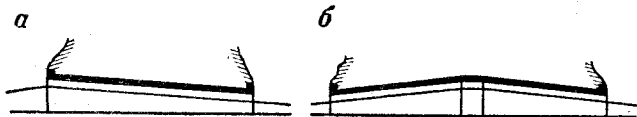


Рис. 204. Схемы продольного профиля туннелей:  
а — односкатный; б — двухскатный

**Рис. 205.** Неполная обделка туннеля

В прочных скальных породах, не подверженных выветриванию и не имеющих трещиноватости, туннельная выработка оставляется без отделки или отделка устраивается не по полному периметру выработки, а только по ее верху (рис. 205).

Профиль выработки туннеля, устраиваемого без обделки, выполняется точно по габариту (рис. 206). Практически

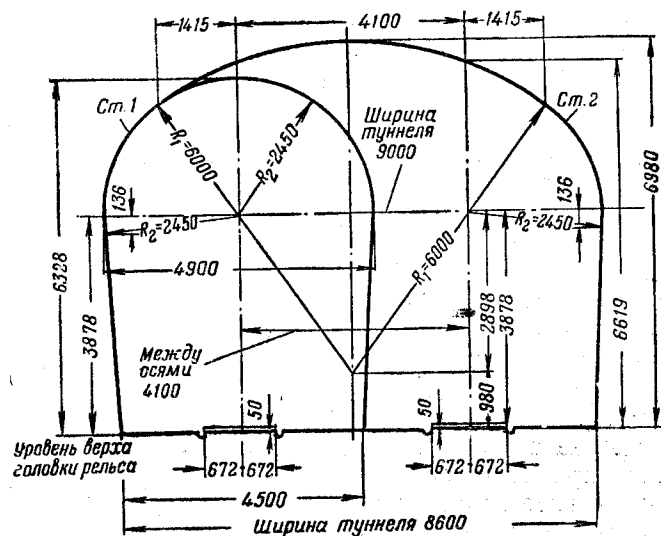


Рис. 206. Габариты туннелей Ст. 1 и Ст. 2

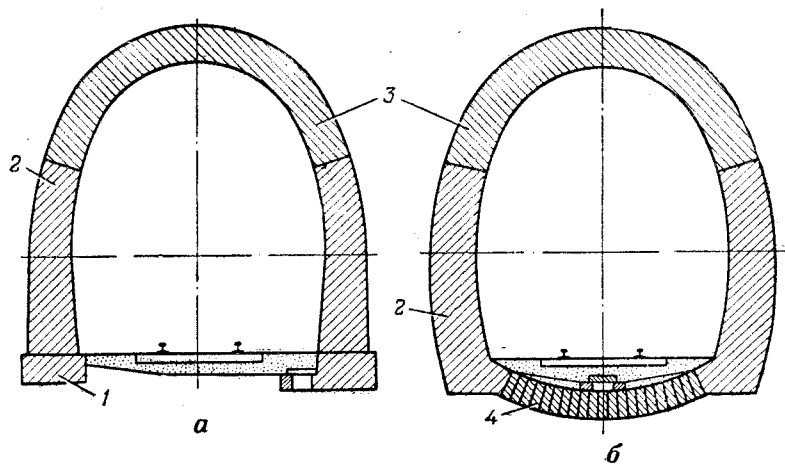


Рис. 207. Профили туннельной обделки:

*а* — для слабых пород с большим вертикальным давлением; *б* — для слабых пород с большим вертикальным и боковым давлением; 1 — фундамент; 2 — боковые стены; 3 — свод; 4 — обратный свод

вследствие невозможности получения выработки с правильной гладкой поверхностью площадь сечения ее делается всегда несколько большей. В некоторых туннелях старой постройки увеличение профиля выработки против габарита предусматривали при постройке туннеля заранее, на случай необходимости устройства обделки при выветривании породы.

В слабых породах с вертикальным горным давлением обделка состоит из фундамента, боковых стен и верхнего свода (рис. 207, *а*). В породах с вертикальным и боковым или всесторонним давлением обделка делается кругового очертания; нижняя часть обделки называется обратным сводом (рис. 207, *б*).

Материалом для туннельной обделки служит камень, клинкерный кирпич, бетон, железобетон и чугун; в качестве временной обделки иногда используется дерево.

Большинство туннелей старой постройки имеет каменную обделку, реже кирпичную. В настоящее время каменная обделка вследствие ограниченных возможностей механизации при производстве работ и большей ее водонепроницаемости вытесняется бетонной. Бетонная обделка более монолитна и обладает хорошей водонепроницаемостью. В некоторых туннелях применяется смешанная обделка:

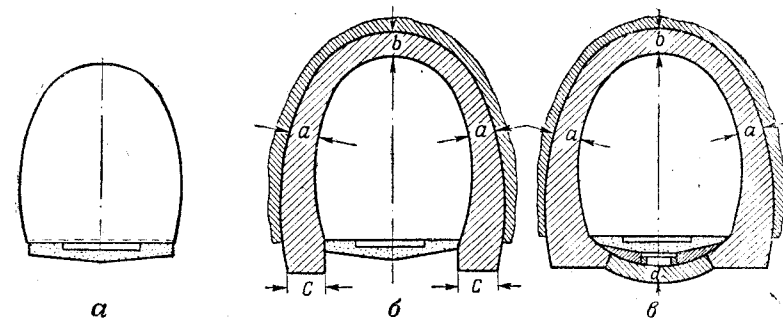
фундамент и стены делают из бутовой кладки, а своды бетонными.

Железобетонная обделка, как одна из наиболее мощных, применяется в породах с большим горным давлением. Однако сложность ее изготовления в стесненных условиях туннельных работ несколько сужает возможности ее применения.

Находит также применение обделка из чугунных, железобетонных или бетонных блоков (тюбингов), изготавливаемых на заводах. Они имеют кривизну, соответствующую кривизне поперечного сечения выработки туннеля. Тюбинги при постройке соединяются в кольца по периметру выработки, а кольца соединяются между собой, образуя замкнутую сплошную обделку.

Каменная, бетонная и железобетонная обделки по длине туннеля разделяются на отдельные звенья. Длина звеньев колеблется от 2 до 10 м. Чем слабее горные породы, тем

#### Однопутные туннели



#### Двухпутные туннели

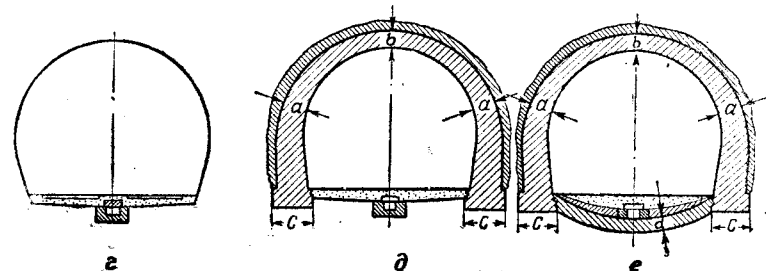


Рис. 208. Типы туннельных обделок:

*а* и *г* — туннели без обделок; *б* и *д* — туннели в породах с вертикальным давлением; *в* и *е* — туннели в породах с вертикальным и боковым давлением



меньше длина звена. В туннелях на железных дорогах СССР наибольшее распространение получили звенья длиной 6,4 м. Минимальная толщина обделки из бетона или камня равна 0,4 м.

Для туннелей, прокладываемых в различных геологических условиях, на наших железных дорогах применялись различные типы обделок, очертания которых приведены на рис. 208, а основные размеры — в табл. 18. Все обделки очерчены по коробовой кривой: для однопутных туннелей — из пяти центров, двухпутных — из трех центров.

Таблица 18

Типы обделок туннелей

Тип	Условия примененныя обделки	Основные размеры обделки в мм (обозначение по рис. 208)				Объемы работ в м³ на 1 пог. м туннеля	
		a	b	c	d	выра- ботка породы	обделка
Однопутные туннели							
I	Поперечное сечение без обделки для сплошных крепких неветвряющихся пород (рис. 208, а) . . . . .	—	—	—	—	30,90	—
II	Для крепких сплошных пород, могущих в будущем потребовать обделки вследствие возможного выветривания (рис. 208, а) . . . . .	—	—	—	—	41,10	—
III	Для выветривающихся пород, но не проявляющих горного давления (рис. 208, б) . . . . .	533	427	700	—	42,40	11,60
III-bis	Для выветривающихся твердых пород с незначительным боковым давлением (рис. 208, в) . . . . .	533	427	—	427	44,30	13,58
IV	Для слабых пород с небольшим вертикальным давлением (рис. 208, б) . . . . .	743	595	1280	—	47,00	16,33
IV-bis	Для слабых пород с небольшим боковым давлением (рис. 208, в) . . . . .	743	595	—	427	50,00	18,84
V	Для слабых пород с вертикальным давлением (рис. 208, б) . . . . .	950	750	1280	—	49,00	18,38
V-bis	Для слабых пород с боковым давлением (рис. 208, в) . . . . .	950	750	—	427	52,70	21,68

Продолжение

Тип	Условия применения обделки	Основные размеры обделки в мм (обозначение по рис. 208)				Объемы работ в м³ на 1 пог. м туннеля	
		a	b	c	d	выработка породы	обделка
VI	Для слабых пород с большим вертикальным давлением (рис. 208, б) . . . . .	950	850	1380	—	51,00	20,51
VI-bis	Для слабых пород со значительным боковым и вертикальным давлением (рис. 208, в) . . . . .	950	850	—	427	54,90	23,81

Двухпутные туннели

I	Сечение без обделки для сплошных крепких неветривающихся пород (рис. 208, з) . . . . .	—	—	—	—	50,8	—
II	Для крепких сплошных пород, могущих в будущем потребовать обделки вследствие возможного выветривания (рис. 208, з) . . . . .	—	—	—	—	75,4	—
III	Для выветривающихся пород, но не проявляющих горного давления (рис. 208, д) . . . . .	640	530	1240	—	75,4	17,3
IV	Для слабых пород с небольшим вертикальным давлением (рис. 208, д) . . . . .	850	640	1600	—	80,5	22,4
V	Для слабых пород со средним вертикальным давлением (рис. 208, д) . . . . .	1067	850	1920	—	88,0	29,9
V-bis	Для слабых пород со средним боковым давлением (рис. 208, е) . . . . .	1067	850	1920	640	94,5	36,5
VI	Для слабых пород с большим вертикальным давлением (рис. 208, д) . . . . .	1280	1067	2280	—	95,0	36,7
VI-bis	Для слабых пород с большим боковым давлением (рис. 208, е) . . . . .	1280	1067	2500	850	102,9	44,8

При строительстве туннелей на наших дорогах было разработано большое количество новых проектов туннельных обделок, однако типовых обделок еще не установлено. В каждом отдельном случае постройки туннеля конструкция и тип обделки задаются индивидуальным проектом.

**Водоотводные устройства.** Притекающая к туннелю грунтовая вода может просачиваться через обделку внутрь туннеля, выщелачивая цемент из швов между каменной кладкой или из бетона.

Расширяясь при замерзании, вода также разрушает обделку и прилегающую к ней породу. Поэтому при сравнительно небольшом притоке воды в обделку туннеля через определенные промежутки устраивают дренажные отверстия для выпуска из-за обделки грунтовых вод, а внутри туннеля делают лоток, отводящий воду (рис. 209).

Дренажные отверстия устраиваются на двух уровнях (у пят сводов и у подошвы туннеля) или на одном уровне (внизу туннеля).

Водоотводные лотки устраивают сбоку туннеля или посередине. Лотки делаются большей частью бетонными. Во избежание засорения они покрываются сверху железобетонными плитами, которые во время очистки лотка снимаются. Для улучшения стока воды к лотку порода по подошве туннеля или обратный свод покрывается слоем бетона с уклоном в сторону лотка.

Водоотводные сооружения в туннелях часто заиливаются, замерзают; расположение лотков посередине пути создает большие затруднения в их эксплуатации (очистка, ремонт в условиях непрерывного движения поездов). Кроме того, свободный выход воды в туннель может изменить гидрогеологические условия горного массива, что может привести к увеличению горного давления. Поэтому в настоящее время водоотводы в туннелях не устраивают,

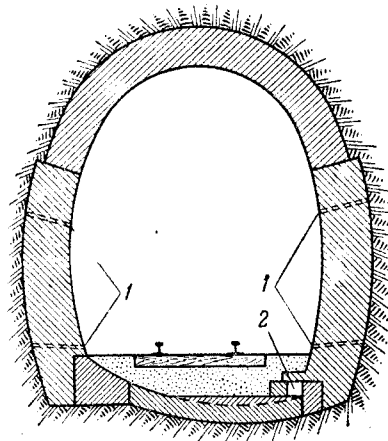


Рис. 209. Водоотводные устройства в туннеле:

1 — дренажные отверстия; 2 — лоток

а делают водонепроницаемую обделку. Водонепроницаемость обделки достигается ее гидроизоляцией.

Гидроизоляция бывает наружной (когда водонепроницаемый слой наносится на поверхность обделки, обращенную к породе) и внутренней (когда слоем изоляции покрывается внутренняя поверхность обделки). При наружной гидроизоляции за обделку нагнетают под давлением цементный или глиноцементный раствор, горячий битум, а при слабых трещиноватых породах производят их силикатизацию (нагнетают в грунт жидкое стекло и хлористый кальций). При внутренней гидроизоляции поверхности обделки производят ее торкретирование (нанесение на поверхность плотного цементного раствора при помощи цемент-пушки) или устраивают оклеечную изоляцию из рулонных материалов.

**Вентиляция туннелей.** Вентиляция туннелей необходима для удаления загрязненного воздуха из них (особенно от проходящих поездов с паровой тягой), чтобы создать нормальные условия работы в туннелях для локомотивных бригад и персонала, обслуживающего туннели.

Туннели небольшой длины, особенно одностатные на прямом участке, хорошо проветриваются в результате естественной вентиляции. В ряде случаев для усиления естественной вентиляции устраивают вентиляционные шахты, выходящие из туннеля на дневную поверхность.

В туннелях большой протяженности (свыше 1 км) и в метрополитенах устраивается искусственная вентиляция: приточная, вытяжная или приточно-вытяжная. При приточной вентиляции свежий воздух нагнетается в туннель, при вытяжной загрязненный воздух вытягивается из туннеля. Вентиляция осуществляется мощными вентиляторами, устанавливаемыми в одном или обоих концах туннеля. В некоторых случаях вентиляторы устанавливаются в специально сооружаемых вертикальных шахтах, идущих от середины туннеля до дневной поверхности.

**Ниши и камеры.** Для укрытия обслуживающего персонала при проходе поездов в стенах туннеля устраиваются особые углубления, называемые нишами, а для хранения и укрытия вагонеток, дрезин, инструмента, материалов и пр.— углубления, называемые камерами (рис. 210). Камеры и ниши размещаются в шахматном порядке: камеры через 300 м, а ниши через 50 м, считая по одной стороне туннеля. Ниши устраиваются шириной 2 м, высотой

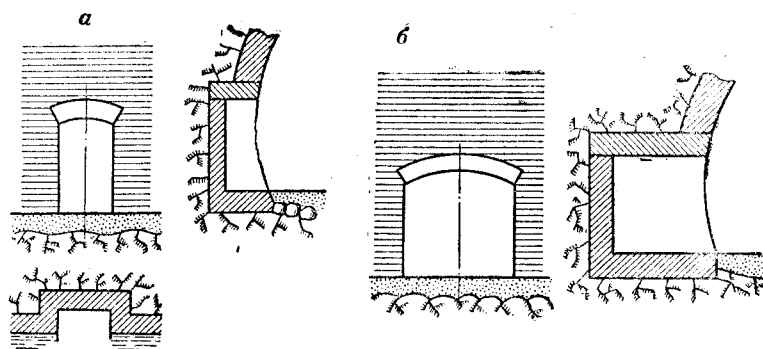


Рис. 210. Ниши и камеры в туннелях:  
а — ниша; б — камера

2 м, глубиной 1 м, а камеры — шириной 4 м, высотой 2,8 м и глубиной 2,5 м.

Ниши и камеры с боков и с задней стороны имеют обделку, сверху они перекрыты сводом или плоской железобетонной плитой.

**Туннельные порталы.** Торцовая часть туннеля, выходящая на дневную поверхность, называется его порталом. Туннельные порталы устраиваются с двух сторон туннеля и служат для защиты лобового и боковых откосов от оползания, для отвода воды, стекающей с лобового откоса, а также для внешнего архитектурного оформления входа в туннель.

Туннельный портал (см. рис. 110) представляет собой подпорную стенку, конструкция которой определяется конфигурацией лобового и боковых откосов. Порталы обычно сооружаются из бетона или из камня прочных и морозоустойчивых пород.

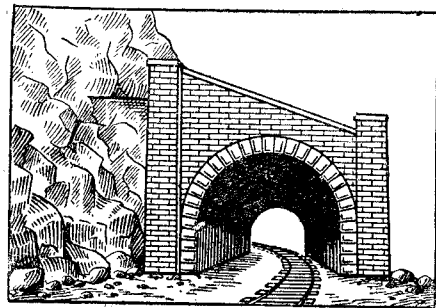


Рис. 211. Галерея

Когда лобовой и боковые откосы предтуннельной выемки достаточно устойчивы и не требуют дополнительного крепления, вместо порталов устраиваются оголовки, обычно воротникового типа.

**Галереи.** На горных участках железных дорог встречаются особого вида искусственные сооружения — галереи (рис. 211). Галерея служит для защиты железнодорожного пути от обвалов, осыпей и оползней и, по существу, представляет собой тот же туннель, но построенный открытым способом. Поверх галерея имеет земляную засыпку. Сооружаются галереи из тех же материалов, что и туннели.

### Подпорные стенки

Подпорные стенки (см. рис. 111), являющиеся одним из видов искусственных сооружений, устраиваются для поддержания в устойчивом положении откосов насыпей или выемок, когда по условиям сооружения эти откосы должны быть очень крутыми.

Конструкция и размеры подпорных стенок определяются проектом и зависят от их назначения, грунта, крутизны и высоты поддерживаемых откосов.

Устраиваются подпорные стенки из каменной кладки на растворе или насухо, из бетона или железобетона. Бетонные и железобетонные подпорные стенки изготовляются как бетонированием на месте, так и из блоков, изготовленных на стройдворах или заводах.

Для возможной неравномерной осадки подпорные стенки по длине разделяют деформационными швами на отдельные звенья (секции) длиной 3—4 м.

Для стока воды, скапливающейся за подпорной стенкой, в ее теле устраиваются сквозные отверстия, называемые дренажными выпусками.

При ограждении подпорными стенками насыпей на берегах морей и озер для ослабления вредного воздействия волн на подпорные стенки около них устраивают дополнительные сооружения — волноломы — или сбрасывают на берег вблизи стенок массивные естественные или искусственные камни.

### Вопросы для повторения

1. Из каких основных частей состоит труба? Какие виды оголовков применяются для труб?
2. Как устроены металлические трубы?
3. Как устроены каменные и бетонные трубы?
4. Как устроены железобетонные трубы оvoidального сечения?
5. Как устроены прямоугольные трубы с плитным железобетонным перекрытием и из прямоугольных звеньев замкнутого контура?

6. Как устроены сборные круглые железобетонные трубы?
7. Для чего и как устраивается гидроизоляция труб?
8. В каких условиях применялись деревянные трубы и как они устраивались?
9. Для чего и как устраиваются лотки?
10. Что такое обделка туннеля, для чего она предназначена и из каких материалов сооружается?
11. Для чего и как устроены водоотводные устройства и вентиляция в туннелях?
12. Для чего и как устраиваются ниши и камеры в туннелях?
13. Для чего сооружаются галереи на железных дорогах?
14. Как устроены подпорные стенки и для чего они предназначены?

## ГЛАВА 12

### ПЕРЕПРАВЫ И НАПЛАВНЫЕ МОСТЫ

Высокие темпы современных наступательных операций требуют быстрого восстановления железных дорог в любых условиях. Часто, когда железнодорожное направление пересекает несколько больших или средних водных препятствий, открытие движения по железной дороге задерживается из-за значительного объема работ по восстановлению разрушенных мостов. В этом случае с целью выигрыша времени прибегают к краткосрочному восстановлению с использованием переправ и наплавных мостов, причем временное восстановление с использованием обычных мостовых конструкций, как правило, ведут одновременно с краткосрочным.

Переправы и наплавные мосты находят также применение и при строительстве железных дорог в мирных условиях для открытия движения поездов до окончания строительства моста. Переправы применяются иногда и для постоянной эксплуатации на малодеятельных линиях, когда сооружение большого капитального моста экономически невыгодно.

Переправы разделяются на ледяные, свайно-ледяные и паромные.

**Ледяные переправы.** Железнодорожные ледяные переправы применяются главным образом при краткосрочном восстановлении мостов через крупные реки или озера. Они имеют простую конструкцию, не требующую для своего выполнения сложных механизмов, дефицитных материалов и квалифицированной рабочей силы, вследствие чего темп их строительства доходит до 200—300 м в сутки. Сооружение такой переправы можно вести параллельно с восстановлением временного моста на старой оси. К недостаткам ле-

дных переправ относятся: зависимость от времени года и состояния ледяного покрова, трудность эксплуатации, малая пропускная способность и необходимость в постройке станций для переформирования поездов перед переправой и после нее. Кроме того, сооружение ледяной переправы вообще невозможно на реках со значительными колебаниями горизонта льда.

Ледяная переправа состоит из речной, сопрягающих, прибрежных и береговых частей (рис. 212). Речная часть переправы может быть двух типов.

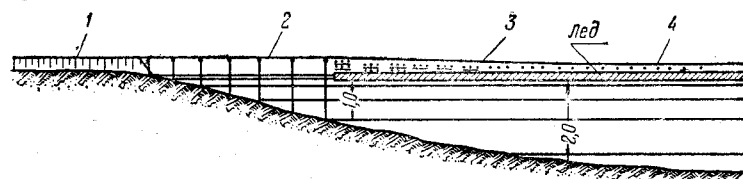


Рис. 212. Схема ледяной переправы:

1 — береговая часть; 2 — прибрежная часть; 3 — сопрягающая часть; 4 — речная часть

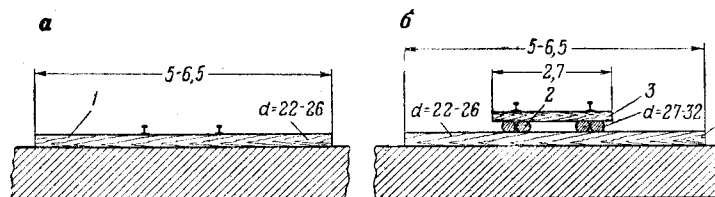


Рис. 213. Устройство речной части переправы:

а — первого типа; б — второго типа; 1 — поперечина; 2 — прогон; 3 — шпала

Первый тип (рис. 213, а) применяется на переправах, сооружаемых на очень короткий срок. На выровненную поверхность льда укладываются через 50—100 см поперечины из бревен длиной 5—6,5 м и диаметром 22—26 см. Сверху на поперечины кладут рельсы и прикрепляют их к поперечинам костылями без подкладок.

Конструкция речной части второго типа (рис. 213, б) более сложная. Она состоит из поперечин, одноярусных или двухъярусных прогонов, шпал и рельсов. Поперечины имеют те же размеры и укладываются на лед через 60—70 см. Прогон изготавливается из бревен диаметром 27—32 см, отесанных на два канта. Стыки прогонов, скрепляемые бол-

тами, устраиваются вразбежку и обязательно над поперечиной; все остальные элементы конструкции скрепляются между собой скобами, штырями и корабельными гвоздями. Расход материалов на 1 м речной части первого типа в среднем составляет 0,5 м<sup>3</sup> леса и 2,2 кг поковок, второго типа — 1 м<sup>3</sup> леса и 3,5 кг поковок.

Наиболее сложным в строительстве переправы является сопряжение речной части с берегом. Для этой цели сооружаются прибрежная и сопрягающая части переправы, служащие для плавного перехода подвижного состава с берега на лед. Прибрежная часть переправы представляет собой свайную или ряжевую эстакаду длиной 15—30 м, а сопрягающая часть — шпальные клетки, уложенные на лед и перекрытые усиленными прогонами. Для изменения уклона пути сопрягающей части при колебании горизонта льда между прогонами и клетками укладываются парные клинья. Длина сопрягающей части зависит от крутизны дна реки. Опыт показал, что укладывать путь непосредственно на лед можно при глубине воды под ним не менее 2 м.

На обоих берегах реки сооружаются береговые части переправы, т. е. подходы к ней, и железнодорожные станции для переформирования поездов. Размеры станций зависят от грузонапряженности линии и пропускной способности переправы.

При большом количестве поездов, переправляемых через реку, могут быть построены две переправы и более, располагаемые на расстоянии не ближе 100—200 м одна от другой.

Движение по переправе может осуществляться при помощи конной, автомобильной, тракторной, мотовозной, локомотивной или канатной тяги и самоходом (по принципу сортировочных горок). При достаточной прочности льда и небольшой ширине реки переправа производится при помощи локомотивов, один из которых осаживает состав на речную часть до тех пор, пока голова поезда не окажется на противоположном берегу и не будет прицеплена к другому локомотиву. Если невозможно переправить целый состав груженых вагонов, то между группами их ставят по нескольку порожних платформ. Оба локомотива двигаются только по береговым и прибрежным частям, не заезжая на лед.

Количество одновременно переправляемого подвижного состава зависит от толщины и состояния льда, а также от температуры воздуха. Так, например, при температуре воз-

духа от  $-1$  до  $-12^{\circ}\text{C}$  и толщине льда 30 см можно перекачивать по одному двухосному вагону при помощи лошадей, автомобиля или трактора; при толщине льда 55 см можно перекачивать тем же способом сцеп из четырех вагонов или один вагон мотовозом, а при толщине льда 112 см — сцеп из шести вагонов паровозом  $\text{O}^{\text{B}}$ . Скорость движения по переправе должна быть не менее 10 и не более 20 км/час.

**Свайно-ледяные переправы.** В отличие от ледяных в свайно-ледяных переправах железнодорожный путь опирается не на лед, а на сваи, забитые в дно реки. Положительным качеством свайно-ледяных переправ является то, что они допускают пропуск целых поездов без переформирования; при этом увеличивается пропускная способность и не требуется сооружения береговых станций. Однако для постройки таких переправ требуется больше материалов и рабочей силы, чем на сооружение ледяных переправ, и наличие сваебойного оборудования. Ввиду этого свайно-ледяные переправы применяются только через небольшие и средние реки, при пересечении которых невыгодно строить станции для переформирования поездов. Наоборот, на больших реках более выгодно сооружать ледяные переправы, так как применение свайно-ледяных переправ требует большого расхода сил и средств.

Свайно-ледяная переправа состоит из береговых подходов и речной части, выполняемой в виде облегченной свайной эстакады. Существует два типа таких эстакад, отличающихся конструкцией опор.

Опоры первого типа применяются при высоте эстакады до 2,5 м и состоят из двух деревянных свай диаметром 22—24 см, соединенных поверху насадкой (рис. 214). Опоры второго типа применяются при высоте более 2,5 м. Они состоят из двух свай, подкосов, поперечных горизонтальных и диагональных схваток и насадки (рис. 215). Нижний конец подкосов опирается на специальный брус, лежащий на поверхности льда. Для плотного прилегания подкосов между ними и брусом устанавливаются клинья. В некоторых случаях вместо опорного бруса в каждой опоре забиваются по две откосные сваи. Такая конструкция несколько улучшает поперечную жесткость опоры, но вызывает значительное увеличение объема свайных работ. При высоте эстакады около 5 м между опорами устанавливаются продольные диагональные схватки.

Сваи опор забиваются в грунт через лунки во льду до

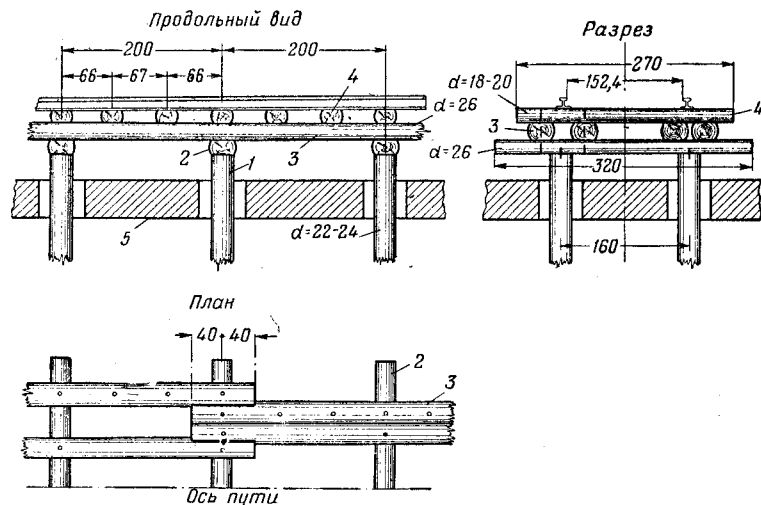


Рис. 214. Свайно-ледяная переправа с опорами первого типа:  
1 — свая; 2 — насадка; 3 — прогон; 4 — шпалы; 5 — лед

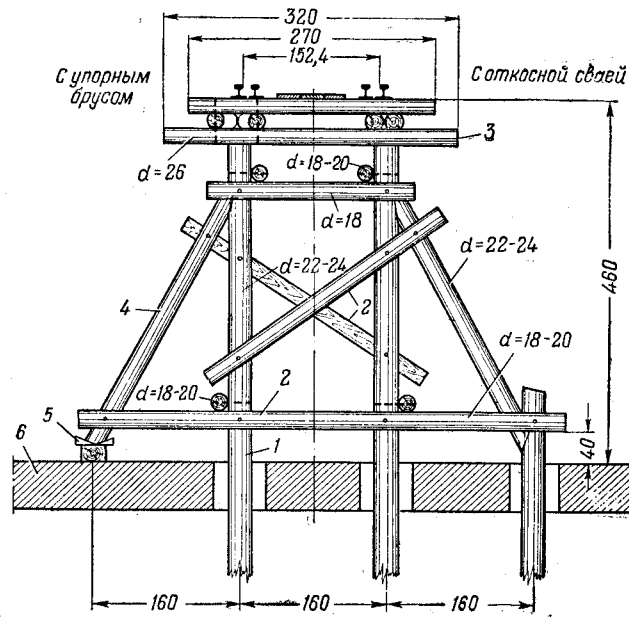


Рис. 215. Опора второго типа свайно-ледяной переправы:  
1 — свая; 2 — схватка; 3 — насадка; 4 — подкос; 5 — клинья; 6 — лед

установленного отказа, но не менее чем на 3 м. Для предохранения свай от выдергивания рекомендуется забивать их комлем вниз. В случае большой глубины воды сваи наращиваются в торец, на штыре и четырех деревянных накладках, стянутых болтами или проволочными скрутками. Для придания всей эстакаде большей устойчивости сваи распираются в края лунок клиньями. Замерзания льда в лунках и смерзания его со свай допускать нельзя, так как в этом случае при изменении горизонта льда произойдет выдергивание свай из грунта и расстройство всей переправы.

Схватки изготавливаются из бревен или пластин диаметром 18—20 см и прикрепляются к сваям болтами или штырями. Насадки укладываются на штырях и прикрепляются двумя скобами. Длина насадок — 3,2 м, диаметр бревен — 26 см. Расстояние между опорами берется равным 1,8—2 м.

Пролетные строения эстакады состоят из четырех прогонов и поперечин (шпал), на которые укладываются рельсы. Прогон изготавливается из отесанных на два канта бревен диаметром 26 см. Стыкуются прогоны вразбежку над насадкой. Элементы пролетного строения соединяются между собой и прикрепляются к насадке штырями.

Расход материалов на сооружение 1 м эстакады с опорами первого типа при глубине воды около 5 м составляет: 1,1—1,2 м<sup>3</sup> леса и 2,2—2,5 кг поковок; с опорами второго типа — 1,8—2 м<sup>3</sup> леса и 12—14 кг поковок.

Движение по свайно-ледяной переправе осуществляется целыми составами с паровозом со скоростью около 15 км/час.

Несмотря на большой объем работ, свайно-ледяные переправы при хорошей организации работ могут сооружаться очень быстро. Так, зимой 1942—1943 гг. железнодорожные войска построили за 11 дней переправу длиной 1300 м и высотой над уровнем льда 4—6 м.

**Паромные переправы.** Железнодорожные паромные переправы применяются как при краткосрочном восстановлении железных дорог, так и на новостроящихся линиях. При восстановлении к сооружению их прибегают в случае, если река не позволяет обеспечить непрерывного существования наплавного моста (ледоход, шуга, большое волнение воды и др.) или если не хватает наплавного имущества для такого моста.

Хотя для сооружения паромных переправ не требуется

больших затрат материалов и рабочей силы, они применяются редко из-за малой пропускной способности и необходимости иметь достаточно грузоподъемные плавсредства.

Паромная переправа состоит из подходов, причальных устройств и паромов, оборудованных для перевозки железнодорожного подвижного состава. На обоих берегах реки сооружаются станции.

Паромы могут быть как постоянного, так и временного типа. Паром постоянного типа представляет собой специальное металлическое или железобетонное самоходное судно, обычно имеющее довольно большие размеры. Так, например, одно судно такого типа имело длину 79,9 м, ширину 16,92 м, главную машину мощностью 2800 л. с.; на этом судне одновременно перевозилось до 30 вагонов со скоростью 15 км/час. Паромы постоянного типа имеются в ограниченном количестве.

Паромы временного типа, которые могут быть применены при временном восстановлении, сооружаются из обыкновенных барж или собираются из специального имущества. Паром из барж требует проведения больших работ по его приспособлению для перевозки подвижного состава. Он представляет собой одну или две баржи, на которых уложены железнодорожные пути. Баржи имеют дополнительное крепление из нескольких продольных ферм системы Гау-Журавского. Под каждый путь устанавливается пролетное строение из двутавров с облегченным мостовым полотном. Расстояние между осями пролетных строений принимается равным 3,6 м.

Более совершенными являются паромы, собираемые из имущества понтонного парка. Отдельные части парома перевозятся к месту сборки по железной дороге или автотранспортом; сборка их занимает несколько часов. Конструктивно такой паром представляет собой часть наплавного моста, описание имущества которого дано ниже.

Причальные устройства переправы состоят из причалов и причальных эстакад (рис. 216). Причалы служат для пришвартовки парома к берегу при погрузке и выгрузке подвижного состава. Как правило, они выполняются из отдельных свайных или ряжевых причальных кустов. Крайний куст, воспринимающий наибольшие нагрузки при пришвартовке парома, делается более мощным. Поверху кусты соединяются легкими переходными мостками, служащими для передвижения обслуживающего персонала. В не-

которых случаях в качестве причала можно использовать закрепленную на якорях баржу.

Причальная эстакада предназначена для плавного перехода подвижного состава с берега на паром при различных уровнях воды в реке и осадке парома вследствие накатки на него подвижного состава. Эстакада имеет стационарную и подъемную части. Стационарная часть представляет собой деревянный свайный мост с пролетами

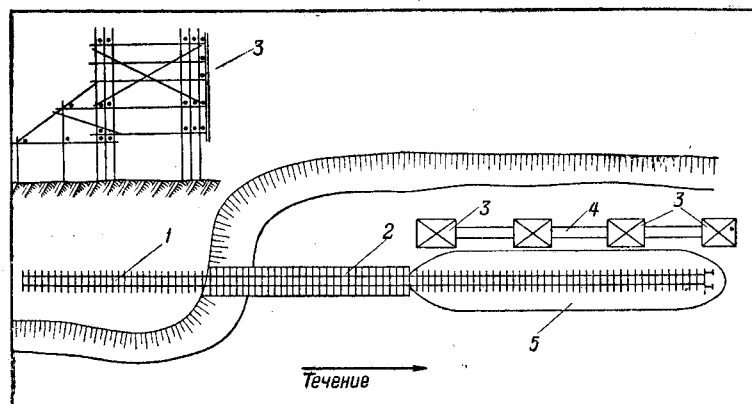


Рис. 216. Береговая часть паромной переправы:

1 — подходы; 2 — причальная эстакада; 3 — причальный куст; 4 — переходный мостик; 5 — паром

2—4 м. Подъемная часть эстакады выполняется из металлических балочных пролетных строений пролетом 12—15 м. Крайняя речная опора имеет устройства для подъёмки конца пролетного строения (тали, домкраты, лебедки). На остальных опорах постоянных устройств для подъема может не быть; изменение уровня достигается при помощи переносных подъемных механизмов. Длина подъемной части зависит от предполагаемого колебания горизонта воды за время эксплуатации переправы: чем больше будет колебание, тем длиннее должна быть эстакада, с тем чтобы уклон ее не превышал 35‰. Если колебание горизонта воды предполагается очень большим, например во время паводка, то сооружаются два причала — низководный и высоководный.

Для устройства причалов и эстакад применяются также инвентарные металлические конструкции.

Движение паромов производится при помощи катеров различной мощности. При небольшой ширине реки и малой скорости течения переправа может быть осуществлена при помощи троса и лебедок, укрепленных на берегах.

Пропускная способность переправы зависит от грузоподъемности паромов, оборудования паромов и пристаней, а также от ширины реки и скорости течения. В среднем пропускная способность переправ временного типа при двух паромах не превышает 100—150 вагонов в сутки.

**Наплавные мосты.** Наплавные мосты являются более совершенными конструкциями для краткосрочного восстановления. Они применяются при пересечении больших и средних глубоких рек (глубиной более 2 м). Представляя собой инвентарное имущество, эти мосты легко собираются, разбираются и транспортируются по железной дороге или автотранспортом. Темп наводки наплавных мостов очень высок. К недостаткам наплавных мостов относятся необходимость разбирать их во время ледохода и разводить при пропуске судов.

Наплавной мост состоит из подходов, прибрежной, сопрягающей и речной частей. Основным элементом моста является его речная часть, которая делится на плавающие опоры (понтон) и пролетные строения.

Речная часть наплавного моста одного из типов устроена следующим образом. Каждый понтон состоит из трех секций длиной по 9 м, шириной 2,6 м и высотой 1,2 м. Секция представляет собой закрытый сверху металлический ящик, разделенный переборками на четыре равные части; переборки предназначены для обеспечения непотопляемости парома в случае его повреждения. Сверху в палубе понтона имеются специальные люки. Секции между собой соединяются: сверху — накладками, а снизу — тавровыми захватами.

Для перемещения понтонов по воде примерно половина из них имеет специальные самоходные секции. Самоходные секции могут транспортировать по воде как отдельные секции, так и целые паромы (несколько понтонов с установленными на них пролетными строениями). Пролетные строения наплавного моста для удобства транспортировки и быстроты сборки делятся на отдельные секции длиной 6,25 м. Каждая секция представляет собой сварное пролетное строение со сплошными стенками из двутавровых балок (рис. 217). Высота секции 1,24 м, ширина (в осях) 1,548 м, общий вес 5,5 т. К стенкам балок прива-



рены ребра жесткости из листовой стали, которые одновременно служат фасонками для прикрепления связей.

Балки между собой связаны поперечными горизонтальными и диагональными связями из угловой стали сечением  $75 \times 75 \times 8$  мм. Верхние пояса балок соединены настилом из рифленой стали. Мостового полотна в том виде, в каком оно имеется в других мостах, у секций нет. Рельсы укладываются непосредственно на верхние полки балок и прикрепляются к ним прижимами.

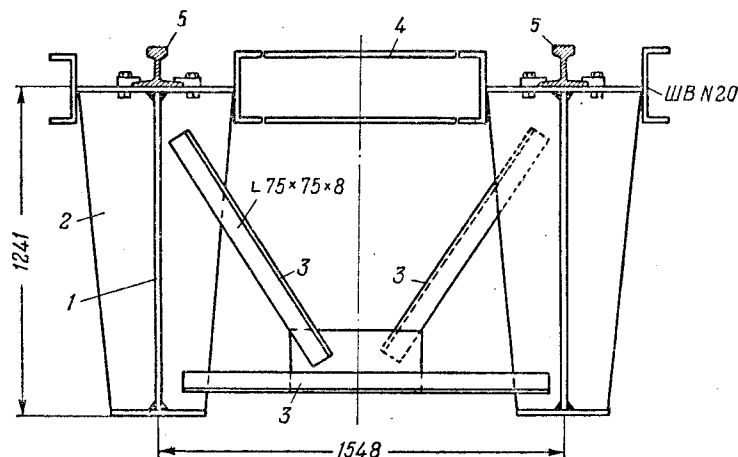


Рис. 217. Пролетное строение наплавного моста:

1 — главная балка; 2 — ребра жесткости; 3 — связи; 4 — настил из рифленой стали; 5 — рельсы железнодорожного пути

Секции пролетного строения устанавливаются в зависимости от требуемой высоты моста непосредственно на палубу понтона или на надпорные надстройки — жесткие опоры высотой 1 м.

Между собой секции соединяются жесткими, шарнирными и натяжными стыками. Жесткий стык применяется при соединении секций, входящих в один паром. Для того чтобы дать возможность паромам поворачиваться относительно один другого и облегчить наводку моста, секции разных паромов между собой соединяются шарнирными стыками. Натяжной стык применяется для присоединения к мосту выводной части или смыкания моста при наводке, если выводной части нет.

Пролетные строения имеют тротуары, состоящие из кон-

солей и щитов настила; при перевозке консоли отсоединяются от остальной секции.

Кроме пропуска железнодорожной нагрузки, наплавной мост описанного типа приспособлен и для пропуска автомобильной нагрузки. Конструкция пролетных строений для автомобильной нагрузки более проста. Пролетное строение состоит из четырех или восьми двутавровых балок, уложенных на палубу понтона, поперечин из брусьев толщиной 10 см и настила из 5-сантиметровых досок. По краям настила укладываются колесоотбойные брусья.

Сопрягающая часть моста, предназначенная для обеспечения плавного перехода подвижного состава с жесткой части моста на наплавную при любом горизонте воды, представляет собой пролетное строение, опирающееся одним концом на крайний понтон, а другим — на береговую опору. Береговая опора, называемая подъемной, может изменять свою высоту, что позволяет выдержать уклон сопрягающей части в допустимых пределах. Подъемная опора состоит из двух колонн, между которыми располагается подъемная балка с опирающимися на нее пролетными строениями. Подъем или опускание подъемной балки осуществляется при помощи лебедок с полиспастами, укрепленными на колоннах опоры. Основанием опоры служат сваи или ряжи.

Береговая часть моста состоит из металлических пролетных строений, таких же, как и в речной части, и жестких металлических опор.

Кроме инвентарных наплавных мостов, собираемых из специального имущества, в отдельных случаях применяются и наплавные мосты, собираемые из подручных средств.

#### Вопросы для повторения

1. В каких случаях применяются переправы и наплавные мосты? Какие существуют переправы?
2. Как устроена ледяная переправа?
3. При помощи чего осуществляется движение подвижного состава по ледяной переправе и от чего зависит количество одновременно переправляемого подвижного состава?
4. Как устроена свайно-ледяная переправа?
5. Из каких частей состоит паромная переправа и какие типы паромов применяются на ней? Как устроены причальные эстакады и причалы?
6. Из каких частей состоит наплавной мост и его речная часть?
7. Как устроена секция пролетного строения наплавного моста?
8. Как устроена сопрягающая часть наплавного моста?

## ГЛАВА 13

### ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЗАРУБЕЖНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

#### Общие сведения

Из зарубежных стран сильно развитой сетью железных дорог располагают западноевропейские страны Германия, Англия, Франция и Бельгия, а также США и Япония.

Наиболее характерными по своему устройству являются железные дороги Германии, в связи с чем в настоящей главе разбираются главным образом особенности устройства германских железных дорог.

**Ширина колеи и положение рельсовых нитей по уровню.** Нормальная ширина колеи на зарубежных железных дорогах в прямых участках пути принята равной 1435 мм. Исключение составляют железные дороги Финляндии, имеющие ширину колеи 1524 мм, Японии, имеющие ширину колеи 1067 мм, а также Испании, Португалии и некоторых других стран.

Уширение колеи в кривых на германских железных дорогах делается при радиусах менее 300 м. Ширина колеи в зависимости от радиуса кривой при этом равна:

Радиус кривой, м	Ширина колеи, мм
От 300 и более	1435
От 299 до 251	1440
От 250 до 161	1445
От 160 и менее	1450

Ширина колеи во всех случаях не должна быть уже 1432 мм и шире: на магистральных линиях — 1465 мм, на второстепенных линиях — 1470 мм.

Отклонение положения рельсовых нитей по уровню допускается: на железнодорожных участках со скоростью движения поездов до 120 км/час — 1 мм, на прочих участках — 3 мм.

**Уклоны.** На магистральных линиях германских железных дорог допускаются уклоны до 12,5‰ и в отдельных случаях (в горных условиях) — до 25‰; на второстепенных линиях в горных условиях допускаются уклоны до 40‰. Обычно в равнинных районах встречаются уклоны не круче 6—8‰. На станциях уклоны не должны превышать 2,5‰.

**Кривые.** Величина минимального радиуса кривых на магистральных железнодорожных линиях в обычных условиях принята 300 м, в трудных условиях — 180 м. На второстепенных линиях радиус кривых в трудных условиях допускается до 100 м. При переходе с прямых участков пути на кривую, как правило, устраиваются переходные кривые. Наружная рельсовая нить в кривых в зависимости от скорости движения укладывается с возвышением от 20 до 150 мм. Отвод возвышения наружного рельса и уширения колеи делается в пределах переходной кривой.

**Земляное полотно.** Ширина железнодорожного земляного полотна во всех странах установлена разная. На германских железных дорогах ширина земляного полотна в прямых участках пути на однопутных линиях равна 6 м, на двухпутных линиях 10 м. В кривых участках пути ширина земляного полотна увеличивается на 0,2 м. Очертание основной площадки земляного полотна как на однопутных, так и на двухпутных линиях делается треугольным. Крутизна откосов насыпей и выемок в обычных грунтах равна 1:1,5.

**Габарит приближения строений.** Размеры подвижного состава, обращающегося на зарубежных железных дорогах, за исключением Финляндии, значительно меньше размеров нашего подвижного состава. Поэтому основные размеры принятых на зарубежных железных дорогах габаритов приближения строений также меньше наших.

На германских железных дорогах высота габарита приближения строений принята 4,8 м, ширина 4,0 м (рис. 218). Расстояние между осями путей на перегонах — 4,0 м (ми-

нимальное 3,5 м), на станциях — 5,0 м (минимальное 4,5 м).

Габарит приближения строений железных дорог Финляндии наиболее близок к нашему габариту 1-С.

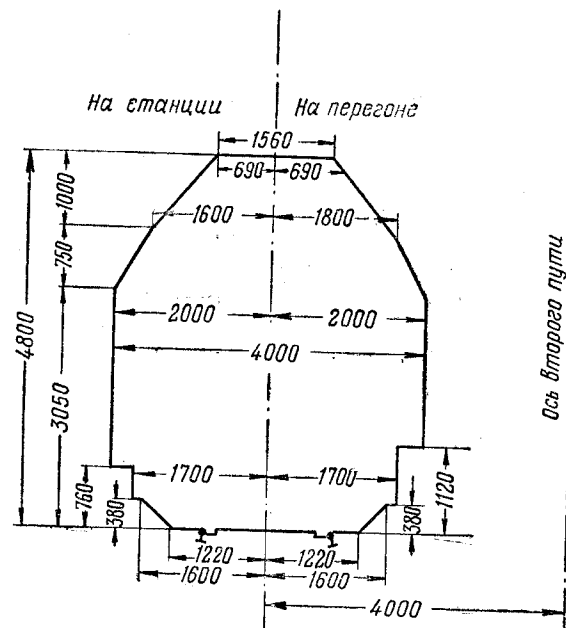


Рис. 218. Габарит приближения строений германских железных дорог

На железных дорогах других европейских стран габариты приближения строений довольно близки к принятому в Германии.

### Особенности устройства верхнего строения пути

На зарубежных железных дорогах верхнее строение пути состоит из тех же элементов, что и на наших дорогах. Вместе с тем, в устройстве верхнего строения пути в зарубежных странах имеются особенности, заключающиеся главным образом в конструкции отдельных элементов и их соединениях между собой.

**Рельсы.** На железных дорогах всех стран мира в настоящее время применяются широкоподшвенные рельсы, за исключением Англии и Франции, где, кроме того, употребляются и двухголовые рельсы.

На магистральных линиях западноевропейских стран в пути лежат рельсы весом от 40 кг/пог. м и тяжелее (в Германии — 49 кг/пог. м, во Франции — от 46 до 62 кг/пог. м, в Англии — от 45 до 55 кг/пог. м), а на второстепенных линиях более легкие, старых типов, весом от 30 до 40 кг/пог. м. На железных дорогах США применяются рельсы весом от 50 до 75 кг/пог. м.

Стандартным типом рельсов на германских железных дорогах принят тип S-49, во Франции — рельсы типов S-33, 36, 39 и 52. В других странах также употребляются в основном только стандартные рельсы. Поперечные профили стандартных рельсов некоторых зарубежных стран приведены на рис. 219.

Рельсы имеют длину: в Германии — 15 и 30 м, в Англии — 18,3 м, во Франции — 12; 18 и 24 м, в США — 11,89 м. Для укладки в кривых во всех странах, кроме США, применяются укороченные рельсы. На германских железных дорогах для каждой основной стандартной длины рельсов существуют три степени укорочения: 40, 80 и 120 мм, которые обозначаются добавочными отверстиями на шейке этих рельсов на расстоянии 100 мм одно от другого. Одно отверстие обозначает рельс с укорочением на 40 мм, два отверстия — с укорочением на 80 мм и три отверстия — с укорочением на 120 мм. Кроме укороченных рельсов, на германских железных дорогах для укладки в кривых имеются и удлиненные рельсы типа S-49 также с тремя степенями удлинения: на 60, 110 и 165 мм. Удлиненные рельсы, называемые уравнительными, укладываются по наружной нити кривой.

В США укороченные рельсы для укладки в кривых не применяются в связи с тем, что стыки располагаются не по наугольнику, а вразбежку.

Основные данные о стандартных и наиболее употребительных рельсах некоторых зарубежных стран приведены в табл. 19.

**Шпалы и переводные бруссы.** На зарубежных железных дорогах применяются главным образом деревянные шпалы и переводные бруссы. Металлические шпалы имеют распространение в Германии (до 40% общего протяже-

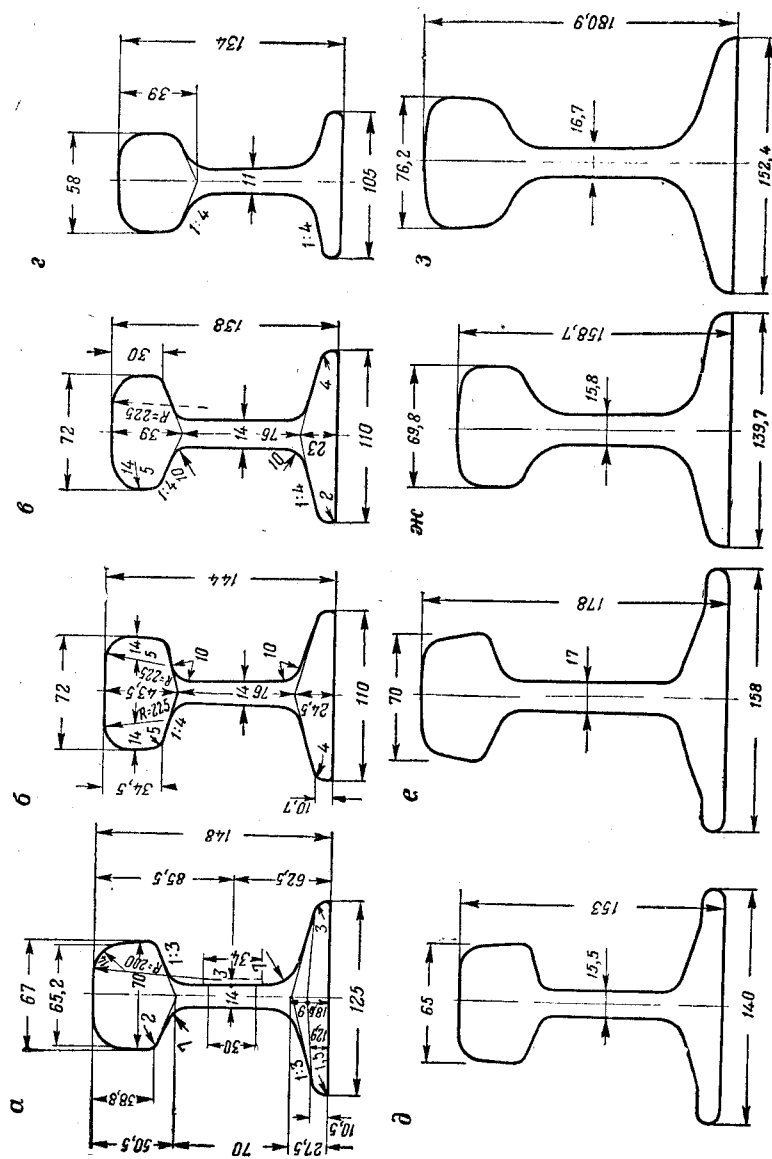


Рис. 219. Профили наиболее распространенных стандартных рельсов зарубежных железных дорог: а — германский тип S-49; б — германский тип 15; в — германский тип 8; г — французский тип 6; д — французский тип 3; е — американский тип 65,5 кг/пог. м; ж — английский тип 62 кг/пог. м; з — американский тип 62 кг/пог. м; и — американский тип 65,5 кг/пог. м; к — американский тип 65,5 кг/пог. м; л — американский тип 65,5 кг/пог. м; м — американский тип 65,5 кг/пог. м.

ния), а также в Австрии, Индии и некоторых других странах.

В Германии деревянные шпалы изготавливаются из сосны, дуба и бука и укладываются в основном на главных линиях, причем шпалы из дерева твердых пород (дуба и бука) применяются на наиболее ответственных участках пути: крутых уклонах, крутых кривых и в туннелях. Во Франции шпалы изготавливаются только из дерева твердых пород; в Англии — из сосны, в США — из разных пород леса.

Таблица 19

Основные данные о рельсах Германии и Франции

Тип рельса	Вес, кг/пог. м	Размеры сечения рельса, мм				Длина, м
		высота рельса	ширина подшвы	ширина головки	толщина шейки	
S-49 (Германия)	49,05	148	125	67	14	15,0; 30,0
S-45	45,25	142	125	67	14	12,0; 15,0; 18,0
15	45,05	144	110	72	14	12,0; 15,0; 18,0
8	41,01	138	110	72	14	12,0; 15,0; 18,0
6	33,40	134	105	58	11	12,0; 15,0
S-52 (Франция)	62,0	178	158	70	17	12,0; 18,0; 24,0
S-39	55,0	155	134	62	19	То же
S-36	50,0	153	140	65	15,5	
S-33	46,0	145	134	62	15	12,0; 18,0

Число шпал на 1 км пути различно: в Германии от 1391 до 1733 (стандартное 1600—1567 шт.), в Англии 1313, во Франции от 1090 до 1900 (стандартное 1700—1900), в США до 2100.

Длина деревянных шпал в Германии установлена: для магистральных линий 2,5—2,7 м, для второстепенных линий 2,4—2,6 м. Размеры и формы деревянных стандартных шпал и переводных брусков приведены на рис. 220. Для увеличения срока службы деревянные шпалы пропитываются антисептиками, а в местах расположения шурупов и костылей в них вставляются втулки из твердых пород леса.

Металлические шпалы изготавливаются преимущественно из мягкой литой стали. Длина этих шпал от 2,5 до 2,7 м. Наибольшее распространение имеют стандартные металлические шпалы типа Sw-7-а (рис. 35).

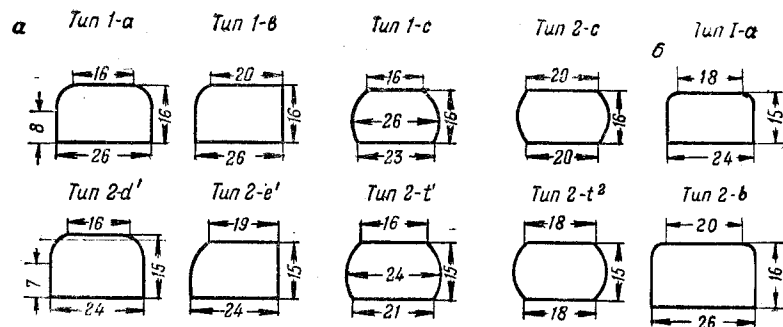


Рис. 220. Деревянные шпалы и переводные брусья германских железных дорог:

а — типы деревянных шпал; б — типы деревянных переводных брусьев

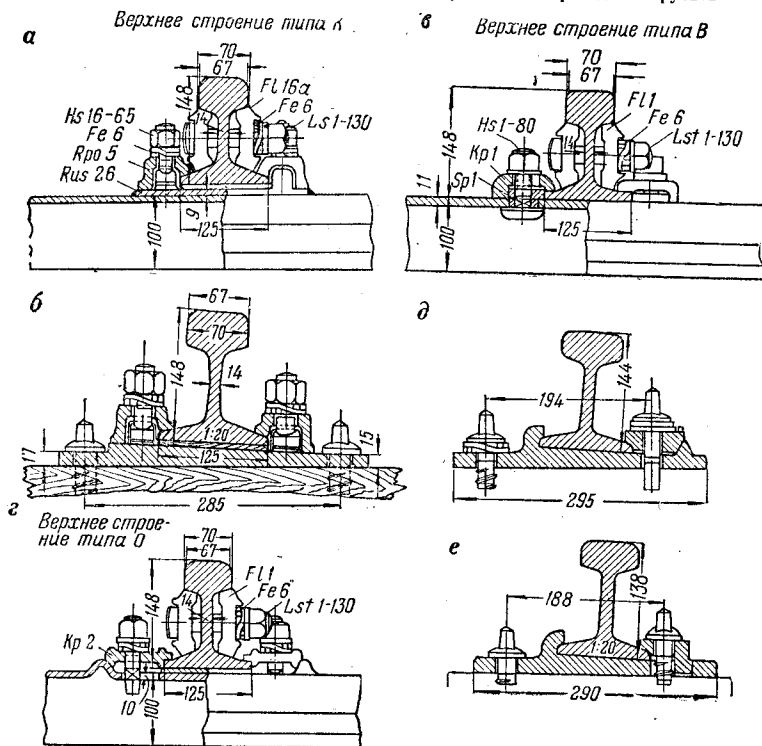


Рис. 221. Прикрепление рельсов к шпалам на германских железных дорогах:

а и б — раздельный способ прикрепления типа «К»; в — раздельный способ прикрепления типа «В»; г — раздельный способ прикрепления типа «О»; д — полураздельный способ прикрепления для рельсов типа 15; е — полураздельный способ прикрепления для рельсов типа 8

В настоящее время в Германии, Англии, Франции, Бельгии и некоторых других странах получают распространение железобетонные шпалы.

**Прикрепление рельсов к шпалам.** На зарубежных железных дорогах применяется раздельное, полураздельное и нераздельное прикрепление рельсов к шпалам (рис. 221). На германских железных дорогах основным является раздельный способ, при котором подкладка прикрепляется к шпале, а рельс — к подкладке. Прикрепление применяется различных типов, стандартным является тип «К».

Полураздельный способ прикрепления рельсов к шпалам встречается реже, главным образом в верхнем строении с рельсами типов 8 и 15. Нераздельный способ прикрепления рельсов к шпалам вместе с подкладками с помощью шурупов или костылей в зарубежных странах встречается также редко. Он почти ничем не отличается от применяющегося на наших железных дорогах.

Подкладки, болты и шурупы, применяемые на германских железных дорогах, показаны на рис. 222.

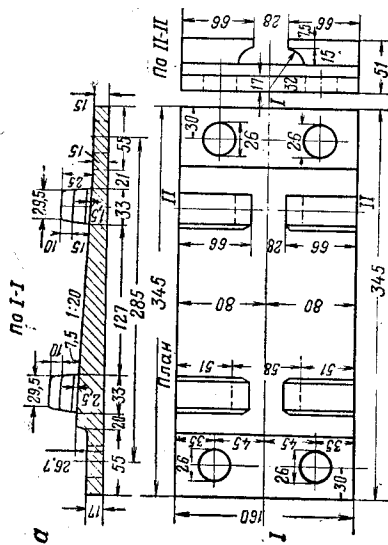
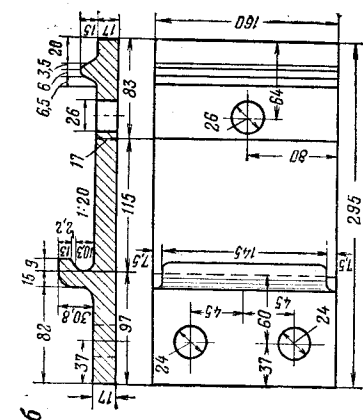
Подкладки к металлическим шпалам прикрепляются болтами или привариваются. К деревянным шпалам они прикрепляются почти исключительно при помощи шурупов, прикрепление костылями производится очень редко. Костыли применяются длиной 165 мм, сечением  $16 \times 16$  мм и  $15 \times 15$  мм.

Во Франции рельсы укладываются непосредственно на шпалы твердых пород без подкладок. В США применяются как нераздельное, так и смешанное костыльное скрепление. В Англии двухголовые рельсы укладываются на стуловые скрепления с клиньями.

**Стыки рельсов.** На германских железных дорогах основным типом является стык на сдвоенных шпалах с соединением концов рельсов при помощи плоских четырехдырных накладок. На некоторых линиях встречаются стыки на весу и на опоре (на уширенной шпале). Стыки устраиваются по наугольнику. На рис. 223 приведены схемы наиболее распространенных рельсовых стыков, применяемых на германских железных дорогах.

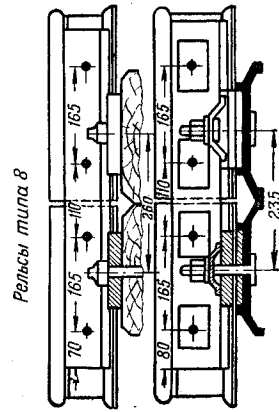
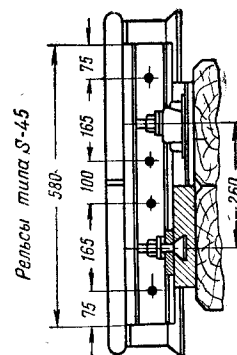
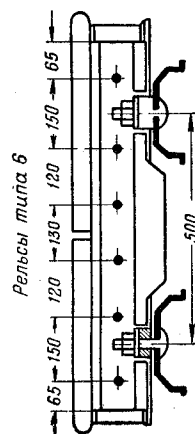
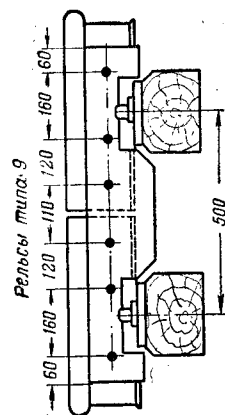
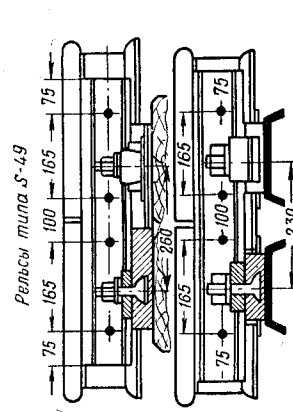
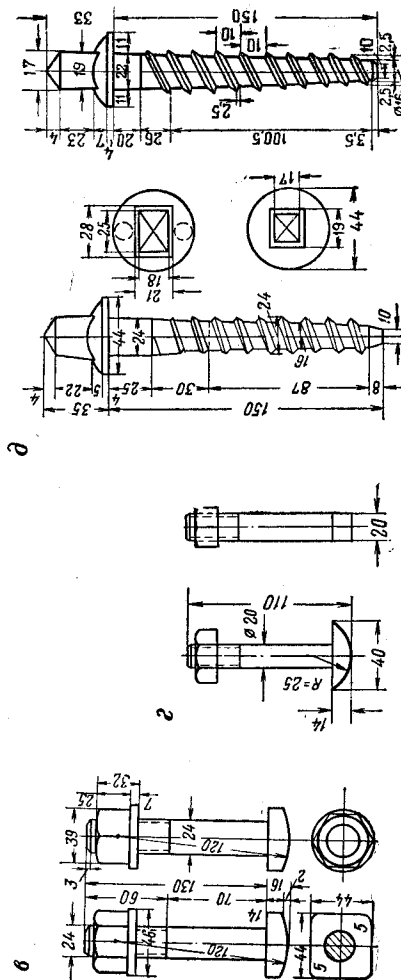
Вес наиболее распространенной накладки для рельсов типа S-49 составляет 18,12 кг, длина ее 580 мм, диаметр отверстий 26 мм.

Болты для соединения накладок в стыках рельсов на германских железных дорогах применяются почти исключительно с квадратной головкой. Для удержания гаек от



**Рис. 222.** Подкладки, болты и шурупы, применяемые на германских железных дорогах:

**а** — подкладка к верхнему строению типа "К", **б** — подкладка к рельсам типа 15; **в** — путевой болт к строению типа "К", **г** — закладной болт для крепления рельсов к подкладке в строении типа "К", **д** — шурупы для крепления подкладки к деревянным шпалам



**Рис. 223.** Схемы наиболее распространенных на германских железных дорогах рельсовых стыков и сечения накладок

самоотвинчивания применяются одинарные и двойные пружинные шайбы.

Во Франции и Англии основным типом стыка является стык на весу с угловыми или плоскими четырехдырными накладками. В США стыки устраиваются вразбежку или бессистемно с расположением на весу или на шпале с удлиненными накладками (900—1000 мм), перекрывающими одновременно и две предстыковые шпалы.

**Балластный слой.** На главных линиях германских железных дорог в качестве балласта применяется щебень и только на второстепенных линиях гравий и иногда песок. Толщина балластного слоя под шпалой — 20—34 см. Верхние бровки балластной призмы отстоят от концов шпал на 35 см. Количество балласта на 1 км однопутной линии составляет при деревянных шпалах 1890 м<sup>3</sup>, при металлических шпалах 2050 м<sup>3</sup>.

В Англии в качестве балласта применяется щебень, во Франции — щебень и доменные шлаки, в США — щебень, мытый гравий и доменные шлаки. Толщина слоя балласта под шпалой на дорогах США 30—45 см, а на некоторых линиях, где устраивается подбалластный слой (подушка), общая толщина его доходит до 50—76 см.

**Стрелочные переводы.** На зарубежных железных дорогах применяются главным образом два вида стрелочных переводов: одиночные и перекрестные. Кроме этих переводов, часто встречаются, особенно на германских железных дорогах, и более сложные переводы на три, четыре и пять направлений. Широко применяются также глухие пересечения. Типы и конструкции переводов очень разнообразны.

К основным типам германских стрелочных переводов относятся стрелочные переводы к рельсам типов 6; 8 и S-49. Тип переводов к рельсам S-49, называемый «Рейхсбан», имеет наибольшее распространение.

Стрелочные переводы укладываются большей частью на металлических брусках, реже на деревянных. Стрелки в большинстве случаев безлафетные.

Обыкновенные одиночные стрелочные переводы, как и на наших железных дорогах, подразделяются на правые и левые. У правой стрелки левый остряк и правый рамный рельс, а у левой стрелки правый остряк и левый рамный рельс делаются кривыми.

Корневое крепление остряков бывает шарнирное и пружинящее. Шарнирное крепление встречается в стрелочных переводах всех типов, пружинящее — только в обыкновен-

ных. Подкладки в стрелочных переводах прикрепляются к деревянным брускам шурупами, к металлическим брускам привариваются. Подушечка рельсов не делается.

Крестовины на стрелочных переводах германских железных дорог бывают прямолинейные и криволинейные. На главных путях укладываются стрелочные переводы типа «Рейхсбан» для рельсов S-49 с маркой крестовин 1/14 и даже 1/18,5 и переводной кривой радиусом соответственно 500 и 1200 м. Контррельсы в этих стрелочных переводах имеют специальный профиль высотой на 20 мм выше путевого рельса. Ширина желоба в прямой части контррельсов в крестовинах на 3 мм меньше, чем у наших крестовин, и составляет 41 мм. Переводы «Рейхсбан» безлафетные с шарнирным корневым креплением. На второстепенных путях применяются стрелочные переводы с маркой крестовин от 1/7 до 1/9 и радиусом переводной кривой от 140 до 300 м.

Схемы наиболее употребительных стрелочных переводов германских железных дорог приведены на рис. 224.

**Особенности устройства пути на раздельных пунктах.** Раздельные пункты на железных дорогах зарубежных стран, особенно в Германии, характеризуются большим путевым развитием. Это объясняется тем, что они обслуживают много различных частных и государственных промышленных предприятий, для чего необходимы тупики, ветви и дополнительные станционные пути.

Как правило, раздельные пункты устраиваются в очень стесненных условиях, вследствие чего для лучшего использования отведенной территории на станционных путях применяются в большом количестве перекрестные стрелочные переводы, глухие пересечения, а также симметричные и несимметричные стрелочные переводы на три, четыре и большее число направлений. Перекрестные переводы и глухие пересечения имеются даже на небольших станциях, а на больших станциях из перекрестных переводов встречаются целые стрелочные улицы.

На второстепенных станционных путях лежат главным образом рельсы и стрелочные переводы старых типов; шпалы встречаются как деревянные, так и металлические; переводные бруссы, как правило, металлические. В качестве балласта на станционных путях, кроме главных, применяется гравий; главные пути и стрелочные переводы уложены на щебне.

Управление стрелочными переводами на большинстве раздельных пунктов только централизованное.

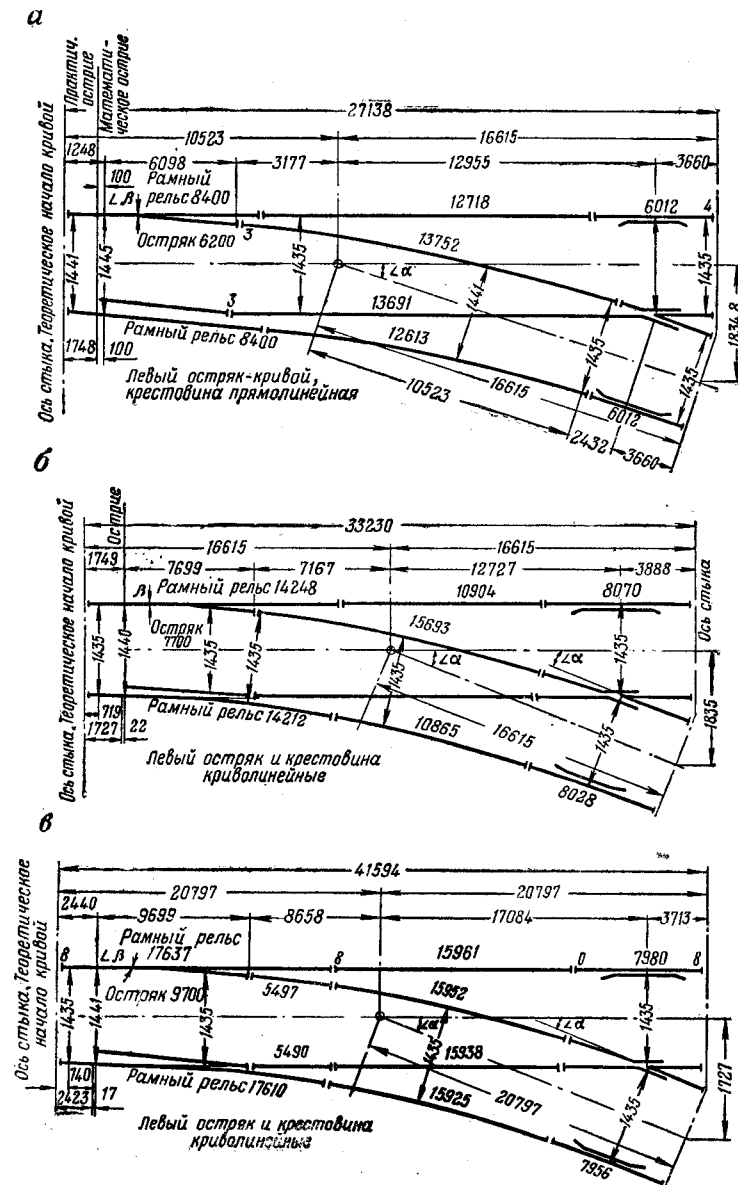


Рис. 224. Схемы стандартных обыкновенных стрелочных переводов германских железных дорог:

а — стрелочный перевод типа „Рейхсбан“ для рельсов S-49 с радиусом переводной кривой 190 м и маркой крестовины 1/9; б — стрелочный перевод типа „Рейхсбан“ для рельсов S-49 с радиусом переводной кривой 300 м и маркой крестовины 1/9; в — стрелочный перевод типа „Рейхсбан“ для рельсов S-49 с радиусом переводной кривой 500 м и маркой крестовины 1/12

## Особенности устройства искусственных сооружений

Конструкции искусственных сооружений на зарубежных железных дорогах очень разнообразны.

**Трубы.** В своем большинстве трубы сооружены из камня, бетона или железобетона. Трубы отверстием до 1 м чаще всего перекрыты каменными плитами; трубы отверстием более 1 м имеют сводчатые перекрытия или перекрытия из железобетонных плит. Встречаются также трубы металлические и из железобетонных колец.

**Малые мосты.** На железных дорогах малые мосты имеют широкое распространение. Они бывают железобетонные, бетонные, каменные и металлические.

Железобетонные малые мосты отверстием до 14 м в большей своей части перекрыты железобетонными плитами с арматурой из металлических балок. Реже встречаются мосты с ребристыми железобетонными пролетными строениями.

Металлические малые мосты имеют, как правило, пролетные строения со сплошными главными балками. В некоторых случаях рельсы укладываются прямо по верхним поясам этих балок, к которым приварены подкладки. Встречаются мосты, имеющие под каждую нить рельсового пути по две балки, что делается для уменьшения их высоты. Рельсы на таких мостах располагаются между балками (рис. 225). Металлические малые мосты отверстием более 14 м иногда перекрываются открытым пролетным строением со сквозными главными фермами с ездой понизу.

Каменные малые мосты встречаются большей частью на железных дорогах, построенных в горных условиях (на юге Франции, Германии, Австрии и др.).

**Средние и большие мосты.** Среди средних и больших мостов на зарубежных железных дорогах преобладают металлические мосты, реже встречаются железобетонные

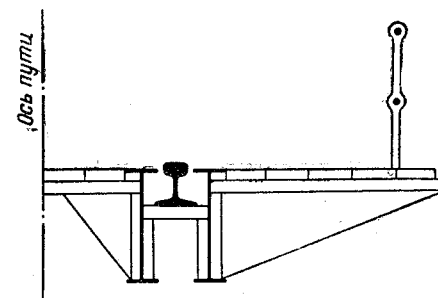


Рис. 225. Металлическое пролетное строение с парными главными балками



и совсем редко — каменные. Мосты через большие водные препятствия — только металлические.

Металлические мосты с пролетами до 30 м (а в последнее время и до 50 м) в большинстве случаев имеют пролетное строение со сплошными клепаными или сварными главными балками. Встречаются также мосты пролетом до 40 м с открытыми металлическими пролетными строениями со сквозными фермами с ездой понизу. Большие отверстия перекрываются металлическими пролетными строениями со сквозными фермами с ездой поверху или понизу.

Железобетонные и каменные мосты встречаются главным образом в виде виадуков с пролетами от 10 до 25 м. Такие виадуки наиболее распространены в горных районах и имеют большую высоту (до 30—40 м) и длину. Встречаются также железобетонные виадуки больших пролетов. Иногда большие пролеты виадуков перекрываются металлическими пролетными строениями. Опоры виадуков в некоторых случаях делаются из металла. Часто виадуки располагаются на кривых.

**Туннели.** Туннели имеют большое распространение на железных дорогах в горных районах Германии, Франции, Австрии, Италии, Турции и других стран. Иногда туннели расположены один за одним с высокими виадуками между ними. Длина туннелей различна — от нескольких десятков метров до нескольких километров.

**Подпорные стенки.** Подпорные стенки в большом количестве встречаются на железных дорогах в горных районах и в пределах населенных пунктов. Подпорные стенки в большинстве своем построены из камня, бетона или железобетона.

#### Вопросы для повторения

1. В чем заключается отличие зарубежных железных дорог в отношении ширины колеи, уклонов, кривых, габаритов и земляного полотна?
2. Каковы особенности рельсов и шпал, применяемых на зарубежных железных дорогах?
3. Какие типы промежуточных скреплений применяются на зарубежных железных дорогах? Как устраиваются рельсовые стыки?
4. Какие типы стрелочных переводов применяются на зарубежных железных дорогах?
5. В чем заключаются особенности устройства пути на отдельных пунктах?
6. Какие искусственные сооружения применяются на зарубежных железных дорогах?

## ГЛАВА 14

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

#### Назначение и устройство раздельных пунктов

Раздельными пунктами железнодорожных линий являются станции, разъезды, обгонные пункты и путевые посты, а при автоблокировке — и проходные светофоры. Раздельные пункты делят железнодорожную линию на отдельные части, называемые перегонами. На каждом перегоне в целях безопасности движения может находиться только один поезд; при нахождении поезда на перегоне последний считается занятым. Чем больше на железнодорожной линии раздельных пунктов и чем короче расстояние между ними, тем пропускная способность ее, т. е. количество пар поездов, пропускаемых по линии в течение суток, будет больше. Так, например, при наличии на железнодорожном участке *АБ* (рис. 226) одного раздельного пункта *В* по нему одновременно могут двигаться два поезда. Если же построить дополнительно раздельный пункт *Г*, то по участку могут одновременно двигаться три поезда; если построить пункт *Д* — четыре поезда и т. д.

Перегоны, границами которых являются станции, разъезды или обгонные пункты, называются межстанционными; перегоны, ограничиваемые путевыми постами или постом и станцией, называются межпостовыми; перегоны, расположенные между проходными светофорами на линиях, оборудованных автоблокировкой, — блоками.

Кроме деления железнодорожных линий на перегоны, раздельные пункты предназначаются для выполнения определенных операций, связанных с движением поездов и их

обслуживанием (погрузкой и выгрузкой грузов, формированием поездов, обслуживанием пассажиров и др.).

В зависимости от назначения раздельные пункты бывают с путевым развитием и без него. К раздельным пунктам, не имеющим путевого развития, относятся проходные светофоры и путевые посты; остальные раздельные пункты имеют путевое развитие.

Проходные светофоры — это сигнальные приборы, установленные на границах блок-участков вдоль железнодорожной линии справа от нее по ходу движения поездов или над осью ограждаемого ими пути. Они подают машинисту локомотива сигнал разрешения или запрещения проследовать с одного блок-участка на другой. Сигналы, как правило, подаются трех цветов: красный огонь,

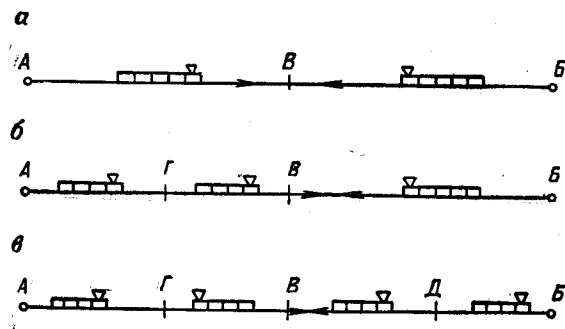


Рис. 226. Схемы железнодорожного участка:  
а — с одним раздельным пунктом; б — с двумя раздельными пунктами; в — с тремя раздельными пунктами

запрещающий дальнейшее движение поезда, желтый огонь, разрешающий проезд проходного светофора с уменьшенной скоростью, и зеленый огонь, разрешающий движение с установленной скоростью.

Путевые посты — это раздельные пункты на железнодорожных линиях, не оборудованных автоблокировкой, не имеющие путевого развития и обслуживаемые дежурным по посту. Путевой пост имеет небольшое здание дежурного, в котором размещается аппаратура управления сигналами поста и аппаратура связи (рис. 227). Посты могут быть двусторонними, являющимися раздельными пунктами для обоих направлений движения, и односторонними, обслуживающими только одно направление. Кроме путевых постов, на перегонах могут быть вспомогательные

посты, предназначенные только для обслуживания примыкания ветви или подъездного пути. Вспомогательный пост для поездов, следующих по всему перегону, раздельным пунктом не является.

На перегонах имеются также пункты, предназначенные исключительно для посадки и высадки пассажиров. Эти пункты, называемые пассажирскими остановочными пунктами, путевого развития не имеют и раздельными пунктами не являются.

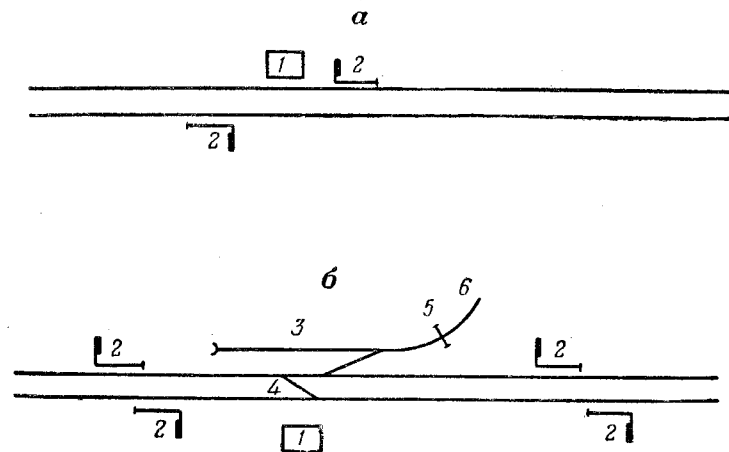


Рис. 227. Схемы постов:  
а — путевой пост; б — вспомогательный пост; 1 — здание дежурного по посту; 2 — проходные сигналы; 3 — предохранительный тупик; 4 — съезд; 5 — поворотный брус; 6 — примыкающая ветвь

Обгонным пунктом называется раздельный пункт на двухпутных линиях, имеющий путевое развитие, допускающее обгон поездов и в необходимых случаях перевод поезда с одного главного пути на другой.

Для того чтобы один поезд мог обогнать другой, следующий в том же направлении, на обгонных пунктах укладываются дополнительно к главным путям один или два обгонных пути (по одному пути для каждого направления). В необходимых случаях на обгонных пунктах устраиваются погрузочно-разгрузочный тупик и тупик для стоянки толкача и его экипировки. В зависимости от длины площадки, рельефа местности, наличия кривых обгон-

ные пункты могут быть с поперечным или смещенным расположением обгонных путей, а также с одним путем, расположенным между главными путями (рис. 228).

Разъездом называется раздельный пункт на однопутных линиях, имеющий путевое развитие, предназначенное для скрещения (разъезда встречных поездов) и обгона поездов. В случаях необходимости на разъездах могут про-

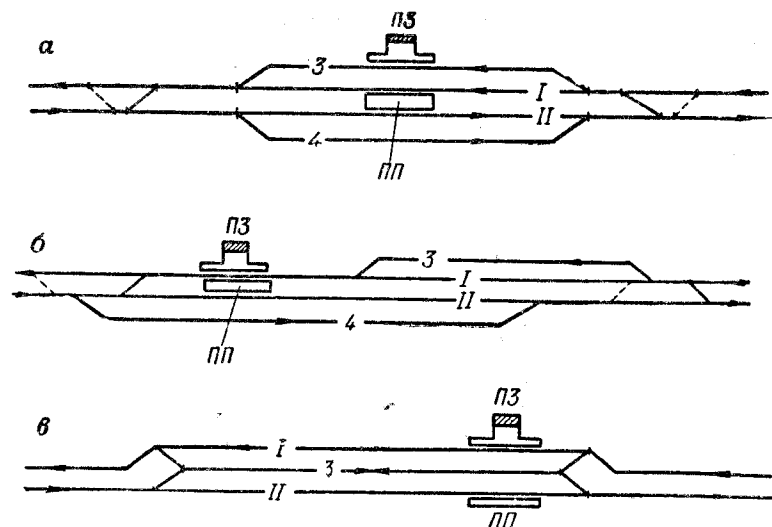


Рис. 228. Схемы обгонных пунктов:

а — с поперечным расположением обгонных путей; б — со смещенным расположением обгонных путей; в — с одним обгонным путем; ПЗ — пассажирское здание; I и II — главные пути; 3 и 4 — обгонные пути; ПП — пассажирская платформа

изводиться в небольших объемах грузовые и пассажирские операции.

Для возможности скрещения поездов на разъездах, кроме главного пути, укладываются один—два прямо-отправочных пути. В зависимости от местных условий разъезды сооружаются с поперечным и продольным расположением прямо-отправочных путей, а также с размещением их по одну сторону главного пути (рис. 229). Тупики, которые могут устраиваться для производства грузовых операций, обычно располагаются возможно ближе к пассажирскому зданию.

Станцией называется раздельный пункт, имеющий путевое развитие, позволяющее производить операции по

приему, отправлению, скрещению и обгону поездов, операции по приему, выдаче грузов и обслуживанию пассажиров, а при развитых путевых устройствах — формирование поездов и технические операции с поездами. В зависимости от основного назначения и характера работы железнодорожные станции делятся на грузовые, сортировочные, участковые, пассажирские и промежуточные.

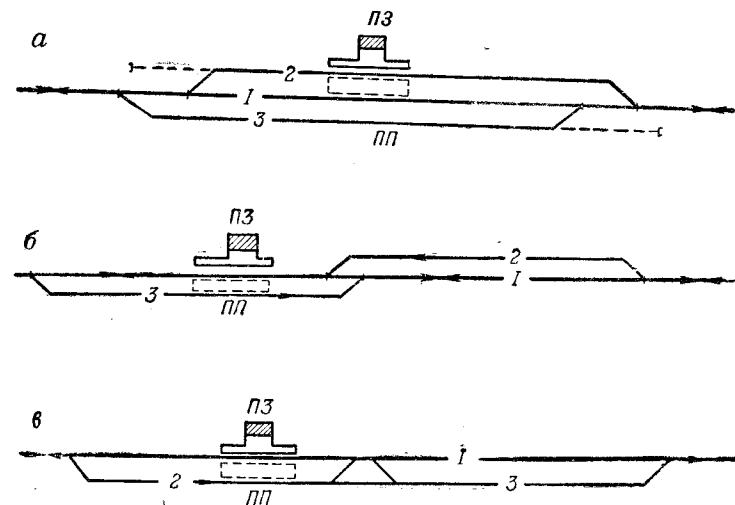


Рис. 229. Основные схемы разъездов:

а — с поперечным расположением прямо-отправочных путей; б — с продольным расположением прямо-отправочных путей; в — с размещением прямо-отправочных путей по одну сторону главного пути; ПЗ — пассажирское здание; ПП — пассажирская платформа; I — главный путь; 2 и 3 — прямо-отправочные пути

Железнодорожные станции являются основными производственными единицами железнодорожного транспорта. На них сосредоточены важнейшие технические средства и сооружения железных дорог: пассажирские средства и устройства для приема и выдачи грузов, а также для их погрузки и выгрузки, локомотивные и вагонные депо, устройства для экипировки локомотивов и др. Станции имеют пути или парки путей для приема и обработки поездов, вытяжные пути (вытяжки) для перестановки вагонов с одного пути на другой и для сортировочной работы. На крупных станциях сооружаются горки для сортировки вагонов и формирования поездов.

Каждый разъезд, обгонный пункт и станция имеют свои границы. Границами их являются: на однопутных ли-

ниях — входные светофоры или семафоры; на двухпутных линиях — по каждому в отдельности главному пути с одной стороны входной светофор или семафор, а с другой стороны специальный указатель «Граница станции», установленный за последним выходным стрелочным переводом на расстоянии не менее 50 м от него (рис. 230).

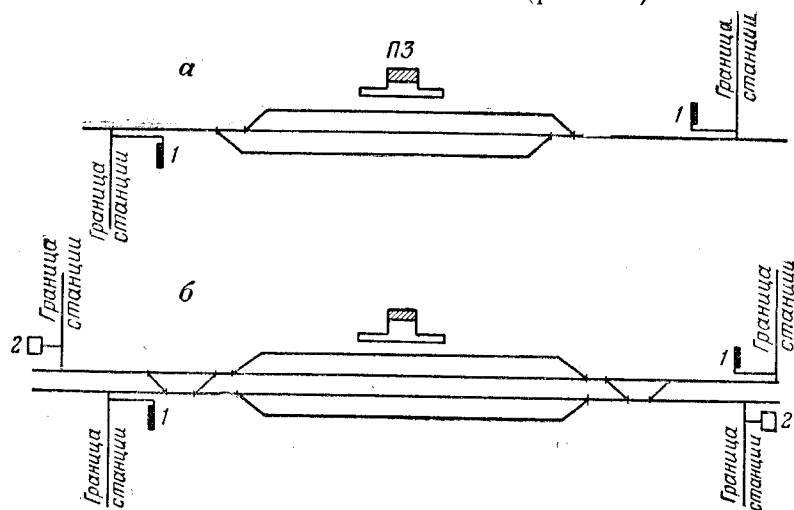


Рис. 230. Границы станций:

а — на однопутной линии; б — на двухпутной линии; 1 — входной семафор или светофор; 2 — указатель границы станции

Путевые посты и проходные светофоры разделяют перегоны по оси мачты проходного светофора или семафора, относящегося к данному пути.

Каждый раздельный пункт, вспомогательный пост и пассажирский остановочный пункт имеют наименование или номер.

### Станционное хозяйство

Основными устройствами станционного хозяйства являются: путевое развитие станций, устройства связи и СЦБ, станционные и стрелочные посты, служебно-технические здания и помещения, устройства для обслуживания пассажиров, грузовые и холодильные устройства, устройства освещения, водоснабжения и противопожарной безопасности, горочные устройства. Наличие тех или иных

устройств определяется характером и объемом работы станций.

Железнодорожные станции имеют главные пути, станционные пути и пути специального назначения. К главным путям станций относятся пути, служащие непосредственным продолжением перегонных путей. Станционными путями являются приемо-отправочные, сортировочные, погрузочно-выгрузочные, вытяжные, деповские (локомотивного и вагонного хозяйства) и прочие пути, назначение которых определяется проводимыми на них операциями. К путям специального назначения относятся предохранительные и улавливающие тупики, а также подъездные пути и ветви к предприятиям, карьерам и складам.

Приемо-отправочные пути предназначаются для приема и отправления поездов; сортировочные — для формирования и расформирования поездов; погрузочно-выгрузочные — для погрузки и выгрузки грузов; вытяжные — для вытягивания составов при их расформировании и формировании, а также при перестановке вагонов с одного пути на другой; деповские пути, расположенные на территории локомотивных и вагонных хозяйств, служат для экипировки<sup>1</sup>, стоянки и ремонта локомотивов и вагонов. К прочим путям на станциях относятся пути для стоянки пассажирских, служебных, почтовых и багажных вагонов, пути для стоянки толкачей, локомотивные тупики для заблаговременной подготовки локомотивов под пассажирские поезда, соединительные пути между парками и др.

На многих станциях, разъездах, обгонных пунктах для предупреждения выхода подвижного состава с ветвей, примыкающих к приемо-отправочным или главным путям, на маршруты следования поездов устраиваются предохранительные тупики. Такие же тупики делаются на перегонах в местах примыкания к главному пути подъездных путей или ветвей (рис. 227, б). Полезная длина предохранительного тупика должна быть не менее 50 м.

Улавливающие тупики устраиваются при неблагоприятном профиле пути как на станциях, так и на перегонах. Они предназначены для остановки (улавливания) потерявшего управление поезда или части поезда при движении по затяжному спуску. Улавливающие тупики устраиваются

<sup>1</sup> Экипировка локомотива состоит из снабжения его топливом, песком, водой, антинакипином, смазочными, осветительными и обтирочными материалами, а также из внешней очистки и обмывки локомотива.

длиной 400—600 м и более. Их отводят в сторону от главного пути и располагают на подъеме с постепенно увеличивающейся крутизной.

Каждый станционный путь характеризуется полной и полезной длиной. Полная длина путей ограничивается началом стрелочных переводов, а для тупиковых путей — началом стрелочных переводов и упорами. Часть полной длины пути, в пределах которой может находиться подвижной состав при обеспечении безопасного движения по соседним путям, называется полезной длиной пути. Полезная длина путей ограничивается предельным столбиком и выходным сигналом. Полезная длина тупиковых путей ограничивается с одной стороны тупиковым упором, а с другой — предельным столбиком или выходным сигналом. Как частный случай полная и полезная длины могут быть равны между собой.

На станциях со значительным путевым развитием устраиваются парки, состоящие из станционных путей, объединенных в группы в зависимости от характера производимой на них работы. Различают парки приема, приемо-отправочные, отправления, сортировочные, транзитные, технические. Каждый путь и каждая стрелка на станции имеют присвоенные им номера.

Имеющиеся на станциях устройства связи и СЦБ и грузовые устройства указаны в главе 1.

Одним из важнейших устройств станционного хозяйства является водоснабжение. Устройства водоснабжения сооружаются с таким расчетом, чтобы они обеспечивали необходимое количество воды для снабжения паровозов, поездов и всех нужд станций. Основными элементами системы водоснабжения являются: источники водоснабжения; гидротехнические и заборные сооружения; насосные станции; напорные линии; водоемные здания для хранения запаса воды; разводящие сети для распределения воды по пунктам потребления; гидравлические колонки и краны; устройства, обеспечивающие очистку воды для питья и умягчение ее для технических нужд. На каждой станции набора воды паровозами должно быть не менее двух гидравлических колонок — по одной для каждого направления. На станциях набора воды паровозами пассажирских поездов устраиваются дополнительные гидравлические колонки на путях отправления и приема этих поездов.

Устройство пассажирских помещений, платформ и сортировочных горок рассматривается ниже.

## Основные типы станций

**Промежуточные станции.** Промежуточные станции служат для выполнения технических, грузовых, коммерческих и пассажирских операций. К техническим операциям относятся: прием, отправление и пропуск транзитных пассажирских и грузовых поездов, прицепка и отцепка вагонов, набор воды паровозами и экипировка их. Грузовые и коммерческие операции состоят в приеме, погрузке, выгрузке, хранении и выдаче грузов и багажа, а также в оформлении грузовых документов. Пассажирские операции предусматривают посадку и высадку пассажиров и продажу проездных билетов.

В зависимости от местных условий промежуточные станции могут быть с поперечным расположением путей и размещением грузовых устройств со стороны пассажирского здания или с противоположной стороны; с продольным расположением путей и со смещенным расположением путей. На рис. 231 показаны схемы расположения путей промежуточных станций различных типов на однопутных линиях. Промежуточные станции двухпутных участков имеют схемы, аналогичные приведенным.

Промежуточные станции, как правило, имеют кроме главных, от двух до четырех приемо-отправочных путей, а на станциях, где необходимо производить маневры по прицепке и отцепке вагонов от сборных поездов, — и вытяжной путь.

**Участковые станции.** Участковые станции служат для выполнения всех операций, производимых на промежуточных станциях, и, кроме того, для смены локомотивов, бригад и выполнения операций по осмотру подвижного состава, формированию и расформированию сборных и участковых поездов.

Основными устройствами участковых станций являются устройства для пассажирского движения и пассажирских перевозок, грузового движения и грузовых операций, ремонта и снабжения локомотивов, ремонта вагонов, а также для хранения и выдачи материалов. На некоторых станциях предусмотрены устройства для снабжения вагонов-ледников льдом и солью, для снабжения фуражом и водопоя перевозимых животных, промывки и дезинфекции вагонов.

Участковые станции могут быть с основным, оборотным и смешанным депо.

По роду тяги участковые станции различаются на станции с паровозной, электровозной, тепловозной и смешанной тягой поездов.

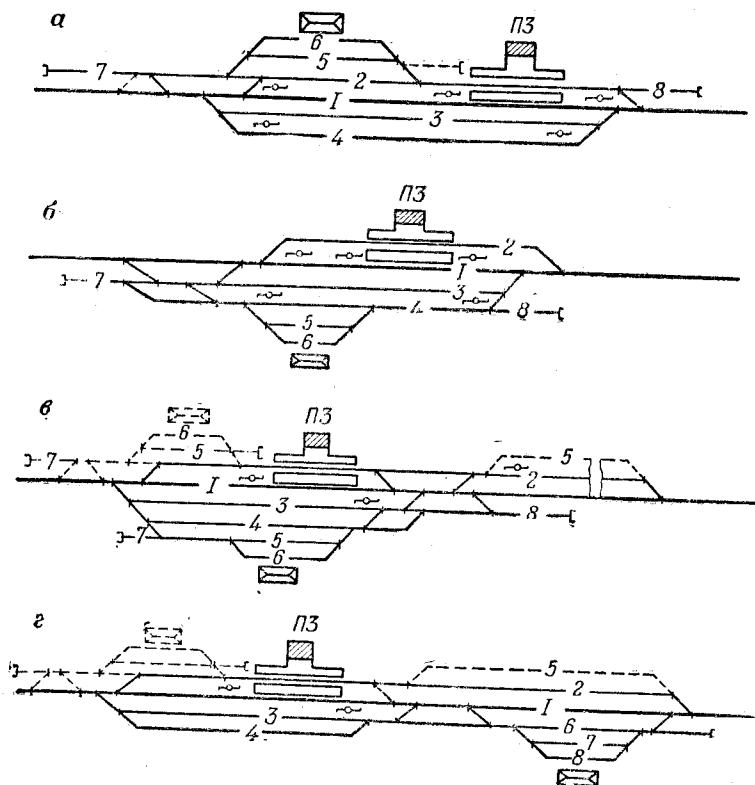


Рис. 231. Основные схемы промежуточных станций на однопутных линиях:

а — с поперечным расположением путей и размещением грузовых устройств со стороны пассажирского здания; б — с поперечным расположением путей и размещением грузовых устройств с противоположной стороны пассажирского здания; в — с продольным расположением путей; г — со смещенным расположением путей; 1 — главный путь; 2—8 — номера путей (пунктиром показаны возможные варианты)

На рис. 232 приведена одна из возможных схем участковой станции. В зависимости от размеров и характера движения число приемо-отправочных и сортировочных путей на участковых станциях может быть различным, как правило, от 5 до 20.

**Сортировочные станции.** Сортировочные станции предназначены для сортировки вагонов по назначению и для формирования из этих вагонов поездов. Эти станции имеют такие же устройства станционного хозяйства, как и участковые, но, помимо этого, располагают мощными сортировочными средствами.

На сортировочных станциях устраивают специальные парки приема, в которые принимаются поезда, парки отправления, откуда они отправляются после формирования.

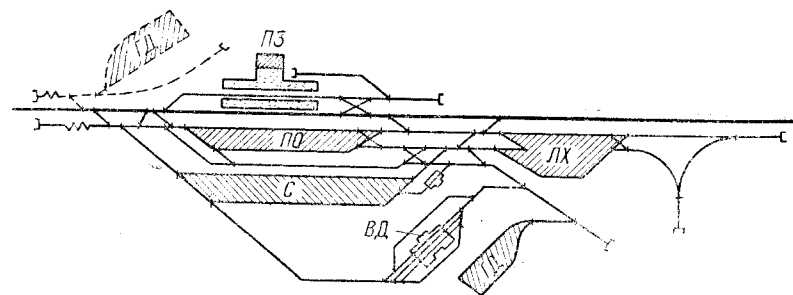


Рис. 232. Схема участковой станции:

ПЗ — пассажирское здание; ПО — приемо-отправочный парк; С — сортировочный парк; ЛХ — локомотивное хозяйство; ВД — вагонное депо; ГД — грузовой двор (пунктиром показан возможный вариант его расположения)

и сортировочные парки, в которых производится сортировка вагонов и формирование их в составы. Имеются станции, где парки приема и отправления объединены в приемо-отправочные парки. Для приема и пропуска транзитных поездов, проходящих через станцию без переформирования, на сортировочных станциях имеются пути транзитных парков. Транзитные парки и подходы к ним располагаются таким образом, чтобы осуществляемые в парках операции не мешали основной работе станции. Сортировочные станции могут иметь до 80—100 путей, сгруппированных в отдельные парки.

На рис. 233 приведены схемы сортировочных станций с последовательным расположением парков приема, сортировки и отправления. Расположение парков в зависимости от местных топографических условий может быть и комбинированное.

Сортировочные станции бывают безгорочные, когда формирование составов производится с помощью вытяжных путей, и горочные, когда составы формируются со

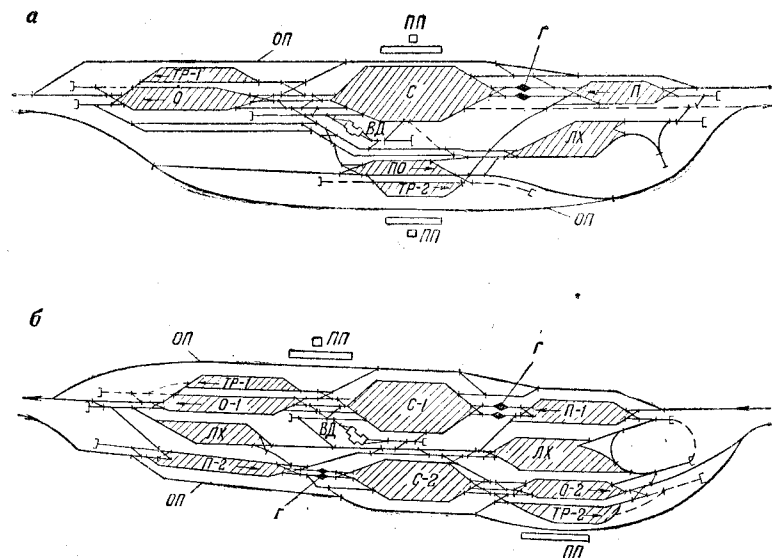


Рис. 233. Схемы сортировочных станций с последовательным расположением парков:

а — односторонняя станция; б — двухсторонняя станция; ОП — объёмлющие пути; ПП — пассажирская платформа; С — сортировочный парк; П — парк приема; О — парк отправления; ПО — прямо-отправочный парк; ТР — транзитный парк; ЛХ — локомотивное хозяйство; ВД — вагонное депо; Г — сортировочная горка

специальных горочных устройств. Горочные устройства позволяют значительно ускорить формирование и расформирование составов.

Сортировочной горкой называется устройство, обеспечивающее расформирование и формирование составов путем скатывания вагонов в сортировочный парк под действием силы их тяжести. Горка (рис. 234) состоит из двух частей: надвижной и спускной. На границе этих частей устроена вершина горки (горб). Надвижная часть перед вершиной горки имеет крутой подъем, на котором производится расцепка вагонов. За вершиной горки горочный путь постепенно разветвляется, и вагон, спущенный с горки, может попасть на любой путь сортировочного парка. Обычно пути сортировочного парка группируются в пучки по 6—8 путей в каждом.

Состав, находящийся на надвижной части горки, двигают локомотивом в направлении горки. После пере-

хода через вершину горки отдельные вагоны или группы их (отцепы) под действием силы тяжести скатываются по спускной части на соответствующие пути сортировочного парка.

На горках небольшой высоты, называемых полугорками, одной силы тяжести вагонов или отцепов для их скатывания в сортировочный парк оказывается недостаточно. В этом случае при расформировании и формировании составов вагоны или отцепы получают дополнительный толчок локомотивом.

В целях создания необходимого интервала между отцепами для своевременного перевода стрелок, а также для предупреждения опасного столкновения движущихся вагонов с вагонами, стоящими на сортировочных путях, вагоны и отцепы при движении с горки в необходимых случаях притормаживаются. Для этого применяются вагонные замедлители, автоматические и ручные тормозные башмаки.

Горки бывают механизированные и немеханизированные. Механизированные сортировочные горки имеют механические тормозные средства, централизованное управление стрелками и систему автоматической сигнализации.

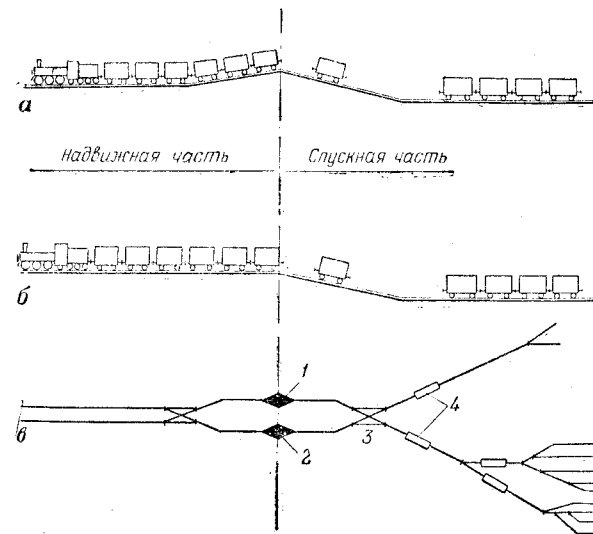


Рис. 234. Схемы сортировочных горок:

а — горка; б — полугорка; в — план горки: 1 — зимняя горка; 2 — летняя горка; 3 — распределительная стрелка; 4 — вагонные замедлители

**Грузовые станции.** Основным назначением грузовых станций является погрузка и выгрузка грузов. Обычно такие станции располагаются в крупных населенных пунктах, в районах массовой погрузки и выгрузки грузов, в железнодорожных узлах.

Для погрузки, выгрузки и хранения грузов на грузовых станциях имеются грузовые склады, крытые и открытые платформы, площадки для контейнеров и тяжеловесных грузов, площадки для навалочных грузов. Вдоль складских помещений, площадок и платформ расположены железнодорожные пути. Обычно все эти сооружения размещаются на так называемом грузовом дворе.

Кроме этих устройств, грузовые станции имеют приемо-отправочные и сортировочные пути, пути и устройства для очистки и промывки вагонов, пути для опасных грузов, устройства для ремонта вагонов, весовые устройства, габаритные ворота, устройства для экипировки маневровых локомотивов, обменные пути, технические конторы. Грузовые станции могут быть как общего пользования, где производится погрузка и выгрузка всех прибывающих грузов, так и специальные, назначенные и приспособленные для погрузки и выгрузки одного какого-либо груза (угля, руды, нефтепродуктов и т. д.). В зависимости от назначения специальные грузовые станции имеют и специальные погрузочные устройства.

К числу грузовых станций относятся также перегрузочные станции, на которых производится перегрузка грузов из вагонов одной колеи в вагоны другой колеи, а также портовые станции, осуществляющие перегрузку грузов с речного и морского транспорта на железнодорожный и обратно.

**Пассажирские станции.** Пассажирские станции предназначены для обслуживания пассажирских перевозок. Они обычно устраиваются в крупных населенных пунктах. На этих станциях производится посадка, высадка пассажиров, прием, выдача, хранение, погрузка и выгрузка багажа, почтовых отправок и грузов большой скорости, а на некоторых из них — снабжение составов водой и топливом. Подготовка подвижного состава пассажирских поездов к следованию, очистка, снабжение и ремонт вагонов производятся на специальных технических пассажирских станциях или в технических парках пассажирских станций.

По характеру обслуживаемых поездов пассажирские станции бывают транзитными, конечными и смешанными.

Транзитные станции обслуживают главным образом дальние транзитные поезда, конечные — поезда, заканчивающие или начинающие поездку, и смешанные — все виды пассажирских поездов. В соответствии с характером обслуживания поездов строится и схема расположения путей на этих станциях, а сами станции в зависимости от расположения путей бывают сквозными, тупиковыми и комбинированными.

Кроме перечисленных, к числу пассажирских станций относятся и так называемые зонные станции пригородных участков, на которых оборачиваются все или часть пригородных поездов.

Для выполнения операций, связанных с пассажирскими перевозками, пассажирские станции имеют: путевое развитие для приема и отправления поездов, уборки и подачи локомотивов, стоянки отдельных вагонов, стоянки пассажирских составов; вокзалы и другие служебно-технические здания; пассажирские платформы и переходы между ними; багажные и почтовые устройства; привокзальные площади и дворы.

Вокзалы могут быть предназначены для обслуживания пассажиров местного и дальнего сообщения, для обслуживания пассажиров пригородного сообщения и смешанные — для обслуживания пассажиров всех видов сообщений. Вокзалы оборудуются необходимыми помещениями в зависимости от того, какую категорию пассажиров они предназначены обслуживать.

К основным помещениям, устраиваемым в вокзалах, относятся: вестибюли, залы ожидания, кассы для приобретения пассажирами проездных билетов, помещения для приема, хранения и выдачи багажа, киоски справочного бюро, камеры хранения ручной клади, помещения для почты, телеграфа и телефона, помещения для культурного, бытового и санитарно-гигиенического обслуживания пассажиров. Для оповещения пассажиров о движении поездов устанавливаются громкоговорители, действующие от вокзального радиоузла. Багажные помещения и камеры хранения ручной клади оборудуются стеллажами для хранения багажа, весами для взвешивания его, кассами для расчета с пассажирами за перевозку багажа и хранение ручной клади.

На вокзалах имеются служебные кабинеты для начальника станции, начальника вокзала, дежурного по вокзалу, дежурного уполномоченного милиции, военного коменданта,



а также помещение для радиоузла. Служебные помещения имеют оборудование, необходимое для четкого выполнения служащими своих обязанностей, связанных с обслуживанием пассажиров.

Для удобства посадки пассажиров в поезда и высадки из них устраиваются платформы и переходы. Они обеспечивают поточность в движении пассажиров, разделение пассажиропотоков по прибытию и отправлению, исключают пересечение пассажирами багажных потоков, создают кратчайшие пути для следования пассажиров как по прибытии, так и перед отправлением, удобную связь выходящих из поезда пассажиров с вокзальными помещениями, достаточную пропускную способность. На некоторых вокзалах для перемещения багажа устраиваются отдельные платформы и туннели.

Платформы могут быть расположены сбоку от путей (боковые платформы) или между путями (промежуточные платформы). Ширина платформ определяется интенсивностью пассажиропотоков. Для станций с большими пассажиропотоками минимальная ширина основной боковой платформы в пределах расположения пассажирского здания установлена 6 м, на остальном протяжении — 4 м. На вокзалах вместимостью менее 200 человек ширина этой части платформы может быть 3 м. Промежуточные платформы должны иметь ширину не менее 4 м, а при небольшом количестве пассажиров — не менее 3 м.

Основные и промежуточные платформы обычно устраиваются низкого типа с расстоянием 150—200 мм от уровня головки рельса до пола платформы. Они соединяются между собой на уровне рельсов не менее чем двумя переходами шириной не менее 3 м. На больших железнодорожных станциях и станциях пригородных электрифицированных участков устраиваются высокие платформы с высотой пола над уровнем головки рельсов 1100 мм. Переход между ними осуществляется с помощью пешеходных мостиков или туннелей.

**Железнодорожные узлы.** Железнодорожными узлами называются пункты слияния или пересечения нескольких железнодорожных линий, а также пункты, состоящие из нескольких станций.

В железнодорожных узлах, кроме обычных для участков станций операций, производится пропуск транзитных грузовых и пассажирских поездов с одной железнодорожной линии на другую, передача групп вагонов на стан-

ции прилегающих участков или специализированные станции, расположенные в данном пункте, сортировка вагонов и пересадка пассажиров для следования по другому железнодорожному направлению.

Обычно в состав крупных железнодорожных узлов входят одна — две сортировочные, одна — две пассажирские и две — четыре грузовые станции. Железнодорожный узел может состоять и из одной станции, которая в этом случае

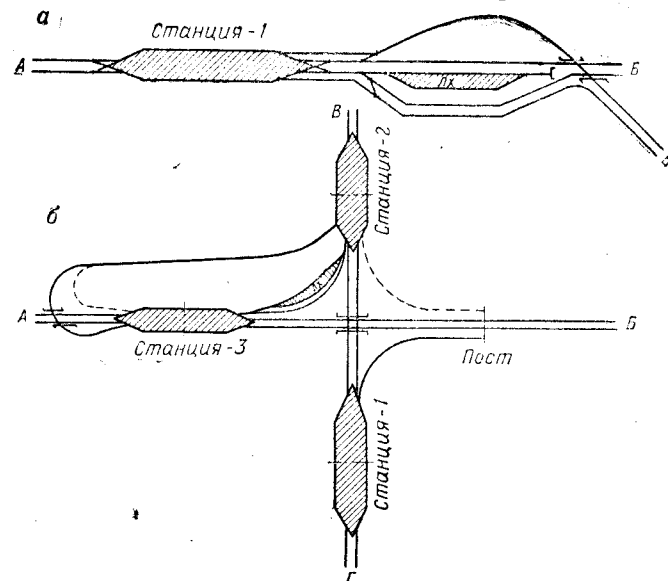


Рис. 235. Схемы железнодорожных узлов:  
 а — с одной станцией при трех направлениях; б — крестообразного типа;  
 ЛХ — локомотивное хозяйство

называется узловой. При наличии в железнодорожном узле нескольких грузовых и сортировочных станций они обычно специализируются на выполнении определенных постоянных операций.

Железнодорожные узлы бывают различных типов. Основными типами являются: узлы с одной станцией, вытянутые в длину, с параллельным размещением станций, крестообразного, треугольного, кольцевого и комбинированного типов. В качестве примера на рис. 235 приведены схемы железнодорожных узлов с одной станцией и крестообразного типа.

Особенностью железнодорожных узлов является наличие на них так называемых развязок. Развязками называются устройства, предназначенные для безопасного пропуска подвижного состава по взаимно пересекающимся направлениям следования поездов. Обычно развязки располагаются на подходах к станциям и осуществляются в одном или в разных уровнях.

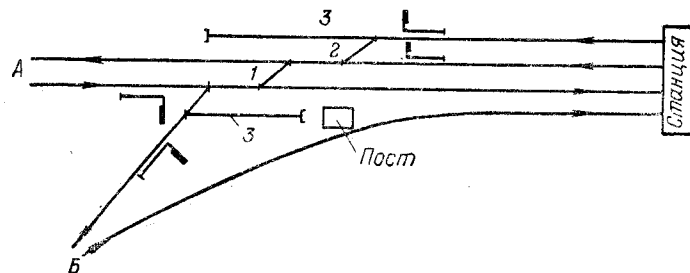


Рис. 236. Схема развязки подходов в одном уровне:  
1 — точка встречного пересечения; 2 — точка попутного пересечения; 3 — предохранительные тупики

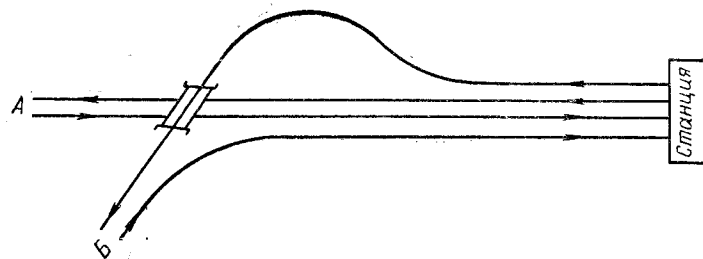


Рис. 237. Развязки подходов в разных уровнях

Осуществление развязок в одном уровне производится при помощи предстанционных постов (рис. 236). Недостатками таких развязок являются наличие опасных точек пересечения враждебных маршрутов (точки 1 и 2 на рис. 236) и ограниченная пропускная способность, вызванная невозможностью одновременного пропуска поездов по враждебным маршрутам.

Развязки в разных уровнях, осуществляемые при помощи путепроводов (рис. 237), не имеют недостатков, присущих развязкам в одном уровне, так как обеспечивают безопасное одновременное движение поездов по обоим пере-

секающимися линиями. Однако путепроводные развязки требуют значительной длины путей для создания необходимой разности отметок нижнего и верхнего пересекающихся путей, несколько ухудшают план и профиль линии на подходах и требуют больших затрат на их устройство.

#### Вопросы для повторения

1. Что представляют собой раздельные пункты железнодорожных линий и для чего они служат?
2. Что такое перегон и какие бывают виды перегонов?
3. Для чего устанавливаются проходные светофоры и какие сигналы они передают?
4. Что называется путевым постом? Какие еще посты бывают и для чего они предназначены?
5. Что называется обгонным пунктом? Сколько путей укладывается на обгонном пункте и какова его схема?
6. Для чего устраиваются разъезды и какова схема их путевого развития?
7. Что называется железнодорожной станцией и что служит ее границами?
8. Что относится к основным устройствам станционного хозяйства?
9. Какие пути укладываются на станциях и для чего они предназначены?
10. Что понимается под полной и полезной длиной станционного пути?
11. Для чего служат промежуточные и участковые станции и сколько путей они имеют?
12. Для чего предназначены сортировочные и грузовые станции и какие основные устройства они имеют?
13. Для чего предназначены пассажирские станции и какие основные сооружения они имеют для обслуживания пассажиров?
14. Что называется железнодорожным узлом? Какие станции входят в состав крупного железнодорожного узла?
15. Для чего сооружаются развязки на железнодорожных узлах и как они устроены?

**СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ  
ПО МАТЕМАТИКЕ И ЧЕРЧЕНИЮ**

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО МАТЕМАТИКЕ

### Проценты

Процентом, обозначаемым знаком %, называется сотая часть какого-либо числа.

Например, 1% от 1200 составит 12.

На проценты встречаются три основных типа задач:

1. Найти указанный процент данного числа. Для решения задачи нужно данное число, разделить на 100 и умножить на число процентов.

Например: 15% от 120 составит

$$\frac{120}{100} \cdot 15 = \frac{1800}{100} = 18.$$

2. По данной величине указанного процента числа найти само число. Для решения задачи нужно величину процента числа разделить на число процентов и умножить на 100.

Так, например, чтобы найти число, если 20% его составляет 60, нужно произвести следующие действия:

$$\frac{60}{20} \cdot 100 = 300;$$

искомое число будет равно 300.

3. Найти процентное отношение двух чисел. Для решения задачи делят одно число на другое и результат умножают на 100.

Если, например, требуется найти, сколько процентов составляет 42 от числа 120, нужно

$$\frac{42}{120} \cdot 100 = 35\%.$$

### Буквенные обозначения

Буквенные обозначения употребляют для выражения общих свойств чисел. Например, если желают кратко выразить в письменной форме, что произведение двух чисел

не изменится, если поменять местами множимое и множитель, то эту запись производят посредством букв. Обозначая одно число буквой  $a$ , другое — буквой  $b$ , пишут равенство  $a \times b = b \times a$ , или, короче,  $ab = ba$  (если между двумя буквами, написанными рядом, не стоит никакого знака, то это значит, что между ними подразумевается знак умножения).

Посредством букв выражают общие правила для решения задач, сходных по условиям, но различающихся величиной данных чисел.

Например, чтобы найти  $p\%$  числа  $a$ , рассуждают так:  $1\%$  числа  $a$  составляет  $\frac{a}{100}$ ;  $p\%$  числа  $a$  составляют  $\frac{a}{100}p$ . Обозначив искомое число буквой  $x$ , пишут равенство:

$$x = \frac{a}{100}p.$$

Из этого равенства видно, как можно находить процент от любого данного числа.

Другой пример: известное из арифметики правило умножения дробей в буквенном обозначении будет выражено короче:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{ac}{bd}.$$

Для обозначения деления дроби на дробь запись производят следующим образом:

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}.$$

Всякое равенство или неравенство, выражающее посредством букв и знаков действий какое-нибудь соотношение между числами, называется формулой.

Например, в физике удельный вес какого-либо вещества определяют по формуле:

$$d = \frac{P}{V},$$

где  $d$  — удельный вес,  $P$  — вес тела (в граммах),  $V$  — объем тела (в  $см^3$ ).

Если несколько чисел, обозначенных буквами (или буквами и цифрами), соединены между собой посредством знаков, указывающих, какие действия и в каком порядке надо

произвести над числами, то такое обозначение называется алгебраическим выражением.

Например:

$$\frac{a}{100}p; ab; 2x + 1.$$

Для нахождения численной величины алгебраического выражения для данных численных значений букв подставляют в него на место букв их численные значения и производят все указанные в выражении действия.

Например, численная величина выражения  $\frac{a}{100}p$  при  $p = 15$  и  $a = 120$  будет равна

$$\frac{120}{100} \cdot 15 = \frac{120 \cdot 15}{100} = \frac{1800}{100} = 18.$$

При выполнении действий с алгебраическими выражениями установлен порядок, по которому сначала производят возведение в степень и извлечение корня, потом умножение и деление и, наконец, сложение и вычитание. Если необходимо выполнить некоторые действия раньше других, то такие действия выделяются при помощи скобок. Для определения порядка действий применяются скобки круглые  $( )$ , квадратные  $[ ]$  и фигурные  $\{ \}$ . Например, при вычислении величины выражения  $a\{b + [c : (d - e)]\}$  сначала производят вычисления внутри круглых скобок, затем внутри квадратных и, наконец, внутри фигурных. После этого производятся оставшиеся действия.

В буквенных выражениях встречаются цифровые сомножители, поставленные впереди буквенных сомножителей, например,  $6a^2b$  или  $\frac{2}{3}ax$ . Эти цифровые сомножители ( $6$  и  $\frac{2}{3}$ ) называются коэффициентами.

### Понятие об уравнениях

Два числа или два алгебраических выражения, соединенных между собой знаком  $=$ , составляют равенство. Числа эти или выражения называются частями равенства.

Два алгебраических выражения называются тождественными, если при всяких численных значениях входящих в них букв они имеют одну и ту же численную величину. Таковы, например, выражения:  $ab$  и  $ba$ ;  $a + (b + c)$  и

$a + b + c$ . Если в каком-нибудь равенстве обе его части составляют тождественные алгебраические выражения, такое равенство называется тождеством. Таково, например, равенство:

$$a + b + c = a + (b + c).$$

Тождеством называется и такое равенство, в которое входят только числа, выраженные цифрами, если обе его части по выполнению всех действий, указанных в них, дают одно и то же число, например:

$$(40 \cdot 5) : 8 = 5^2$$

Если обе части равенства, содержащие одну или несколько букв, имеют одинаковую численную величину не при всяких численных значениях этих букв, то данное равенство называется уравнением, а числа, обозначенные этими буквами, называются неизвестными (числами) уравнения. Эти числа обыкновенно обозначаются последними буквами латинского алфавита ( $x, y, z$ ).

Уравнения бывают с одним неизвестным, с двумя и т. д. Решить уравнение значит найти те значения входящих в него неизвестных, которые удовлетворяют уравнению, т. е. обращают его в тождество. Эти значения неизвестных называются корнями уравнения.

Уравнение с одним неизвестным может иметь один корень, два корня и более. Например, уравнение  $3x - 2 = 13$  имеет один корень (5), уравнение  $x^2 + 2 = 3x$  имеет два корня (1 и 2) и т. п.

### Основные геометрические понятия

Прямая линия — простая линия, не ограниченная ни с одной, ни с другой стороны. Прямая линия, ограниченная с одной стороны, называется лучом (рис. 238). Часть прямой, ограниченная с обеих сторон, называется отрезком и обозначается двумя большими буквами или одной малой буквой.

Точка служит границей линии или отделяет одну часть линии от другой. Часто говорят, что точкой является место пересечения двух линий. Ломаная линия составляется из отрезков прямой. Всякая другая линия будет являться кривой.

Параллельными прямыми называются такие линии, которые лежат в одной плоскости и не пересекаются, сколько бы их ни продвигали.

Два луча, исходящие из одной точки, составляют угол (рис. 239). Лучи, образующие угол, называются его сторонами, а общая точка, из которой они исходят, — вершиной угла. Обычно угол обозначают тремя большими буквами (угол  $AOB$  или угол  $BOA$ ). Измеряются углы в градусах; прибором для измерения углов служит транспортир.

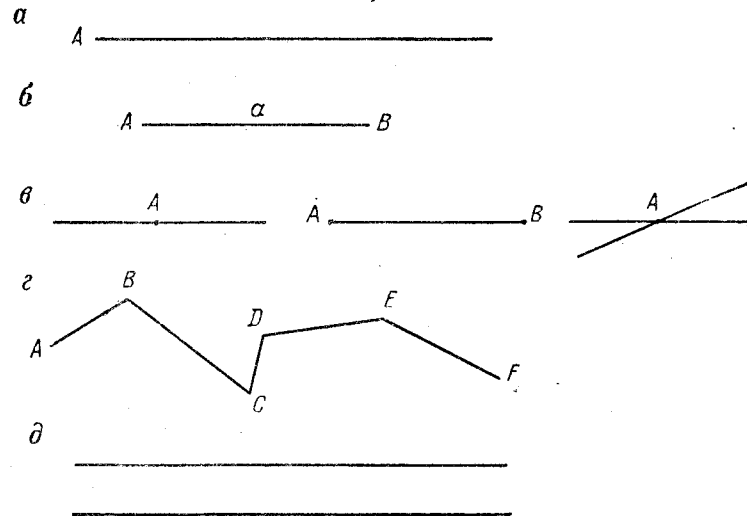


Рис. 238. Прямые линии:

$a$  — луч;  $б$  — отрезок;  $в$  — точки;  $г$  — ломаная линия;  $д$  — параллельные линии

Углы бывают острые, тупые, прямые. Прямой угол содержит  $90^\circ$ .

Два угла, у которых стороны одного служат продолжением сторон другого, называются вертикальными; эти углы равны друг другу. Два угла, у которых одна сторона общая, а две другие составляют продолжение одна другой, называются смежными. Смежные углы в сумме составляют  $180^\circ$ . Если смежные углы равны, то каждый из них равен  $90^\circ$ , а их общая сторона  $BO$  (рис. 239,  $e$ ) называется перпендикуляром к прямой  $AC$ , на которой лежат две другие стороны.

Для сложения двух углов нужно совместить их вершины и приложить сторону одного из них к стороне другого. В результате получится новый угол, равный сумме двух углов (рис. 239,  $ж$ ).

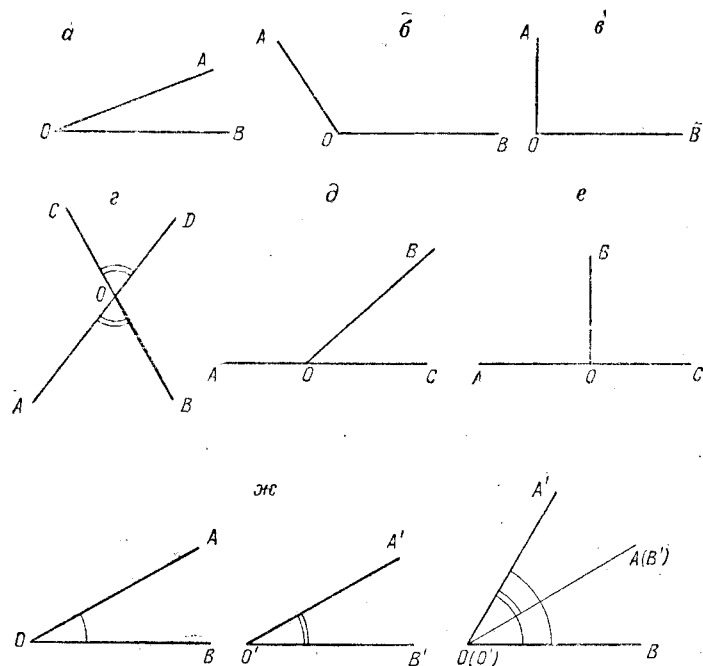


Рис. 239. Углы:

$\alpha$  — острый;  $\beta$  — тупой;  $\gamma$  — прямой;  $\delta$  — вертикальные углы;  $\epsilon$  — смежные углы;  $\zeta$  — сложение углов

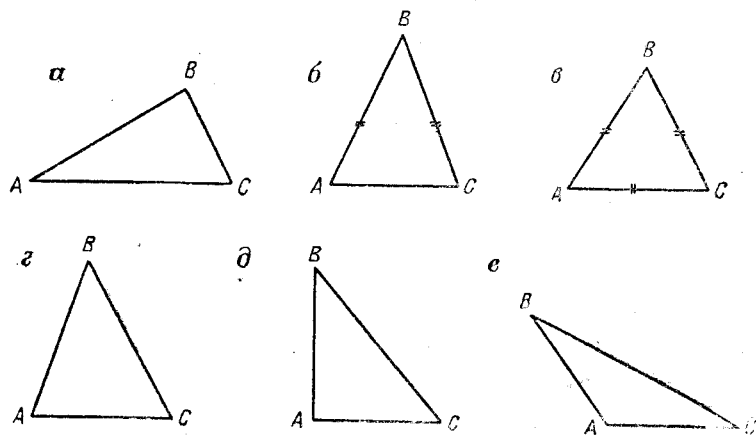


Рис. 240. Треугольники:

$\alpha$  — разносторонний;  $\beta$  — равнобедренный;  $\gamma$  — равносторонний;  $\delta$  — остроугольный;  $\epsilon$  — прямоугольный;  $\zeta$  — тупоугольный

**Геометрические фигуры.** Часть плоскости, ограниченная с трех сторон прямыми линиями, называется треугольником. Треугольники по сравнительной длине их сторон бывают разносторонними, равнобедренными и равносторонними, а по величине углов — остроугольными, прямоугольными и тупоугольными (рис. 240). В прямоугольном треугольнике стороны, образующие прямой угол, называются катетами, а сторона, лежащая против прямого угла, — гипотенузой.

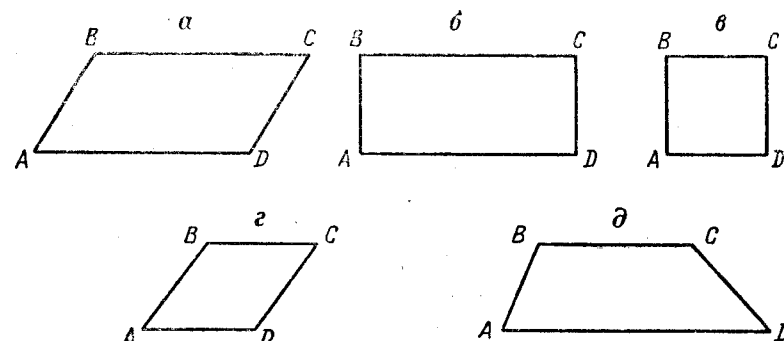


Рис. 241. Четырехугольники:

$\alpha$  — параллелограмм;  $\beta$  — прямоугольник;  $\gamma$  — квадрат;  $\delta$  — ромб;  $\epsilon$  — трапеция

Часть плоскости, ограниченная с четырех сторон прямыми линиями, называется четырехугольником (рис. 241). Четырехугольник, у которого противоположные стороны параллельны, называется параллелограммом. Во всяком параллелограмме противоположные стороны, как и противоположные углы, равны друг другу. Параллелограмм, у которого все углы прямые, называется прямоугольником, у которого все стороны равны и все углы прямые, — квадратом, а такой, у которого все стороны равны, — ромбом. Четырехугольник, у которого две противоположные стороны параллельны, а две другие не параллельны, называется трапецией.

**Основные линии фигур** (рис. 242). Фигуры, образованные прямыми линиями, имеют основание и высоту. В параллелограммах прямые, соединяющие вершины противоположных углов, называются диагоналями. Диагонали в точке их пересечения взаимно делятся пополам. В трапеции линия, соединяющая средние точки боковых ее сторон, называется средней линией.

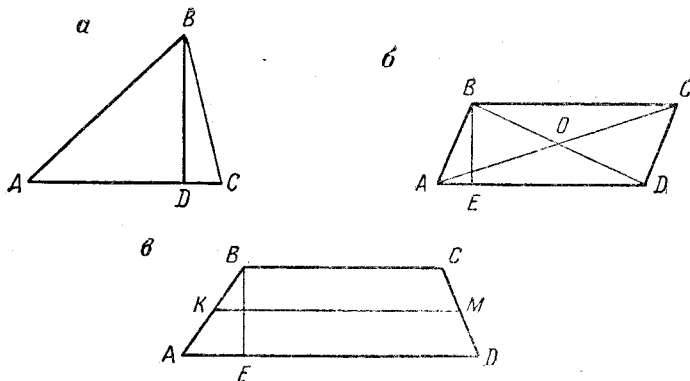


Рис. 242. Основные линии фигур:

*a* — треугольник, в котором *AC* — основание, *BD* — высота; *б* — параллелограмм, в котором *AD* — основание, *BE* — высота, *AC* и *BD* — диагонали; *в* — трапеция, в которой *AD* и *BC* — основания, *BE* — высота; *KM* — средняя линия

Кроме треугольников и четырехугольников, существуют и другие фигуры, образованные прямыми линиями: пяти-, шестиугольники и т. п. В общем случае такие фигуры называются многоугольниками. Сумма длин сторон многоугольника называется периметром.

**Окружность и круг** (рис. 243). Замкнутая линия, все точки которой одинаково удалены от одной общей точки, называемой центром, называется окружностью. Часть плоскости, ограниченная окружностью, называется кругом. Основными линиями в окружности являются: радиус — линия, соединяющая центр с любой из точек, лежащих на окружности; диаметр — линия, соединяющая две точки окружности и проходящая через центр ее; хорда — линия, соединяющая две любые точки окружности. Основными элементами круга являются: сектор — часть круга, ограни-



Рис. 243. Основные линии окружности и элементы круга

ченная двумя радиусами и дугой окружности, и сегмент — часть круга, ограниченная дугой окружности и хордой, стягивающей эту дугу.

Длина окружности подсчитывается по формуле

$$C = 2\pi R, \text{ или } C = \pi D,$$

где *C* — длина окружности;

*R* — радиус окружности;

*D* — диаметр окружности;

$\pi$  — постоянная величина, равная отношению длины окружности к ее диаметру; для практических вычислений с точностью до 0,01 величину  $\pi$  принимают равной 3,14.

## Площади фигур

Величина части плоскости, заключенной внутри многоугольника или какой-нибудь другой плоской замкнутой фигуры, называется площадью этой фигуры. Для каждой фигуры имеются формулы, по которым можно определить ее площадь; для некоторых фигур эти формулы приведены в табл. 20. Пользуясь этими формулами, можно, подставляя вместо буквенных обозначений заданные числовые величины, определить площадь требуемой фигуры.

Например, требуется определить площадь поперечного сечения насыпи земляного полотна (рис. 244, *a*). Из табл. 20 берем формулу для определения площади трапеции:

$$S = \frac{a + b}{2} h.$$

Подставляя в формулу числовые величины, получим:

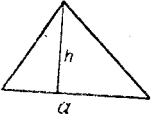
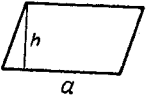
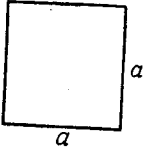
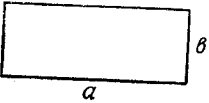
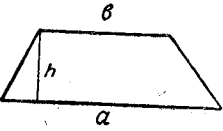
$$S = \frac{5,8 + 14,8}{2} \cdot 3 = \frac{20,6}{2} \cdot 3 = 30,9 \text{ м}^2.$$

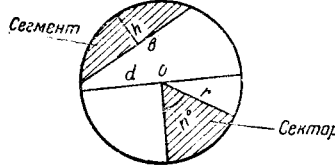
Пользуясь приведенными формулами, можно аналогичным образом вычислять площади поперечных сечений выемок, кюветов, кавальеров, резервов, труб, круглого леса и т. д.

В случае необходимости определения площади более сложных фигур эти фигуры прямыми линиями разбивают на ряд простейших, площади которых можно определить



## Площади фигур

Фигура	Площадь фигуры	Обозначения
 Треугольник	$S = \frac{ah}{2}$	$a$ — основание; $h$ — высота
 Параллелограмм	$S = ah$	$a$ — основание; $h$ — высота
 Квадрат	$S = a \cdot a = a^2$	$a$ — сторона квадрата
 Прямоугольник	$S = ab$	$a$ и $b$ — стороны прямоугольника
 Трапеция	$S = \frac{a+b}{2} h$	$a$ и $b$ — основания; $h$ — высота

Фигура	Площадь фигуры	Обозначения
 Круг	Площадь круга $S_K = \pi r^2$ Площадь сектора $S_{сек} = \frac{\pi r^2 n}{360}$ Площадь сегмента $S_{сег} = \frac{2}{3} bh + \frac{h^3}{2b}$ , или приближенно (для дуг малых градусных измерений) $S_{сег} = \frac{2}{3} bh$	$r$ — радиус круга; $n$ — число градусов центрального угла сектора; $b$ — основание сегмента; $h$ — высота сегмента

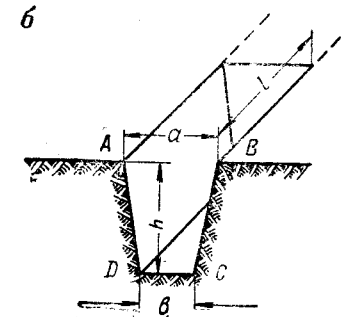
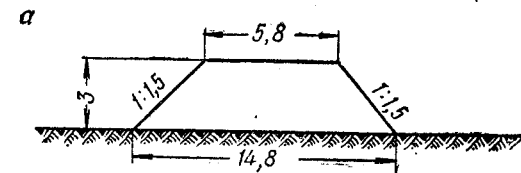


Рис. 244. Примеры определения площади и объема:

*a* — насыпь; *б* — канава

по формулам, приведенным в табл. 20. Определив площади всех простейших фигур заданной сложной фигуры, суммируют их и получают искомую величину.

Геометрическим телом называется часть пространства, ограниченная со всех сторон. Ограничение пространства может быть произведено плоскими многоугольниками или поверхностями, полученными от вращения геометрических фигур.

Тела, ограниченные плоскими многоугольниками (гранями тела), называются многогранниками. Тела, ограниченные поверхностями, полученными от вращения прямоугольников, прямоугольных треугольников, полукругов и других геометрических фигур вокруг определенных осей, называются телами вращения.

К группе многогранников относятся призмы и пирамиды. Призмой называется многогранник, у которого две грани, называемые основаниями, являются равными многоугольниками с соответственно параллельными сторонами, а все остальные грани, называемые боковыми, представляют собой параллелограммы. Призмы бывают треугольными, четырехугольными и т. д. в зависимости от того, что является их основанием. Если у призмы боковые грани — прямоугольники, то такая призма называется прямой. Призма может быть и прямоугольной (прямоугольный параллелепипед), если она имеет шесть граней и все ее грани (основания и боковые грани) являются прямоугольниками. Если все шесть граней прямоугольной призмы являются квадратами, такая призма называется кубом.

Пирамидой называется многогранник, у которого одна часть, называемая основанием, представляет собой многоугольник, а все боковые грани — треугольники, имеющие общую вершину. В зависимости от того, какая фигура является основанием пирамиды, пирамиды бывают треугольными, четырехугольными и т. д. Пирамида называется правильной, если в ее основании лежит правильный многоугольник, а высота ее проходит через центр этого многоугольника. Боковые грани такой пирамиды представляют собой равные равнобедренные треугольники. Высота каждого из этих треугольников называется апофемой.

К группе тел вращения относятся цилиндр, конус и шар. Цилиндр можно рассматривать как тело, полученное от вращения прямоугольника вокруг одной из его сторон, конус — как тело, полученное от вращения прямоугольного треугольника вокруг одного из его катетов, шар — как тело, полученное от вращения полукруга вокруг его диаметра.

Цилиндр и конус имеют основания и боковые поверхности. Линии, которые при их вращении образуют боковые поверхности цилиндра и конуса, называются образующими. Шар основания не имеет. Его поверхность, полученная от вращения полуокружности, ограничивающей полукруг, называется шаровой поверхностью.

Боковой поверхностью многогранников будет сумма площадей всех его боковых граней.

Для всех тел в общем случае сумма площадей оснований и боковых поверхностей составляет полную поверхность тела. Для шара полной поверхностью будет его шаровая поверхность.

Всякое геометрическое тело имеет объем. Объемом тела называется величина части пространства, занимаемого геометрическим телом.

При строительстве и восстановлении железных дорог часто приходится иметь дело с вычислением площадей поверхностей и объемов тел. В табл. 21 приведены формулы боковых поверхностей, шаровой поверхности и объемов тел, наиболее часто встречаемых в практике.

Пользуясь формулами этой таблицы, можно, например, найти объем грунта, вынутого при отрывке канавы (рис. 244, б). Как видно из рисунка, канава представляет собой прямую призму, у которой основанием является сечение  $ABCD$ , а высотой — длина канавы  $l$ . Объем призмы (по табл. 21) равен произведению площади основания на высоту призмы.

Очевидно, что основанием призмы в данном случае является трапеция, площадь которой находится по формуле, приведенной в табл. 20:

$$S = \frac{a+b}{2} h.$$

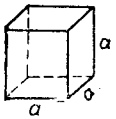
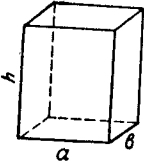
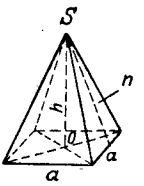
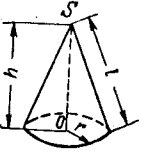
Объем призмы

$$V = \frac{a+b}{2} h l.$$

Замеряя в натуре размеры, необходимые для вычисления объема канавы, и подставляя их в приведенную выше формулу, найдем объем канавы, а следовательно, и объем вынутого грунта.

В случаях когда необходимо вычислить объем более сложного, составного тела, необходимо разбить его на простейшие тела, формулы объема для которых даны в

## Объемы и поверхности тел

Тело	Объем тела и боковая поверхность	Обозначения
 Куб	Объем $V = a \cdot a \cdot a = a^3$ Боковая поверхность $S_{\text{бок}} = a^2 + a^2 + a^2 + a^2 = 4a^2$	$a$ — ребра куба
 Призма прямоугольная	Объем $V = Sh = abh$ Боковая поверхность $S_{\text{бок}} = 2ah + 2bh = ph$ , где $p = 2(a + b)$	$a$ и $b$ — стороны основания; $h$ — высота призмы; $p$ — периметр основания; $S$ — площадь основания призмы
 Пирамида правильная	Объем $V = \frac{1}{3} a^2 h = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} h$ Боковая поверхность $S_{\text{бок}} = \frac{an}{2} + \frac{an}{2} + \frac{an}{2} + \frac{an}{2} = 2an$	$a$ — сторона основания; $h$ — высота пирамиды; $S_{\text{осн}}$ — площадь основания; $O$ — центр основания; $S$ — вершина пирамиды; $n$ — апофема
 Конус	Объем $V = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} h = \frac{1}{3} \pi r^2 h$ Боковая поверхность $S_{\text{бок}} = \frac{1}{2} pl = \pi rl = \frac{1}{2} \pi dl$ , где $p = 2\pi r$	$S_{\text{осн}}$ — площадь основания; $r$ — радиус основания; $p$ — периметр окружности основания; $h$ — высота конуса; $l$ — образующая конуса; $d$ — диаметр окружности основания

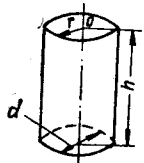
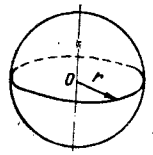
Тело	Объем тела и боковая поверхность	Обозначения
 Цилиндр	Объем $V = S_{\text{осн}} h = \pi r^2 h = \frac{1}{4} \pi d^2 h$ Боковая поверхность $S_{\text{бок}} = 2\pi r h = \pi d h$	$S_{\text{осн}}$ — площадь основания; $h$ — высота цилиндра; $r$ — радиус основания; $d$ — диаметр основания
 Шар	Объем $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ Шаровая поверхность $S_{\text{ш}} = 4\pi r^2 = \pi d^2$	$r$ — радиус шара; $d$ — диаметр шара; $O$ — центр шара; $S_{\text{ш}}$ — шаровая поверхность

табл. 21. Затем, определяя поочередно объем каждого простейшего тела и суммируя их, найдем требуемый объем сложного тела.

## Вопросы для повторения

1. Сколько процентов составляют 15 от 150; 25 от 200?
2. Найти числа, если 30% числа составляют 90; если 89% числа составляют 623.
3. Какие линии называются параллельными?
4. Какие бывают углы и в каких единицах они измеряются?
5. Чему равна площадь треугольника, параллелограмма, квадрата, прямоугольника, трапеции, круга и его частей?
6. Что такое призма, какие призмы бывают и чему равны объем и боковая поверхность прямоугольной призмы?
7. Что такое пирамида, какие пирамиды бывают и чему равны объем и боковая поверхность правильной пирамиды?
8. Чему равны объем и боковая поверхность цилиндра?
9. Чему равны объем шара и шаровой поверхности?

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЧЕРЧЕНИЮ

### Чертежные принадлежности и инструменты. Масштаб

Чертеж представляет собой изображение на бумаге предмета, детали машины, инженерного или другого сооружения. Чертежами пользуются при постройке и восстановлении железнодорожных и иных объектов, а также при изготовлении отдельных деталей конструкции и др.

Выполнение чертежей производится при помощи чертежных принадлежностей и инструмента (рис. 245). Для построения чертежа пользуются простым твердым карандашом (марки 2Т—3Т). Обводку линий на нем производят также простым карандашом, но средней твердости (марки ТМ). Карандаш должен быть остро отточен или иметь графит в форме лопаточки с толщиной лезвия, равной толщине линий.

Для проведения прямых линий служат линейки с миллиметровыми делениями и рейсшина. Вычерчивание линий под углом производится при помощи прямоугольных треугольников. Они бывают двух видов: равнобедренные (острые углы по  $45^\circ$ ) и разносторонние с острыми углами в  $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Окружности или дуги окружностей разных радиусов вычерчиваются при помощи циркуля, другие криволинейные линии — при помощи различных лекал. Измерение и построение углов выполняются при помощи транспортира. Для обводки чертежей тушью служит рейсфедер.

Обычно чертежи стремятся выполнить в натуральную величину. Но когда предмет или сооружение имеют большие размеры, не уместающиеся на чертежном листе, их вычерчивают в уменьшенном виде. Наоборот, когда предмет имеет малые размеры, для уяснения конструкции его изображение на чертеже увеличивают. Отношение линейных размеров изображения на чертеже к соответствующим размерам предмета в натуре называется масштабом. На

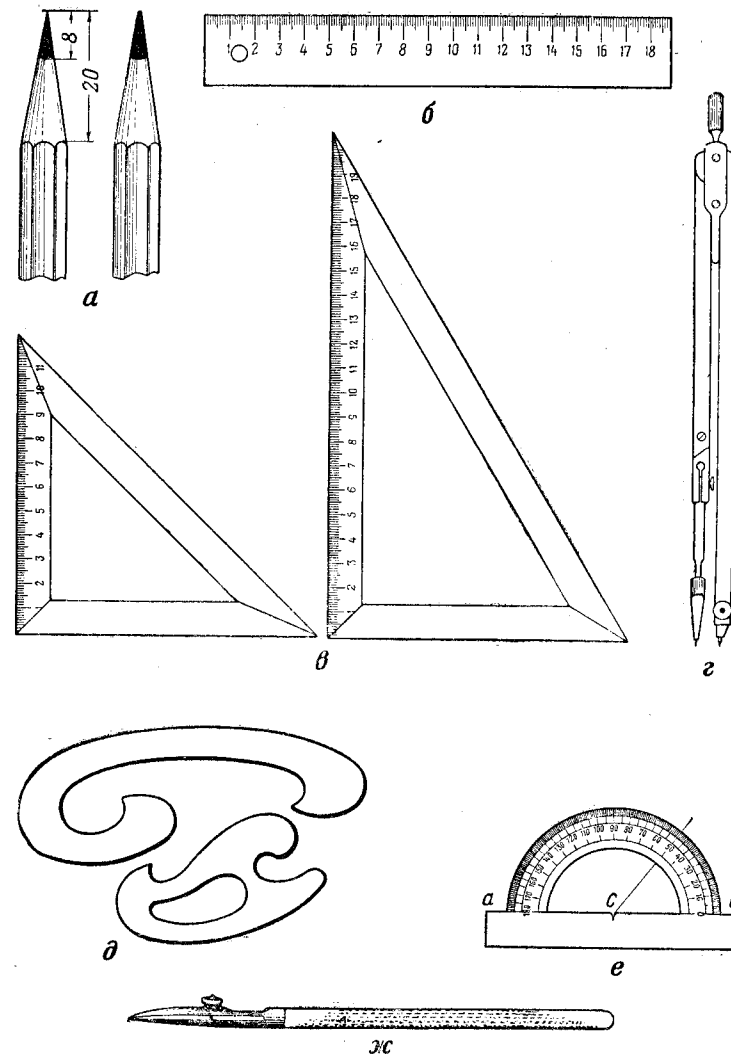


Рис. 245. Основные чертежные принадлежности и инструмент:  
 а — карандаш; б — линейка; в — треугольники; г — циркуль; д — лекала; е — транспортир; ж — рейсфедер

чертежах масштабы подписываются сокращенно в виде буквы М (масштаб) и отношения двух чисел, например: М 1:1; М 1:2; М 1:10; М 2:1 и т. д. М 1:1 означает, что предмет на чертеже изображен в натуральную величину; М 1:2 — предмет на чертеже в отношении линейных размеров уменьшен против размеров предмета в натуре в два раза; М 1:10 — уменьшен соответственно в 10 раз; М 2:1 — предмет на чертеже в отношении линейных размеров изображенного предмета увеличен в два раза.

### Приемы геометрического черчения

При выполнении любого чертежа производят различного рода геометрические построения прямых линий, углов, вписанных фигур, лекальных кривых и др.

**Проведение прямых линий.** Прямые линии на чертеже проводятся при помощи линеек, треугольников и рейсшинов. Параллельные прямые проводятся при помощи рейсшины или при помощи линейки и треугольника (рис. 246).

**Деление отрезка прямой на две равные части.** Чтобы разделить заданный отрезок прямой  $AB$  (рис. 247, а) на

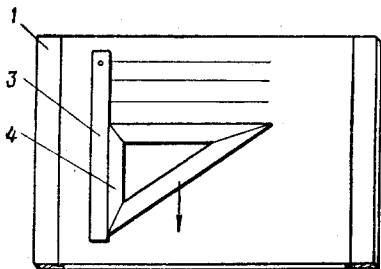
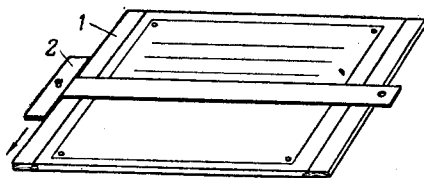


Рис. 246. Проведение параллельных прямых:  
1 — чертежная доска; 2 — рейсшина; 3 — линейка; 4 — треугольник

две равные части, нужно из точек  $A$  и  $B$  как из центров провести кривые одинакового радиуса  $r$  (большого половины отрезка  $AB$ ) до их пересечения; точки пересечения кривых  $C$  и  $D$  соединить прямой линией. Тогда точка  $O$  пересечения прямой  $CD$  с отрезком  $AB$  разделит последний на две равные части, а прямая  $CD$  будет перпендикулярной к линии  $AB$ .

**Деление прямой на заданное число равных частей.** Чтобы разделить заданную прямую  $AB$  (рис. 247, б) на несколько равных ча-

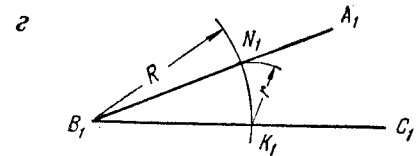
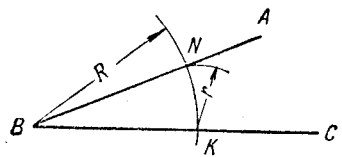
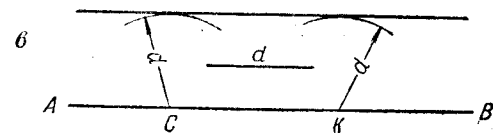
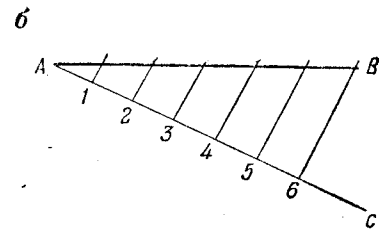
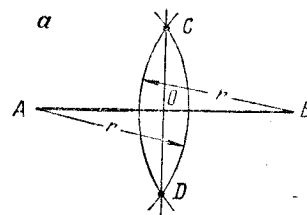


Рис. 247. Геометрические построения:

а — деление отрезка прямой на две равные части; б — деление прямой на заданное число равных частей; в — построение линии, параллельной заданной; г — построение угла, равного заданному

стей; например на шесть, нужно через одну из ее точек (например, точку  $A$ ) провести под острым углом (примерно  $30^\circ$ ) вспомогательную линию  $AC$ . На этой линии следует отложить циркулем столько равных частей, на сколько требуется разделить заданную прямую. Точку  $B$  и точку  $б$  вспомогательной линии  $AC$  соединить прямой и затем, пользуясь линейкой и угольником, провести через все точки вспомогательной линии прямые, параллельные линии  $B—б$ , до пересечения с заданной прямой  $AB$ . Прямая  $AB$  будет таким образом разделена на заданное число равных частей.

**Построение линии, параллельной заданной прямой на заданном расстоянии.** Чтобы к заданной прямой  $AB$  (рис. 247, в) провести прямую, ей параллельную, на заданном расстоянии  $d$ , следует из двух любых точек, например  $C$  и  $K$ , провести две дуги радиусом, равным  $d$ . Касательная к дугам будет прямой, параллельная заданной прямой  $AB$ .

**Построение угла, равного заданному.** Если задан угол  $ABC$  (рис. 247, г) и требуется построить угол  $A_1B_1C_1$ , рав-

ный заданному, то производят следующие построения. Из точки  $B$  как из центра проводят дугу окружности любого радиуса  $R$  до пересечения ее в точках  $N$  и  $K$  со сторонами заданного угла. Затем проводят луч  $B_1C_1$  и из точки  $B_1$  как из центра проводят дугу тем же радиусом  $R$ . Из точки  $K_1$  проводят дугу радиусом  $r$ , равным длине хорды  $NK$ , до пересечения ее с проведенной ранее дугой радиуса  $R$ . Через точку  $B_1$  и точку  $N_1$  пересечения двух дуг проводят прямую  $B_1A_1$ . Построенный угол  $A_1B_1C_1$  будет равным углу  $ABC$ .

**Построение уклонов.** Уклон обычно выражают в тысячных долях (промилле), процентах или в виде дроби (простой или десятичной). Если уклон выражен в тысячных или в процентах, его надо представить в виде дроби: например, если уклон дан 10%, то его выражают как  $10/100 = 1/10$ . Для построения уклона необходимо провести горизонтальную линию и отложить на ней в любом масштабе столько единиц, сколько их содержится в знаменателе. Через одну из конечных точек горизонтальной прямой провести перпендикулярную ей прямую и отложить на ней столько единиц в том же масштабе, сколько их указано в числителе. Соединив прямой линией конечную

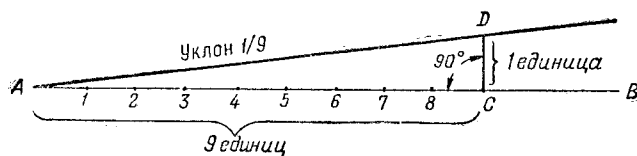


Рис. 248. Построение уклона

точку перпендикуляра с другой конечной точкой горизонтальной линии, получим заданный уклон. На рис. 248 дан пример построения уклона в 1/9.

**Построение вписанных многоугольников.** Вписанными называются такие многоугольники, углы которых лежат на окружности. Рассмотренные ниже построения вписанных многоугольников могут быть использованы для деления окружности на соответствующее число равных частей.

**Построение вписанного равностороннего треугольника (рис. 249, а).** Чтобы в окружность с радиусом  $r$  вписать равносторонний треугольник, нужно провести диаметр  $AD$ . Из точки  $D$  как из центра радиусом,

равным  $r$ , провести дугу, пересекающую данную окружность в точках  $B$  и  $C$ . Соединив точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  прямыми линиями, получим вписанный равносторонний треугольник  $ABC$ .

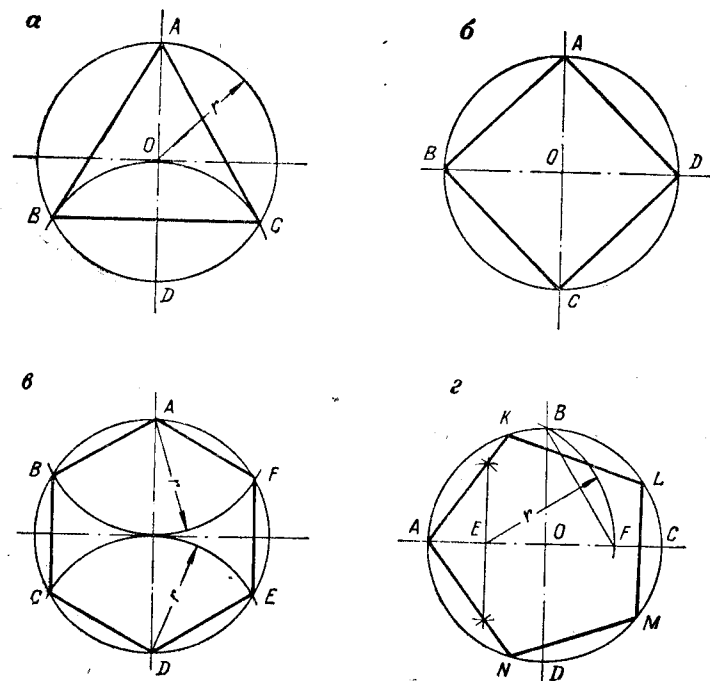


Рис. 249. Построение вписанных многоугольников:

а — треугольника; б — квадрата; в — шестиугольника; г — пятиугольника

**Построение вписанного квадрата (рис. 249, б).** Чтобы построить вписанный квадрат, нужно провести в данной окружности два взаимно-перпендикулярных диаметра. Концы этих диаметров будут вершинами вписанного квадрата.

**Построение вписанного шестиугольника (рис. 249, в).** Чтобы построить вписанный шестиугольник, нужно провести диаметр  $AD$  и из его концов как из центров провести дуги радиусом, равным радиусу окружности. Точки, из которых проводились дуги, и точки пересечения дуг с окружностью будут вершинами шестиугольника.

Построение вписанного пятиугольника (рис. 249, а). Для построения вписанного пятиугольника нужно провести два взаимно-перпендикулярных диаметра  $AC$  и  $BD$ . Радиус  $AO$  следует разделить пополам указанным выше способом. Из точки  $E$  (средины радиуса  $AO$ ) как из центра провести дугу радиусом  $r = BE$  до пересечения в точке  $F$  с диаметром  $AC$ . Отрезок  $BF$  будет равен стороне пятиугольника. Из любой точки окружности отложить последовательно отрезок  $BF$  как хорду. Точки  $A, K, L, M, N$  будут вершинами пятиугольника.

**Построение овалов.** Овалы и овоиды, называемые также коробовыми кривыми, вычерчиваются дугами окружностей. По овоидалыным или коробовым кривым очерчиваются сечения некоторых труб под железнодорожными насыпями и туннелей.

Построение овала по заданным диаметрам (первый способ). Если заданы два диаметра овала  $AB$  и  $CD$  (рис. 250, а), то проводят два взаимно-перпендикулярных диаметра  $AB$  и  $CD$ , которые в точке  $O$  делятся пополам. От точки  $O$  по диаметру  $CD$  откладывают отрезок  $OE = OA$ . Соединив точки  $A$  и  $C$  прямой, откладывают отрезок  $AF = ED$ . Отрезок  $CF$  делят пополам. Линию, делящую отрезок  $CF$  пополам, продолжают до пересечения с диаметром  $CD$  в точке  $O_1$  и продолжением диаметра  $AB$  в точке  $O_3$ . Откладывают от точки  $O$  по диаметру  $CD$  отрезок  $OO_2 = OO_1$  и по диаметру  $AB$  — отрезок  $OO_4 = OO_3$ . Точки  $O_1$  и  $O_2$  будут центрами концевых дуг овала, точки  $O_3$  и  $O_4$  — центрами верхней и нижней дуг его. Радиусами концевых дуг будут  $O_1C$  и  $O_2D$ , верхней и нижней дуг —  $O_3L$  и  $O_4K$ . Построив все четыре дуги, сопряженные в точках  $K, L, M, N$ , получают овал с заданными диаметрами. Определение положения точек  $K, L, M$  и  $N$  видно из рисунка.

Построение овала по заданным диаметрам (второй способ). Даны диаметры  $AB$  и  $CD$  (рис. 250, б). Построение производят следующим образом. Откладывают отрезки  $OO_1$  и  $OO_2$ , равные  $OA$ , и  $OO_3 = OO_4 = OC$ . Точки  $O_1, O_2, O_3$  и  $O_4$  будут центрами дуг овала. Проводят прямые  $O_1O_3, O_1O_4, O_2O_3$  и  $O_2O_4$ , на которых находятся точки сопряжения дуг  $K, L, M, N$ . Радиусами концевых дуг будут  $O_3A$  и  $O_4B$ , радиусами верхней и нижней дуг —  $O_1K$  и  $O_2L$ . Построив все четыре дуги, сопряженные в точках  $K, L, M$  и  $N$ , получают овал с заданными диаметрами.

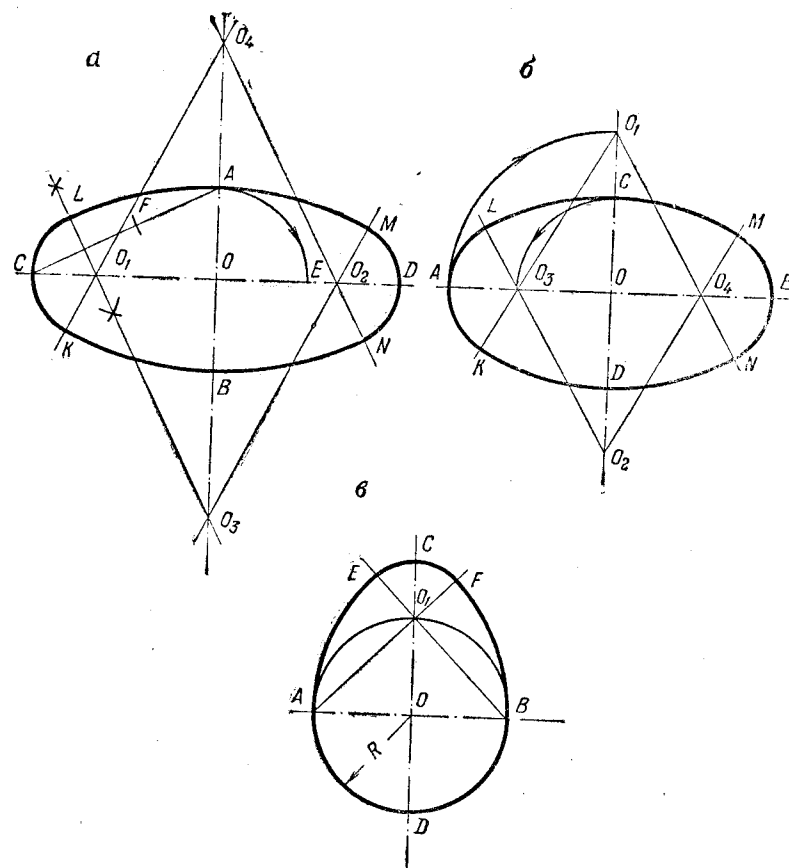


Рис. 250. Построение овалов:

а — первый способ; б — второй способ; в — построение яйцевидного овала

Построение яйцевидного овала. Проводят две взаимно перпендикулярные прямые  $AB$  и  $CD$  (рис. 250, в). Из точки  $O$  заданным радиусом  $R$  проводят окружность. Соединяют точки  $A$  с  $O_1$  и  $B$  с  $O_1$  прямыми. Из центров  $A$  и  $B$  проводят дуги  $BF$  и  $AE$  радиусом, равным  $2R$ . Из точки  $O_1$  как из центра проводят дугу радиусом, равным  $O_1F = O_1E$ , сопряженную в точках  $E$  и  $F$  с ранее проведенными дугами. Если радиус концевой дуги взять несколько большим  $O_1E$  и центр  $O_1$  передвинуть ближе к точке  $O$ , овал получится более тупым.

**Построение лекальных кривых.** Некоторые кривые не могут быть точно составлены из дуг окружностей. Зная закономерность образования таких кривых, при вычерчивании наносят на чертеж ряд точек, принадлежащих такой кривой, а затем соединяют их плавной кривой линией с помощью лекала. Поэтому такие кривые называются лекальными.

В практике, прежде чем проводить линию по лекалу, необходимо наметить от руки тонкой карандашной линией ход кривой, проходящей через заданные точки. После этого, подобрав подходящее лекало, вычерчивают отдельные участки кривой, выдерживая при этом одинаковую толщину линий. При вычерчивании лекальной кривой лекало подбирают так, чтобы оно соединяло плавной кривой по крайней мере три — четыре точки, но линию проводят так, чтобы участок кривой между последними двумя точками оставался необведенным (рис. 251). При этом для получения плавной кривой необходимо, чтобы лекало обязательно соединяло по крайней мере две предыдущие точки уже обведенной кривой.

**Построение эллипса по двум заданным осям** (рис. 252, а). Проводят взаимно-перпендикулярно две заданные оси эллипса  $AB$  и  $CD$ . На осях как на диаметрах строят две вспомогательные окружности. Обе окружности делят на произвольное число частей. Из точек деления большей вспомогательной окружности проводят прямые, параллельные малой оси, а из точек деления малой окружности — параллельные большой оси. Взаимное пересечение этих линий (точки  $a, b, c, d$  и т. д.) дает точки эллиптической кривой. Полученные точки соединяют между собой при помощи лекала.

#### Построение параболы.

Одним из способов построения параболы является построение ее по касательным и по точкам касания. Если даны две касательные к параболе  $AB$  и  $BC$  и две точки касания  $A$  и  $C$ , то построение производят следующим образом (рис. 252, б). Каждую касательную от

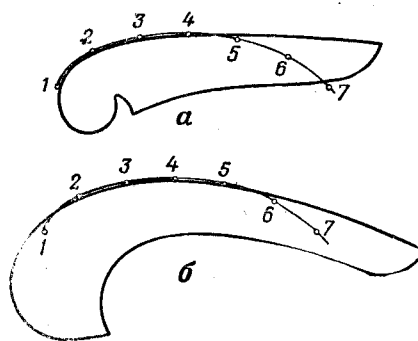


Рис. 251. Проведение лекальных кривых:  
а — начало проведения кривой; б — продолжение проведения кривой

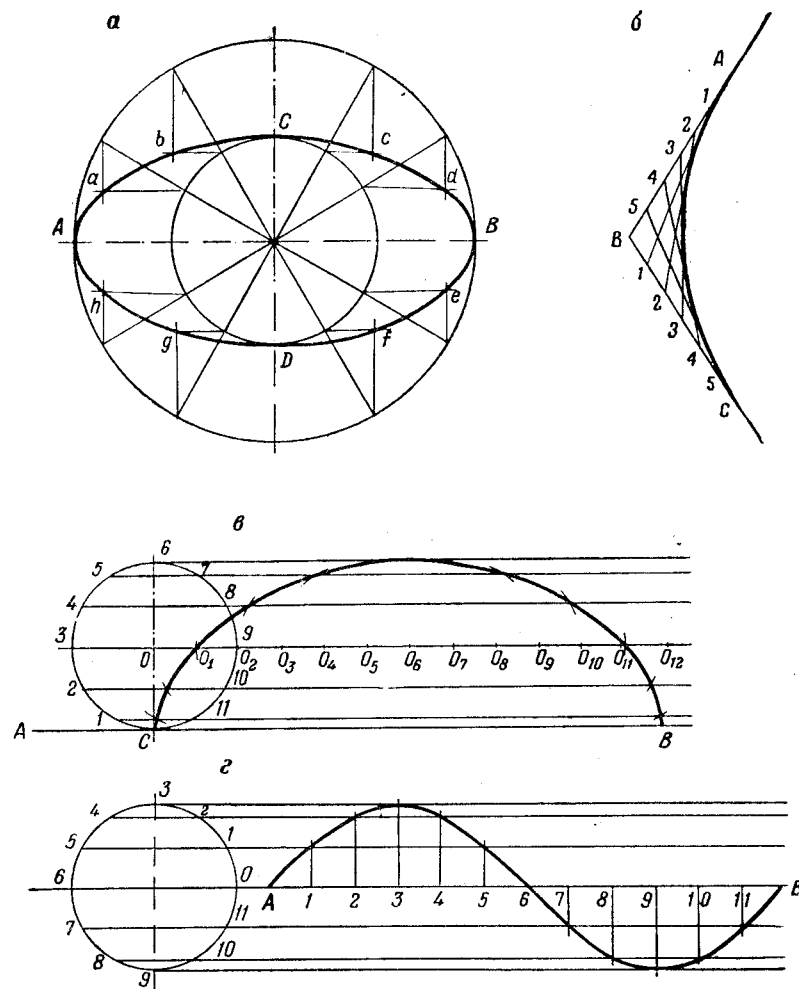


Рис. 252. Построение лекальных кривых:  
а — построение эллипса; б — построение параболы; в — построение циклоиды; г — построение синусовды



точек касания  $A$  и  $C$  до точки  $B$  пересечения их между собой делят на произвольное, но одинаковое число равных частей и точки деления соединяют между собой в порядке, указанном на чертеже:  $1-1$ ,  $2-2$ ,  $3-3$  и т. д. К сторонам, образованным линиями сетки, подбирают касательную кривую, которая и будет параболой. Параболическую кривую вычерчивают при помощи лекала.

**Построение циклоиды** (рис. 252, в). Для построения циклоиды заданную окружность делят на несколько равных частей (например, 12). Через точки деления проводят прямые, параллельные  $AB$  (прямой, по которой катится заданная окружность). На прямой, проходящей через центр окружности  $O$ , откладывают длину заданной окружности, равной  $3,14 D$  (где  $D$  — диаметр окружности). Делят эту линию на столько же равных частей (точки  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O_4$  и т. д.). Из точек  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O_4$  и т. д. как из центров радиусом, равным радиусу заданной окружности, делают засечки на параллельных прямых, соответствующих данным точкам. Например, из точки  $O_5$  делают засечку на прямой, проходящей через точку  $B$  окружности. Так находят точки циклоиды, которые соединяются при помощи лекала.

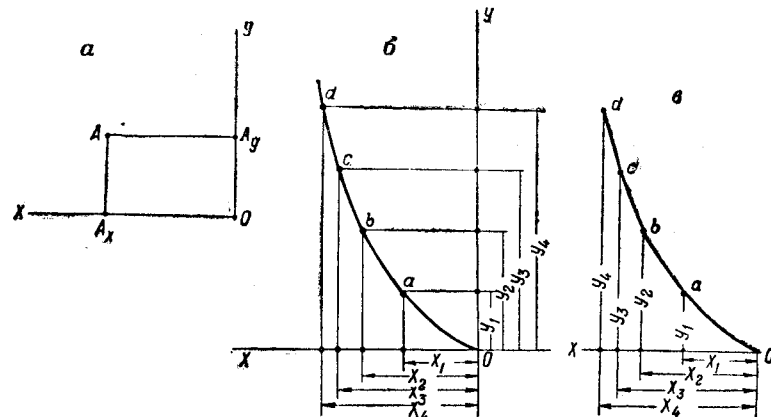
**Построение синусоиды.** Для построения синусоиды через центр окружности проводят горизонтальную прямую (рис. 252, г). На прямой откладывают ось синусоиды  $AB$ , равную длине окружности. Окружность и ось  $AB$  делят на одинаковое количество равных частей (например, 12). Через точки деления окружности  $1$ ,  $2$ ,  $3$ ,  $4$  и т. д. проводят вспомогательные прямые, параллельные оси синусоиды  $AB$ , а в точках деления оси восстанавливают перпендикуляры. Точки пересечения параллельных и перпендикулярных прямых, соответствующих одноименным точкам окружности и оси синусоиды, дают точки синусоиды, которые плавно соединяют между собой при помощи лекала.

**Построение лекальных кривых методом координат.** Этим методом можно построить любые кривые. В частности, он может быть применен при построении переходных кривых или кривых, сопрягающих уклоны. Сущность метода состоит в том, что положение какой-нибудь точки определяется по отношению к двум определенным взаимно-перпендикулярным прямым. Эти прямые  $X$  и  $Y$  (рис. 253, а) называются осями координат, а точка их пересечения  $O$  — началом координат.

Для построения кривых обычно задаются абсциссы  $x$  ряда точек и соответствующие им ординаты  $y$ . Количество

точек должно быть таким, чтобы можно было построить кривую необходимой длины. На рис. 253, б показан пример построения лекальной кривой по заданным ординатам точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ .

Часто в практике оси  $X$  и  $Y$  не строят. В этом случае проводят ось  $X$  в любом направлении. В точках  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и т. д. восстанавливают перпендикуляры и откладывают на



**Рис. 253.** Построение лекальных кривых методом координат: а — построение точки  $A$  по заданным координатам  $A_x$  и  $A_y$ ; б — построение кривой при помощи осей координат; в — построение кривой по заданным координатам при любом расположении осей

них величины соответствующих ординат  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  и т. д. Полученные таким образом точки  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  соединяют лекальной кривой (рис. 253, в).

**Сопряжение линий.** Сопряжением называется плавное соединение прямых линий с кривыми и кривых различных радиусов между собой.

Сопряжение прямых, расположенных под прямым углом. Для сопряжения двух прямых  $AB$  и  $BC$ , расположенных под прямым углом, проводят с внутренней стороны угла вспомогательные линии, параллельные сопрягаемым и отстоящие от них на величину заданного радиуса сопряжения  $r$  (рис. 254, а). Точка пересечения вспомогательных прямых будет центром сопряжения, а точки  $a$  и  $b$  — точками сопряжения. Из точки  $O$  как из центра проводят дугу радиусом  $r$  между точками  $a$  и  $b$ .

Сопряжение прямых, расположенных под

острым (тупым) углом. Для сопряжения двух прямых в этом случае проводят с внутренней стороны угла вспомогательные линии, параллельные сопрягаемым, и отстоящие от них на величину заданного радиуса сопряжения  $r$  (рис. 254, б и в). Из точки пересечения вспомогательных прямых  $O$  опускают перпендикуляры на сопрягаемые прямые. Точки  $a$  и  $b$  будут точками сопряжения. Из точки  $O$  как из центра проводят дугу радиусом  $r$  между точками  $a$  и  $b$ .

Сопряжение параллельных прямых. Для сопряжения двух параллельных прямых  $AB$  и  $CD$  дугами, когда заданы точки сопряжения  $E$  и  $F$  и точка перехода дуг  $K$ , лежащая на прямой  $EF$ , соединяющей точки сопряжения, поступают следующим образом (рис. 254, г). Из точек  $E$  и  $F$  опускают перпендикуляры на противоположные параллельные линии. Отрезки  $EK$  и  $KF$  делят пополам и восстанавливают к ним в точках деления перпендикуляры до пересечения с ранее опущенными из точек  $E$  и  $F$  перпендикулярами. Полученные точки  $O_1$  и  $O_2$  будут центрами сопрягающих дуг, радиусы которых соответственно равны  $O_1F$  и  $O_2E$ .

Сопряжение окружности с прямой (рис. 254, д). Для сопряжения заданной окружности с прямой  $AB$  данным радиусом проводят вспомогательную прямую, параллельную  $AB$ , на расстоянии  $r$  и вспомогательную дугу радиусом  $R+r$  из центра окружности  $O$ . Точка пересечения вспомогательных линий  $O_1$  будет центром сопряжения. Нахождение точек сопряжения  $C$  и  $D$  видно из рисунка.

Сопряжение двух кривых разных радиусов. Для внешнего сопряжения двух окружностей с радиусами  $R$  и  $R_1$  и центрами  $O$  и  $O_1$  (рис. 254, е) проводят две вспомогательные концентрические дуги радиусами  $R+r$  и  $R_1+r$  соответственно из центров  $O$  и  $O_1$  ( $r$  — радиус сопряжения). Точка пересечения вспомогательных дуг  $O_2$  будет центром сопряжения. Нахождение точек сопряжения видно из рисунка.

Для внутреннего сопряжения двух окружностей с заданными радиусами  $r$  и  $r_1$  (рис. 254, ж) производят аналогичное построение, только вспомогательные дуги в этом случае проводят из центра  $O$  ( $R-r$ ) и из центра  $O_1$  ( $R-r_1$ ), где  $R$  — заданный радиус сопряжения. Точки сопряжения  $A$  и  $B$  лежат на продолжении прямых  $OO_2$  и  $O_1O_2$ .

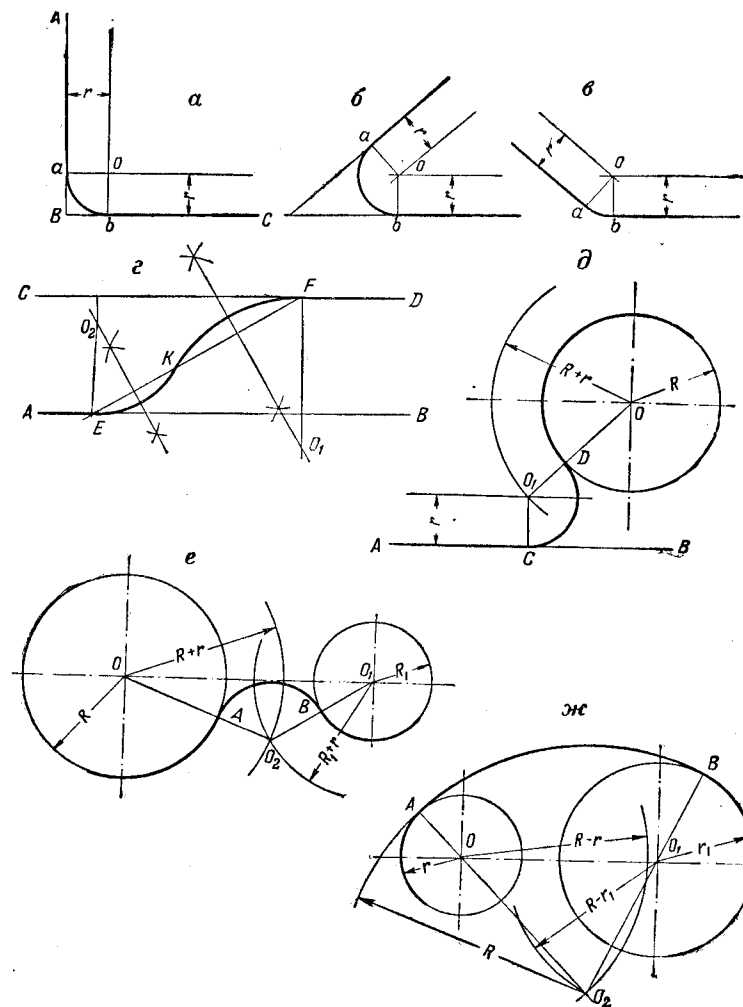
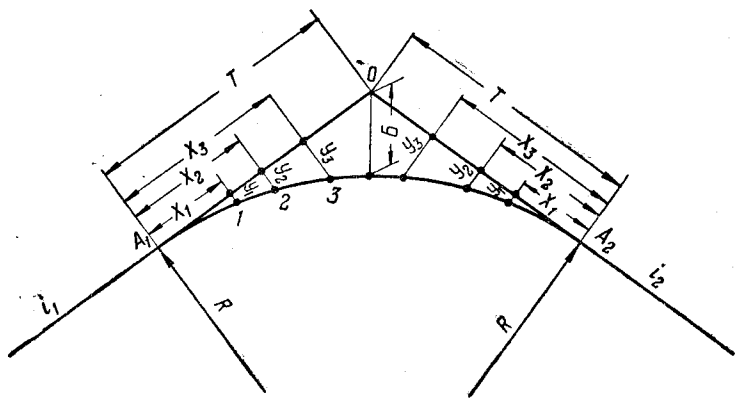


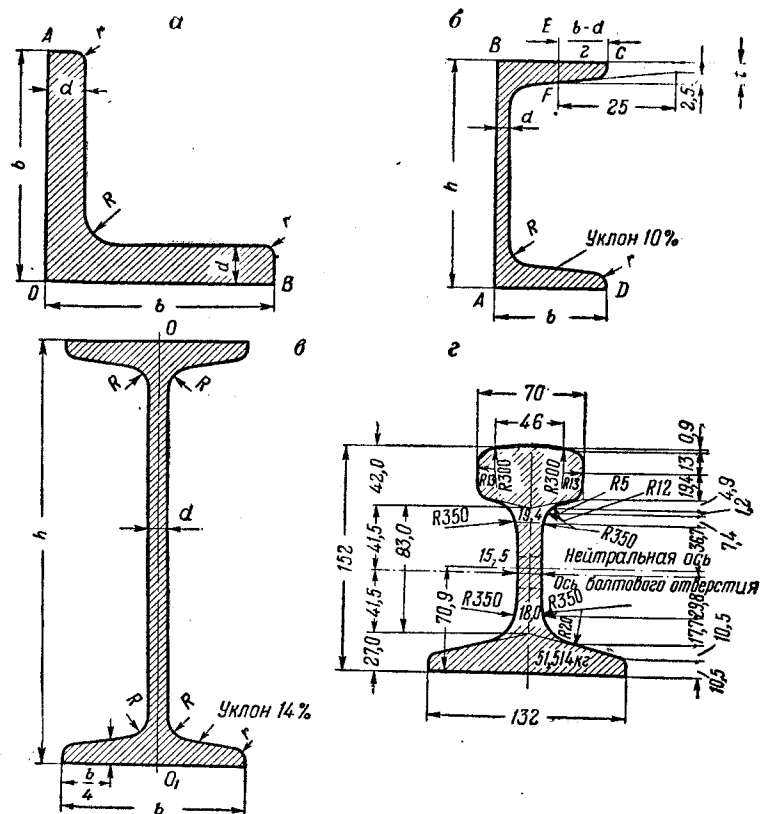
Рис. 254. Сопряжение линий:

а — сопряжение прямых, расположенных под прямым углом; б — сопряжение прямых, расположенных под острым углом; в — сопряжение прямых, расположенных под тупым углом; г — сопряжение параллельных прямых; д — сопряжение окружности с прямой; е — внешнее сопряжение двух окружностей; ж — внутреннее сопряжение двух окружностей

Построение сечения угловой стали (рис. 256, а). Проводят тонкими линиями две взаимно-перпендикулярные прямые. Откладывают на них размер сторон  $b$ . Через точки  $A$  и  $B$  проводят линии, перпендикулярные сторонам угла. На расстоянии, равном толщине угло-



450



Построение сечения швеллера (рис. 256, б). Проводят линии  $CB$ ,  $BA$  и  $AD$ , образующие внешние контуры сечения швеллера, соблюдая заданные размеры. На расстоянии  $d$  (толщина стенки) проводят вертикальную прямую, параллельную  $AB$ . Через точку  $E$ , отстоящую от точки  $C$  на расстоянии  $\frac{b-d}{2}$ , проводят прямую, перпенди-

кулярную  $BC$ , и откладывают на ней толщину полки  $EF = t$ . Стороны полки имеют заданный уклон в процентах. Построение его производят на вспомогательной прямой, параллельной  $BC$  и проведенной через точку  $F$ . Линию уклона продолжают от точки  $F$  влево. Аналогичным способом строят уклон нижней полки. Заданными радиусами  $R$  и  $r$  производят сопряжение сторон сечения профиля. Обводят сечение контурными линиями и производят штриховку.

Построение сечения двутавровой стали (рис. 256, в). Построение сечения двутавровой стали производится способом, аналогичным построению сечения швеллера. Предварительно проводят ось симметрии  $OO_1$ .

Построение профиля рельса типа Р50 приведено в качестве примера на рис. 256, г. Перед построением необходимо провести ось симметрии.

### Проекционное черчение

**Прямоугольные проекции.** Для ясного представления о форме и размерах предмета его вычерчивают, как правило, в трех прямоугольных проекциях, на трех взаимно перпендикулярных плоскостях  $H$ ,  $V$  и  $W$  (рис. 257). После развертки плоскостей, на которые проектируется данный предмет, получают чертеж предмета. На рис. 258 показан пример чертежа заданного предмета в прямоугольных проекциях. Стрелками показаны позиции рассмотрения предмета.

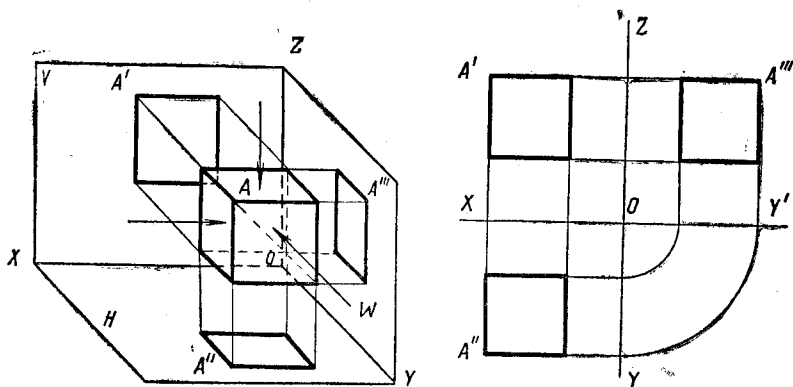


Рис. 257. Вычерчивание куба в трех прямоугольных проекциях

**Построение чертежа в аксонометрии.** Аксонометрическое вычерчивание облегчает чтение чертежей, выполненных в прямоугольной проекции, и, кроме того, дает возможность в случае необходимости правильно сделать зарисовки деталей, предметов от руки, на глаз. В практике наибольшее распространение получили три основных вида аксонометрии: фронтальная проекция, изометрия и диметрия.

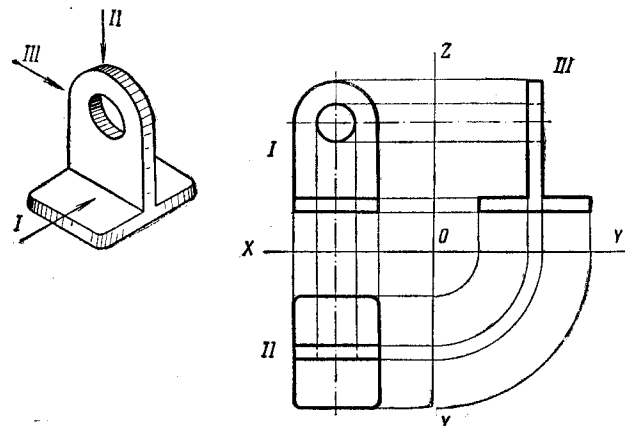


Рис. 258. Построение чертежа заданного предмета

**Фронтальная проекция** (рис. 259, а). При построении изображения во фронтальной проекции оси  $XX'$  и  $ZZ'$  располагаются под прямым углом друг к другу. Ось  $YY'$  располагается под углом  $45^\circ$  к горизонтали. Размеры линий предмета, параллельных осям  $XX'$  и  $ZZ'$ , сохраняются неизменными, равными действительным, размеры же линий предмета, параллельных оси  $YY'$ , уменьшаются наполовину, т. е.  $a : b : c = 1 : 1 : 1/2$ .

**Изометрия** (рис. 259, б). В изометрической проекции оси  $XX'$  и  $YY'$  располагаются под углом  $30^\circ$  к горизонтали. Линейные размеры предмета по всем осям ( $XX'$ ,  $YY'$  и  $ZZ'$ ) сохраняются неизменными, равными действительным.

**Диметрия** (рис. 259, в). При построении изображения в диметрической проекции ось  $XX'$  располагается под углом  $7^\circ$ , ось  $YY'$  — под углом  $40^\circ$  к горизонтали. Размеры предмета по осям  $XX'$  и  $ZZ'$  сохраняются, по оси  $YY'$  уменьшаются наполовину, т. е.  $a : b : c = 1 : 1 : 1/2$ .

В качестве примера, характеризующего построение предмета в аксонометрии, рассмотрим построение куба с вписанными в его грани окружностями в изометрической проекции. Порядок построения приведен на рис. 259, г. Постро-

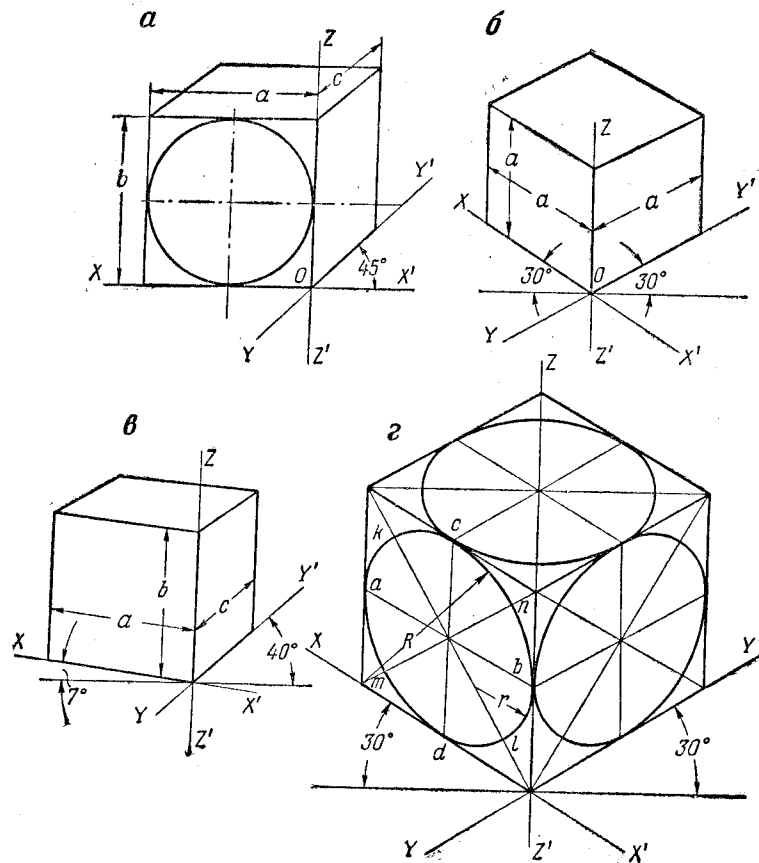


Рис. 259. Аксонометрия:

а — фронтальная проекция; б — изометрия; в — диметрия; г — построение куба с вписанными в его грани окружностями в изометрической проекции

ение начинают с проведения осей  $XX'$ ,  $YY'$  и  $ZZ'$ . На этих осях, пользуясь изложенным выше, производят построение куба. На гранях куба (на чертеже они выглядят в форме ромбов) проводят диагонали. Места пересечения диагоналей представляют собой центры окружностей. Через центры

окружностей проводят линии  $ab$  и  $cd$ , параллельные граням куба; это — действительные диаметры окружностей. В изометрической проекции окружности искажаются и принимают форму эллипсов. На диагоналях граней куба лежат оси эллипсов. В изометрической проекции большая ось эллипса берется равной 1,2 диаметра проектируемой окружности, малая ось — равной 0,7 этого диаметра. Обычно вместо эллипсов вычерчивают овалы. Отложив оси эллипсов (овалов)  $mn$  и  $kl$ , проводят концевые кривые овалов. Центром кривых овала большого радиуса  $R$  являются вершины ромбов по малой диагонали. Центры кривых овала малого радиуса  $r$  обычно подбираются так, чтобы дуга окружности, проходя через точки  $a$ ,  $c$  и конец большого диаметра  $k$ , плавно переходила в точках  $a$  и  $c$  в большую дугу.

### Нанесение размеров на чертежах

На чертежах проставляются действительные размеры предмета независимо от масштаба чертежа. В машиностроительных чертежах цифры размеров проставляются в миллиметрах, в строительных — в сантиметрах или метрах. Единицы измерения при размерах не указываются.

Примеры нанесения размеров приведены на рис. 260. Размерные линии проставляются параллельно тому отрезку, размер которого они указывают, а выносные линии — перпендикулярно ему. Иногда для удобства выносные линии проводятся под углом, но в этом случае обязательно, чтобы обе линии, выносящие размер одного отрезка, были параллельны друг другу.

При нанесении размерного числа на заштрихованной поверхности штриховка должна быть прервана в том месте, где будет проставлено число.

Если из проекции не видно, что размерное число указывает диаметр круглого сечения, то слева от числа ставится знак диаметра  $\Phi$ .

Цифры размеров должны проставляться таким образом, чтобы их можно было легко прочитать. При различных наклонах размерных линий и при простановке величины углов цифры ставят так, как указано на рис. 260. На том же рисунке показаны примеры простановки размеров радиусов, простановки цифр при небольших размерах чертежа, при недостатке места (когда стрелки заменяются точками).

На длинномерных деталях, имеющих отверстия на одинаковом расстоянии одно от другого, упрощают простановку размеров (рис. 261, а). Знак  $\perp 55 \times 75 \times 9$  сверху чертежа показывает, что вычерчена неравнобокая угловая сталь с шириной полок 55 и 75 мм и толщиной их 9 мм. Цифры  $12 \times 90$  показывают, что всего имеется 12 пролетов

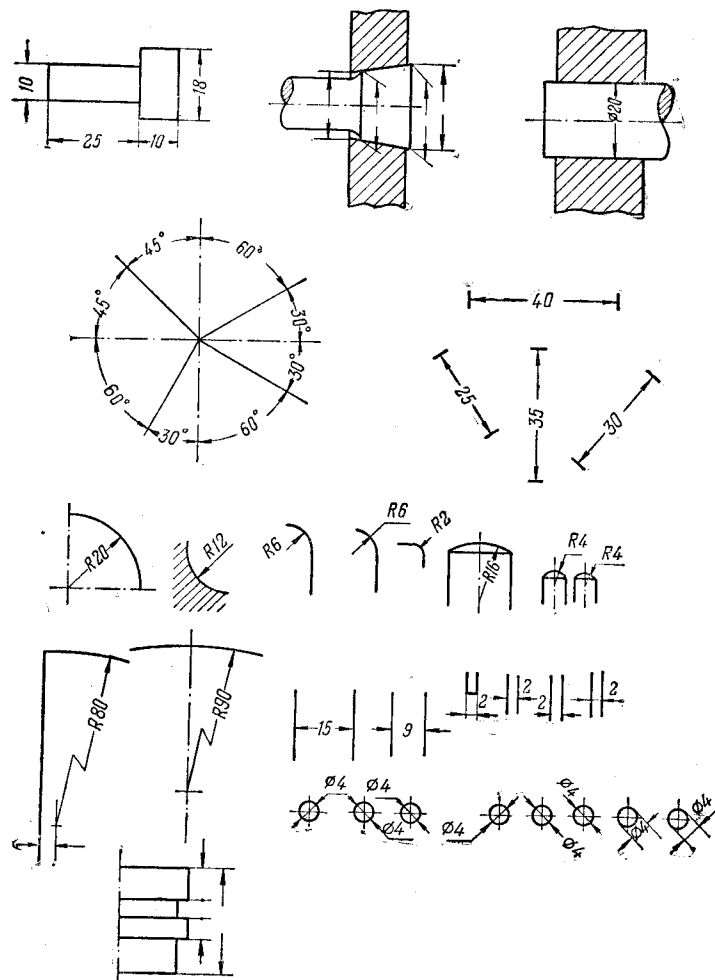


Рис. 260. Нанесение размеров на чертежах

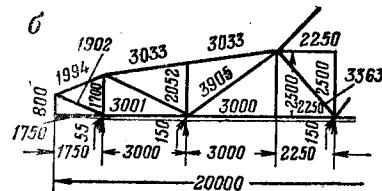
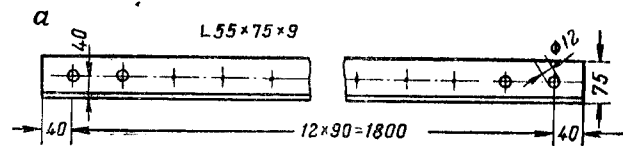


Рис. 261. Упрощенная простановка размеров:  
а — на длинномерных деталях; б — на схемах стальных конструкций

между центрами отверстий, а 90 — расстояние между центрами в миллиметрах.

На схемах стальных конструкций размеры проставляются без размерных линий, непосредственно у контура стержней (рис. 261, б).

Размерные линии в машиностроительных чертежах ограничиваются стрелками, в строительных чертежах — за секками.

### Разрезы и сечения деталей

Для уяснения внутреннего строения детали (предмета) часто в простых конструкциях невидимые линии на чертеже показывают пунктирной линией. В сложных деталях производят мысленный разрез детали, главным образом по осевым плоскостям. Все линии, которые становятся «видимыми» после такого разреза, показывают на чертеже сплошными, а самую плоскость разреза штрихуют.

Разрезы при вычерчивании в прямоугольных проекциях делают, как правило, с правой стороны от оси (рис. 262, а). При несимметричных деталях разрез делают в одной плоскости (рис. 262, б).

В машиностроительных чертежах для уяснения отдельных частей деталей или сопряжений делают вырывы (рис. 262, в).

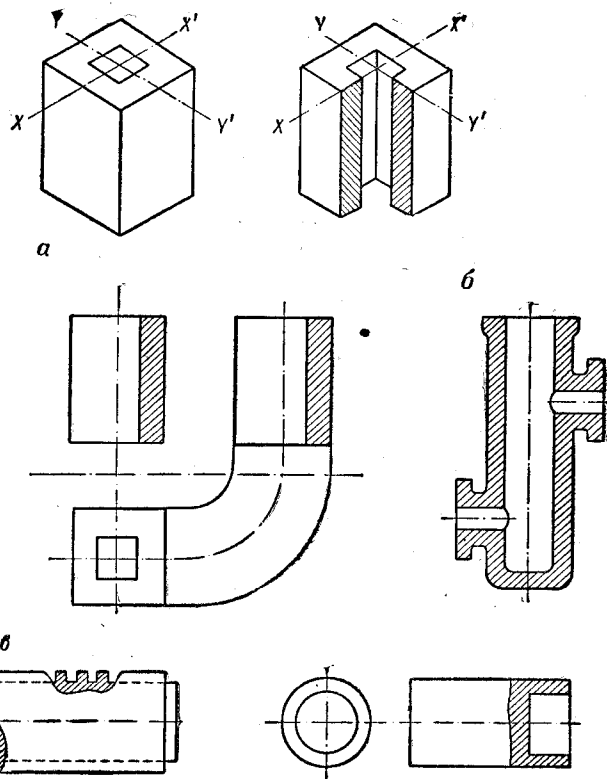


Рис. 262. Разрезы и сечения деталей:

а — разрез симметричной детали; б — разрез несимметричной детали; в — вырыв

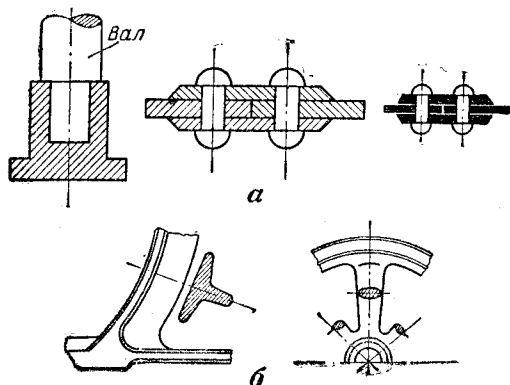


Рис. 263. Разрезы и сечения при сплошных деталях:

а — разрез в соединениях единичных деталей; б — сечение выносное и наложенное

Сплошные детали, конструкция которых ясна, не показываются в разрезе (рис. 263, а). В случаях когда необходимо показать, например, сечение спиц (рис. 263, б), их показывают непосредственно на изображении спицы (наложенное сечение) или выносят рядом (выносное сечение).

## Условные изображения, надписи и оформление чертежей

Чтобы не загромождать чертеж различными поясняющими надписями, прибегают к единым условным изображениям, которые установлены Государственным стандартом. Например, чтобы показать степень обработки поверхности детали, на чертеже ставят соответствующее число треугольников с добавлением к ним справа номера класса чистоты (рис. 264, а). Поверхности грубые обозначаются одним треугольником, получистые — двумя, чистые — тремя и весьма чистые — четырьмя треугольниками. Номера класса чистоты на чертежах обозначаются цифрами от 1 до 14.

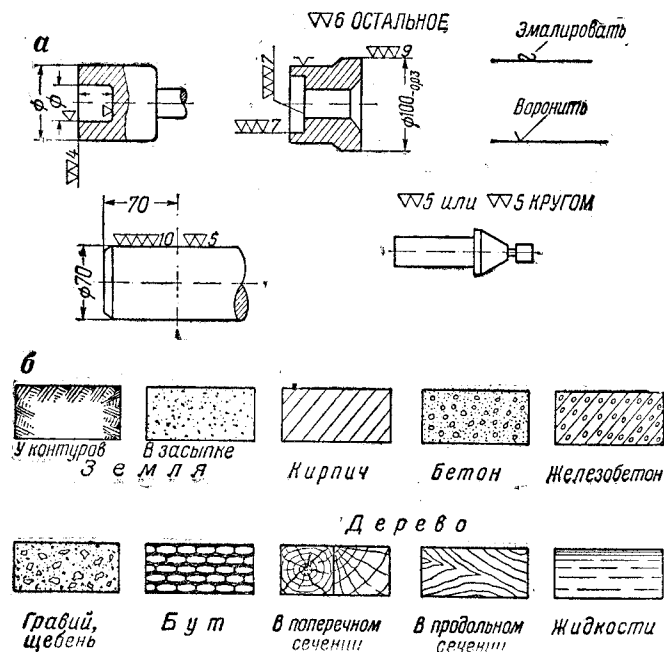


Рис. 264. Условные обозначения на чертежах: а — обозначения обработки поверхностей деталей; б — обозначения материалов в разрезах и сечениях

Поверхности, к которым не предъявляется особых требований в отношении чистоты обработки, обозначаются особым знаком.

На строительных чертежах для обозначения строительных материалов и грунтов приняты условные штриховки (рис. 264, б).

Применяются и другие условности и упрощения при вычерчивании деталей и конструкций, особенно в случаях, когда элемент детали или деталь в конструкции повторяется в значительном количестве. Например, на болтах (рис. 266) резьбу не вычерчивают, ограничиваясь показом глубины нарезки пунктирной линией и простановкой по наружному диаметру условным знаком вида резьбы (например, М-16 — метрическая диаметром 16 мм, 3/4" — дюймовая диаметром 3/4" и т. д.).

Каждый чертеж должен быть надлежащим образом оформлен. Чертежи обычно выполняются на листах стандартного размера (144 × 203, 203 × 288, 288 × 407, 407 × 576, 576 × 814, 814 × 1152 мм). Для вычерчивания конструкций или схем сооружений, имеющих большую длину, пользуются другими удобными размерами листов, однако при этом увеличение длинной или короткой стороны формата должно быть кратно половине удлиняемой стороны.

Надписи на чертежах выполняются нормальным шрифтом, образец которого приведен на рис. 265. Наклон букв и цифр к строке составляет 75°. Номер шрифта определяется размером его заглавных букв *h* в миллиметрах. Рекомендуются следующие номера шрифтов: 14; 10; 7; 5; 3,5 и 2,5. Высота строчных букв составляет примерно 2/3 заглавных. Толщина обводки букв и цифр составляет примерно 1/8 их высоты. Расстояние *l* между строками должно быть не менее: для шрифта № 14 — 20 мм, № 10 — 15 мм, № 7 — 12 мм, № 5 — 10 мм, № 3,5 — 7 мм.

При выполнении чертежа необходимо соблюдать соответствие толщины различных линий. Основной линией всякого чертежа является контурная линия. Она должна быть самой толстой. В то же время толщина контурной линии должна соразмеряться с размерами формата чертежа: чем чертеж крупнее, тем толще может быть контурная линия, и наоборот. Обычно толщина контурной линии находится в пределах от 0,4 до 1,5 мм.

Толщина всех других линий чертежа выбирается в зависимости от выбранной толщины контурной линии. Если при-

нять толщину контурной линии за единицу, то толщина других линий должна быть: линий невидимого контура, излома и вырыва — от 1/2 до 1/3; линий осевых, центровых, размерных, выносных, штриховки и построения характерных точек — 1/4 и менее; рамки для таблиц — 1 и менее.

Все вспомогательные линии при построении чертежа должны быть максимально тонкими.

На каждом чертеже в правом нижнем углу листа вычер-



Рис. 265. Нормальный шрифт для надписей на чертежах

чиваются штамп и спецификация. На штампе указывается наименование чертежа, его масштаб, название организации и фамилии должностных лиц, выполнявших чертеж. В спецификации указываются порядковые номера деталей чертежа, материалы, из которых они изготовлены, и другие необходимые данные.

### Эскизы

Эскизом называется выполненный с натуры от руки набросок какой-либо детали. Обычно эскиз тщательно вычерчивается в карандаше на клетчатой бумаге. Затем по эскизу производится вычерчивание детали в масштабе, а в отдельных случаях и изготовление ее.

Съемка эскиза с натуры начинается с вычерчивания от руки основных контуров детали в двух или трех проекциях, а в случае необходимости — и разрезов ее. После этого наносятся выносные и размерные линии тех размеров, кото-



рые дадут ясное представление о детали и позволят точно изобразить ее на чертеже. По окончании выполнения эскиза с помощью измерительного инструмента обмеряют деталь и наносят размеры на эскиз. В нужных случаях на эскизе наносится степень обработки поверхностей.

### Приемы и правила построения чертежей

Вычерчивание предмета или сооружения обычно начинают с вычерчивания его осей. Это позволяет правильно расположить чертеж на бумаге и быстрее ориентироваться в построении отдельных его точек относительно осей предмета. Сначала проводят те линии, которые наиболее просто ориентировать относительно оси предмета. Затем, откладывая на этих линиях заданные размеры, строят последовательно другие линии до полного вычерчивания предмета. Если характерными линиями предмета являются окружности, то их вычерчивают в первую очередь, а другие точки и линии чертежа ориентируют относительно центра окружности или ее осей.

**Вычерчивание деталей.** На рис. 266 приведены примеры вычерчивания часто встречающихся деталей.

При вычерчивании болта (рис. 266, а) нужно иметь в виду, что основные размеры его зависят от диаметра  $d$ . Перед началом построения чертежа болта необходимо по его оси отложить длину болта  $l$  и высоту головки  $0,7d$ . Дальнейшее построение видно из чертежа. Головка болта, а также вид гайки в плане (рис. 266, б) вычерчиваются, как вписанные в окружности шестиугольники; радиус окружности равен диаметру болта  $d$ . Размер  $S$  получается из чертежа.

Пружина на чертежах обычно показывается упрощенно. Для вычерчивания ее задается диаметр  $D$ , высота  $H$ , диаметр или сечение стали, из которой она изготовлена, и число витков. Построение чертежа пружины видно из рис. 266, д..

Для вычерчивания заклепок заданного диаметра откладывают по оси их длину  $l$  и высоту головки  $h$ . Затем, пользуясь данными, взятыми из таблиц стандартов заклепок, производят построение чертежа их в соответствии с рис. 266, е. Угол  $\alpha$  потайной заклепки откладывают транспортиром.

**Вычерчивание поперечных профилей земляного полотна.** При построении профиля насыпи сначала проводят верти-

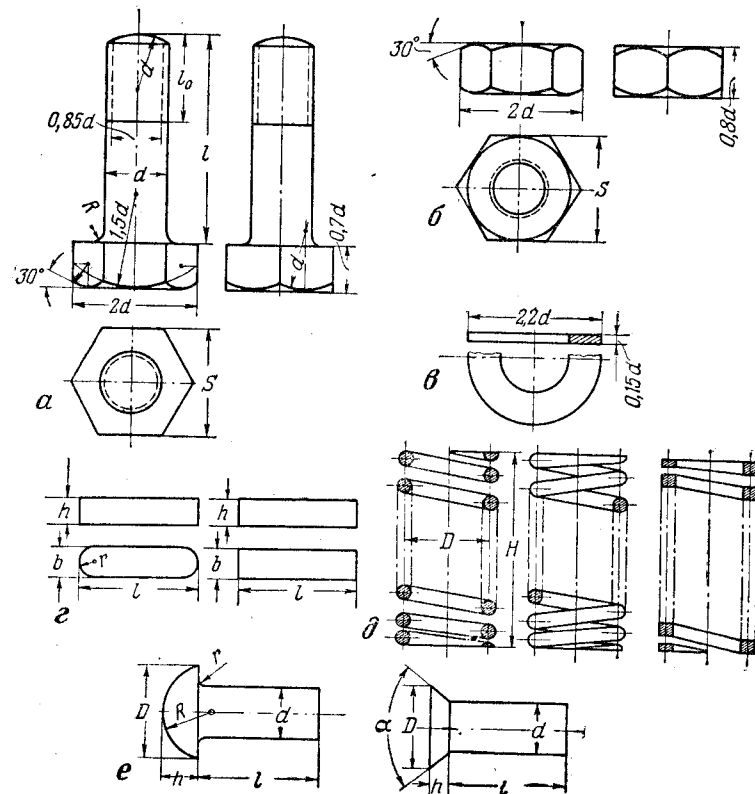


Рис. 266. Примеры вычерчивания деталей:

а — болт; б — гайка; в — шайба; г — шпонка призматическая обыкновенная с закругленными и плоскими торцами; д — цилиндрическая пружина; е — заклепки с полукруглой и потайной головкой

кальную ось пути и линию земной поверхности (рис. 267, а). Затем на линии земной поверхности откладывают симметрично оси ширину основной площадки земляного полотна (точки  $a$  и  $b$ ) и от полученных точек восстанавливают перпендикуляры, по высоте равные высоте насыпи  $h$  (в нашем примере  $h = 3$  м). Откосы насыпи с заданным уклоном строят изложенным выше способом. После этого, последовательно откладывая ширину бермы и вычерчивая профиль резервов или канав, заканчивают основные построения. Построение сливной призмы видно из рисунка. После построения обводят контурной линией очертания по-

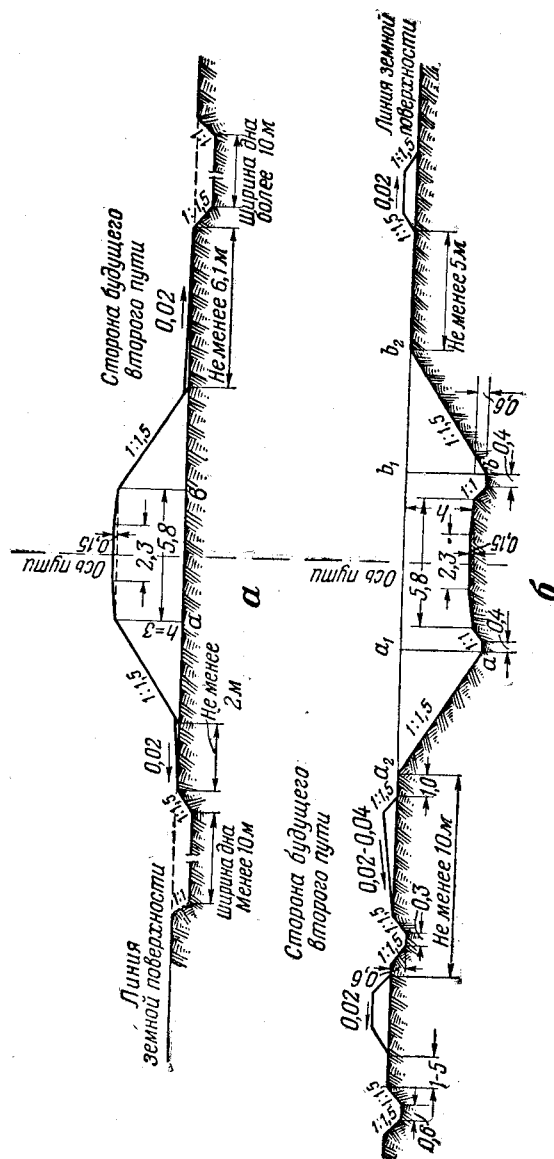


Рис. 267. Вычерчивание поперечных профилей земляного полотна:  
а — насыпи; б — выемки

перечного профиля насыпи, стирают излишние линии построения, проводят выносные и размерные линии и представляют размеры.

Построение поперечного профиля выемки производят аналогичным образом, только от линии земной поверхности откладывают по оси пути вниз отрезок  $h$ , равный глубине выемки (рис. 267, б). Для построения откосов выемки необходимо из точек  $a$  и  $b$  восстановить перпендикуляры  $aa_1$  и  $bb_1$  к линии земной поверхности. Затем от точек  $a_1$  и  $b_1$  следует отложить отрезки  $a_1a_2$  и  $b_1b_2$ , равные произведению величины отрезков  $aa_1$  и  $bb_1$  на величину заложения откоса (в нашем примере заложение равно 1,5). Соединив соответственно точку  $a_2$  с  $a$  и  $b_2$  с  $b$ , получаем линии откосов выемки.

**Вычерчивание узлов и деталей мостов.** При вычерчивании узлов и деталей мостов пользуются приемами, изложенными выше. Во всех случаях построение начинают с проведения осей сопрягаемых элементов. Основные размеры элементов для их вычерчивания задаются.

На рис. 268 показан порядок вычерчивания деревянной

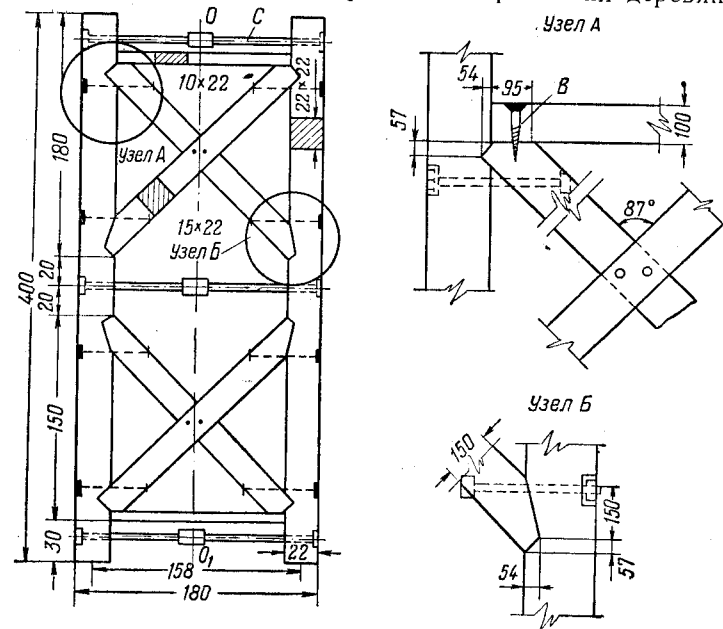


Рис. 268. Построение деревянной рамы опоры моста

рамы опоры моста. По вертикальной оси рамы  $OO_1$  откладывают ее размеры по высоте, а от оси — размеры рамы по ширине. Проводят параллельные линии контуров стоек рамы. Положение остальных характерных точек для построения линий элементов и узлов рамы (распорок, крестовых диагоналей, тяг) задано их расстояниями от основных линий стоек рамы. Пользуясь указанными на чертеже размерами, применительно к изложенному выше методу координат наносят на чертеж последовательно положение характерных точек и проводят между соответствующими точками линии.

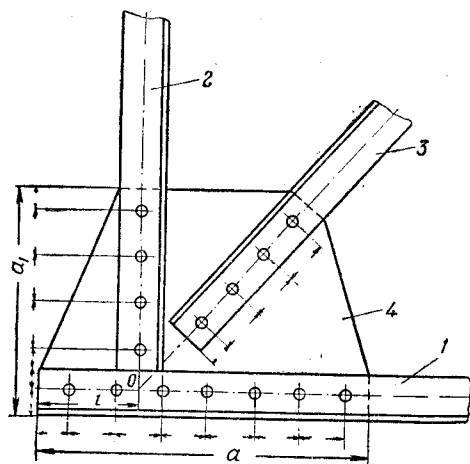


Рис. 269. Построение узла металлического пролетного строения

Для ясности два узла сопряжения элементов  $A$  и  $B$  вынесены за пределы основного чертежа в большем масштабе. Остальные узлы сопряжения аналогичны узлам  $A$  и  $B$ . Заштрихованными прямоугольниками на элементах рамы показаны их сечения, а сбоку проставлены их размеры. Все размеры рамы даны в сантиметрах, а размеры вынесенных узлов — в миллиметрах.

При выполнении чертежа необходимо иметь в виду, что длины крестовых диагоналей рамы не задаются — они получаются построением. Положение некоторых деталей размерами строго не ориентировано (глухарь  $B$  и металлические тяжи  $C$ ). В этом случае в натуре эти элементы ста-

вятся по месту применительно к их положению на чертеже.

По окончании построения, как обычно, производят обводку контурных линий рамы, стирают излишние линии, проводят выносные и размерные линии и проставляют размеры.

На рис. 269 показан пример вычерчивания узла металлической фермы. Вначале проводят оси элементов 1, 2 и 3. По заданным размерам вычерчивают элемент 1, а затем элемент 2, положение оси которого задано размером  $l$ . Сам элемент 2 перпендикулярен элементу 1. Наклон оси элемента 3 задается углом относительно одного из ранее вычерченных элементов или берется из конструктивного чертежа (схемы) всей фермы. Вычерчивание отверстий под заклепки производится по заданным размерам. Далее вычерчивается фасонка 4 по ее размерам  $a$  и  $a_1$ . Наконец, производится обводка чертежа. После стирания излишних линий проводят выносные и размерные линии и проставляют размеры.

### Приемы и способы чтения чертежей

Прочитать чертеж — это значит представить себе мысленно в натуре предмет или сооружение, изображенные на чертеже. Приемов и способов чтения чертежей много; они зависят от практических навыков читающего. Однако во всех случаях при чтении чертежа нужно иметь в виду правила и порядок построения чертежа, изложенные выше.

Обычно чтение чертежа начинают с его названия и масштабов (по штампу чертежа). Контурные линии чертежа (более толстые) определяют очертания предмета. Сначала рассматривают предмет в целом по его трем проекциям и стараются представить себе его общий вид. Если чертеж выполнен в одной проекции (несложный предмет или схема), задача облегчается.

Представив себе вычерченный предмет в общем виде, переходят к рассмотрению отдельных его деталей также в трех проекциях. Особенно внимательно следует рассматривать элементы, имеющие криволинейные очертания, так как криволинейность их в большинстве случаев может быть выявлена только по одной из проекций. При изучении элементов чертежа необходимо установить размеры их и их координату относительно осевых линий предмета или его основных контурных линий. По спецификации чертежа

устанавливают материал деталей, а по условным знакам — качество обработки их поверхностей. Условные знаки, расположенные на чертеже, помогают установить более правильно и точно конфигурацию и выполнение отдельных элементов.

Тщательно изучив чертеж и отдельные его элементы, делают вывод о взаимосвязи их между собой.

### Вопросы для повторения

1. Разделить отрезок на две и на девять равных частей.
2. Построить линию, параллельную заданной прямой на расстоянии 25 мм.
3. Построить уклон, равный 1/11.
4. Построить вписанные равносторонний треугольник, квадрат и шестиугольник.
5. Построить овал с диаметрами  $D_1 = 40$  мм и  $D_2 = 80$  мм.
6. Построить эллипс по двум заданным осям  $AB = 60$  мм и  $CD = 30$  мм.
7. Произвести сопряжение прямых, расположенных под прямым углом, под углом  $60^\circ$  и под углом  $130^\circ$  при радиусе сопряжения, равном 15 мм.
8. Произвести сопряжение окружности радиусом 20 мм с прямой, если радиус сопряжения равен 10 мм.
9. Произвести внешнее сопряжение двух окружностей с радиусами 15 и 20 мм при расстоянии между их центрами 60 мм и с радиусом сопряжения 20 мм.
10. Как производится сопряжение двух уклонов в вертикальной плоскости?
11. Вычертить профиль рельса Р50.
12. Вычертить в трех проекциях путевой болт к рельсу Р50 и гайку к нему.
13. Вычертить в изометрической проекции накладку к рельсам Р50.
14. Для чего и как выполняются разрезы и сечения деталей?
15. Что такое эскиз и каковы принципы вычерчивания эскизов? Вычертить эскиз подкладки к рельсам Р50.
16. Вычертить поперечный профиль насыпи высотой 5 м и поперечный профиль выемки глубиной 3 м.
17. Вычертить по заданию руководителя схему пролетного строения с решетчатыми фермами и проставить его размеры.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3
Глава 1. Общие сведения об устройстве железных дорог . .	8
Основные железнодорожные сооружения и устройства . .	—
Общие сведения об устройстве железнодорожного пути . .	12
Полоса отвода . . . . .	13
План железнодорожного пути . . . . .	14
Профиль железнодорожного пути . . . . .	16
Габариты приближения строений и подвижного состава .	22
Глава 2. Земляное полотно . . . . .	28
Общие сведения . . . . .	—
Устройство насыпей . . . . .	31
Устройство выемок . . . . .	39
Устройство земляного полотна на станционных площадках, на подходах к мостам и на обходах . . . . .	42
Водоотводные сооружения и устройства . . . . .	45
Укрепление и защита земляного полотна . . . . .	53
Глава 3. Верхнее строение пути . . . . .	59
Общие сведения . . . . .	—
Балластный слой . . . . .	60
Шпалы . . . . .	67
Рельсы . . . . .	79
Скрепления . . . . .	91
Покилометровый запас материалов верхнего строения пути	112
Глава 4. Устройство рельсовой колеи . . . . .	115
Особенности устройства ходовых частей подвижного состава, влияющие на устройство рельсовой колеи . . . . .	—
Устройство рельсовой колеи в прямых участках пути . .	119
Устройство рельсовой колеи в кривых участках пути . .	122
Усиление пути в кривых . . . . .	130
Сопряжение элементов продольного профиля . . . . .	132
Устройство пути на мостах . . . . .	133
Глава 5. Соединения железнодорожных путей . . . . .	142
Общие сведения . . . . .	—
Устройство одиночного стрелочного перевода . . . . .	148
Симметричные стрелочные переводы . . . . .	175
Перекрестные стрелочные переводы . . . . .	176
Упрощенные стрелочные переводы . . . . .	180

	Стр.
Глухие пересечения . . . . .	181
Съезды и стрелочные улицы . . . . .	—
Сплетение и совмещение путей . . . . .	184
Путевые поворотные устройства . . . . .	185
<b>Глава 6. Пересечения, проезды, путевые и сигнальные знаки</b> . . . . .	189
Пересечения и проезды железных дорог . . . . .	—
Путевые и сигнальные знаки . . . . .	191
<b>Глава 7. Общие сведения об искусственных сооружениях</b> . . . . .	197
<b>Глава 8. Деревянные мосты</b> . . . . .	206
Общие сведения . . . . .	—
Материал деревянных мостов . . . . .	207
Балочные мосты . . . . .	208
Пакетные пролетные строения. Деревянные фермы . . . . .	225
Деревянные опоры мостов больших пролетов . . . . .	228
Ледорезы . . . . .	247
<b>Глава 9. Каменные, бетонные и железобетонные мосты</b> . . . . .	251
Общие сведения . . . . .	—
Материалы для строительства массивных мостов . . . . .	252
Опоры мостов . . . . .	256
Каменные и бетонные мосты . . . . .	266
Железобетонные мосты . . . . .	268
Гидроизоляция мостов . . . . .	285
Опорные части . . . . .	286
Особенности устройства пути на железобетонных мостах . . . . .	287
<b>Глава 10. Металлические мосты</b> . . . . .	291
Общие сведения . . . . .	—
Материал металлических мостов . . . . .	292
Соединение элементов пролетных строений . . . . .	295
Пролетные строения со сплошной стенкой . . . . .	297
Пролетные строения со сквозными фермами . . . . .	311
Опорные части . . . . .	327
Облегченные пролетные строения . . . . .	329
Разборные пролетные строения . . . . .	334
Металлические опоры . . . . .	339
Металлическая эстакада . . . . .	343
<b>Глава 11. Трубы, туннели и подпорные стенки</b> . . . . .	347
Трубы . . . . .	—
Лотки . . . . .	361
Туннели . . . . .	—
Подпорные стенки . . . . .	371
<b>Глава 12. Переправы и наплавные мосты</b> . . . . .	373
<b>Глава 13. Особенности устройства пути и искусственных сооружений на зарубежных железных дорогах</b> . . . . .	384
Общие сведения . . . . .	—
Особенности устройства верхнего строения пути . . . . .	386
Особенности устройства искусственных сооружений . . . . .	397

	Стр.
<b>Глава 14. Общие сведения о раздельных пунктах</b> . . . . .	399
Назначение и устройство раздельных пунктов . . . . .	—
Станционное хозяйство . . . . .	404
Основные типы станций . . . . .	407
<b>Справочные данные по математике и черчению</b>	
<b>Справочные данные по математике</b> . . . . .	421
Проценты . . . . .	—
Буквенные обозначения . . . . .	—
Понятие об уравнениях . . . . .	423
Основные геометрические понятия . . . . .	424
Площади фигур . . . . .	429
Поверхности и объемы тел . . . . .	432
<b>Справочные данные по черчению</b> . . . . .	436
Чертежные принадлежности и инструменты. Масштаб . . . . .	—
Приемы геометрического черчения . . . . .	438
Проекционное черчение . . . . .	452
Нанесение размеров на чертежах . . . . .	455
Разрезы и сечения деталей . . . . .	457
Условные изображения, надписи и оформление чертежей . . . . .	459
Эскизы . . . . .	461
Приемы и правила построения чертежей . . . . .	462
Приемы и способы чтения чертежей . . . . .	467

**Учебник сержанта железнодорожных войск**  
**Книга 1. Устройство железнодорожного пути**

Под наблюдением редактора полковника *Горчакова А. Д.*

Технический редактор *Зудина М. П.*

Корректор *Козырина И. Б.*

Сдано в набор 8.3.60 г.

Г-573667

Подписано к печати 7.10.60 г.

Формат бумаги  $84 \times 108^{1/32}$  14<sup>3</sup>/<sub>4</sub> печ. л. = 24,19 усл. печ. л. + 2 вклейки <sup>1</sup>/<sub>2</sub> печ. л. =  
= 0,82 усл. печ. л. 25,546 уч.-изд. л.

Военное издательство Министерства обороны Союза ССР

Москва, Центр, Гверской бульвар, 18

Изд. № 2/2678

Зак. № 1259

2-я типография Военного издательства Министерства обороны Союза ССР  
Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

