

Тема № 9. Общие сведения об искусственных сооружениях на железных дорогах

1. Время на занятие - 2 часа

2. Метод проведения : лекция

3. Место проведения: аудитория.

4. Учебные цель занятия: Ознакомить студентов с видами искусственных сооружений на железных дорогах, основными частями моста, силами, действующими на мост, видами мостов, основными размерами моста и основными сведениями о конструкции металлических мостов.

5. Воспитательные цели занятия:

- Обратить внимание обучаемых на актуальность полученных знаний по данной теме в связи с нынешней общественно- политической ситуацией в мире.
- Обратить внимание обучаемых на важность жизнедеятельности искусственных сооружений на железных дорогах в условиях современных военных действий.
- Развить чувство гордости за осваиваемую военную специальность у обучаемых.

6. Учебно-материальное обеспечение:

6.1 Литература:

- Гольденберг И.Н. и Сергиенко П.М. «Восстановление искусственных сооружений» ч.1. МИИТ. М. 1965 г.;
- . Петропавловский А. А. Проектирование металлических мостов. М. Транспорт. 1982г.

Технические средства обучения:

- Диапроектор
- Мультимедийная установка

6.3 Наглядные пособия:

- Слайды по теме
- Плакаты, стенды

7. Учебные вопросы и примерное распределение времени

1	Виды искусственных сооружений на железных дорогах	10
2	Основные части моста и силы, действующих на мост	20
3	Виды мостов	15
4	Основные размеры моста, понятие о мостовом переходе	20
5	Основные сведения о конструкциях металлических мостов	25
	Итого	90

8. Методические указания по проведению занятия:

- Лекцию читать с максимальным использованием наглядных пособий: макетов, плакатов;
- Обратить особое внимание студентов на изучение ими терминологии, относящейся к мостам и пониманию студентами работы конструкций моста под воздействием, действующих на них сил;
- Студентам на самоподготовке выдается задание на самостоятельное изучении основных сведений об искусственных сооружениях, пользуясь книгой «Восстановление искусственных сооружений» ч.1.
- Через неделю в часы самоподготовки проверить усвоение студентами материала темы №9. Обратить особое внимание на усвоение ими наименований частей, элементов конструкций и основных размеров моста.

9. Принципы и методы формирования и развития у студентов

9.1 Морально-политических качеств:

- Подчёркивание постоянной бдительности и патриотизма в условиях международной обстановки для серьёзного отношения к военным знаниям.

9.2 Командных качеств:

- Обратит внимание на чувство ответственности и профессионализма, которыми должны обладать будущие офицеры ЖД войск.

9.3 Организаторских способностей:

- За счет получения знаний приобретенных при изучении данной темы надо правильно руководить л/с и организовывать его эффективную работу.

9.4 Психологических качеств:

- Используя кино-фото-видеоматериалы ВОВ, ТСУ, практических занятий на испытательном полигоне, литературу, опыт восстановительных и строительных работ ЖД в экстренных ситуациях и плохих погодных условиях, необходимый для четкого понимания того, с чем приходится столкнуться воинам-железнодорожникам.

9.5 Методических навыков:

- Не опускать без внимания нечеткие или неточные ответы учащихся. Добиваться правильности понимания предмета.

10. Задание на самоподготовку.

Закрепить материал занятия по конспекту лекции, а также использовать предлагаемую литературу (см. пункт 6.1).

1. Виды искусственных сооружений на железных дорогах.

В местах пересечения железной дорогой водотоков, других дорог, оврагов, ущелий и горных хребтов устраиваются искусственные сооружения. Их устраивают также вместо насыпей или выемок по экономическим или другим причинам, для поддержания от обрушения откосов земляного полотна и обеспечения сохранности пути, проложенного вдоль крутых склонов и берегов.

К искусственным сооружениям относятся: мосты, трубы, лотки, дюкеры, тоннели, галереи и подпорные стенки.

Мост (рис. 1) устраивается над пересекаемыми железной дорогой водотоком, оврагом, ущельем, другой дорогой. Земляное полотно в пределах моста прерывается. Мосты, устраиваемые над дорогами, называются путепроводами, а пересекающие глубокие овраги, ущелья, суходолы и сооружаемые иногда вместо высоких насыпей, называются **виадуками**. Длинные мосты, устраиваемые вместо насыпей при прокладке железной дороги на застроенных территориях и на подходах к мостам через большие реки называются **эстакадами**: например эстакада по Садовой улице над Самотечной площадью в Москве.

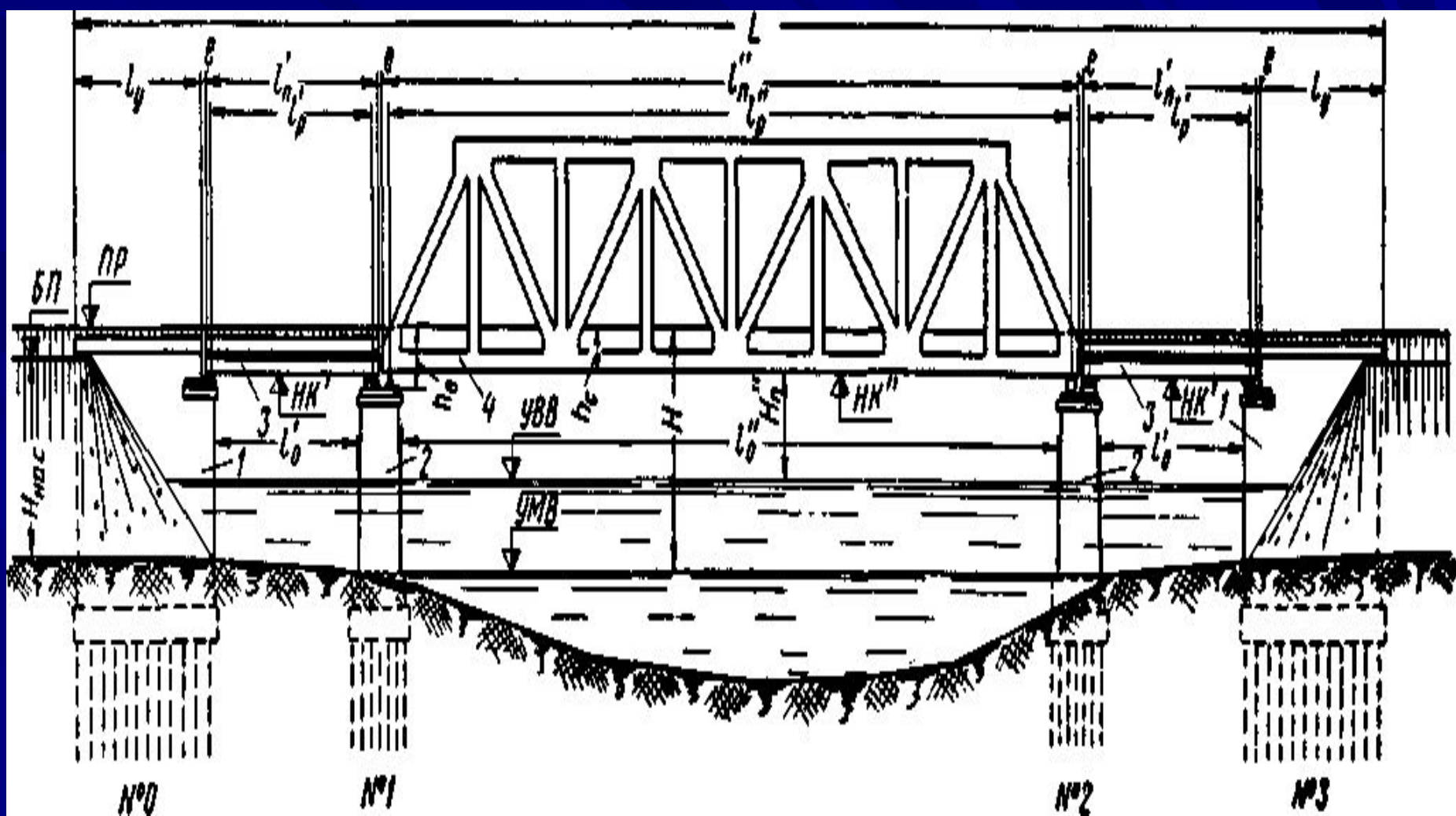


Рис. 1. Схема трехпролетного моста:

1— устои; 2 — быки; 3, 4 — пролетные строения; $l_{п1}$, $l_{п11}$ — полные длины пролетных строений; l_0 , l_0' — размеры пролетов в свету; l_p , l_p'' — расчетные пролеты; $H_{п''}$ — высота подмостового габарита в среднем пролете; $H_{нас}$ — высота насыпи; e — зазор между пролетными строениями; ПР, БП, HK — высотные отметки подошвы рельса, бровки земляного полотна и низа конструкций пролетных строений, УВВ — уровень высоких вод; УМВ — уровень межженных вод; № 0, 1, 2, 5 — номера опор; l_y — длина устоя

Трубы устраиваются в теле насыпи (рис. 2) для пропуска ливневых вод на суходолах, при пересечении рек, ручьев, а иногда для пропуска дорог и прогона скота.



Рис 2. Труба

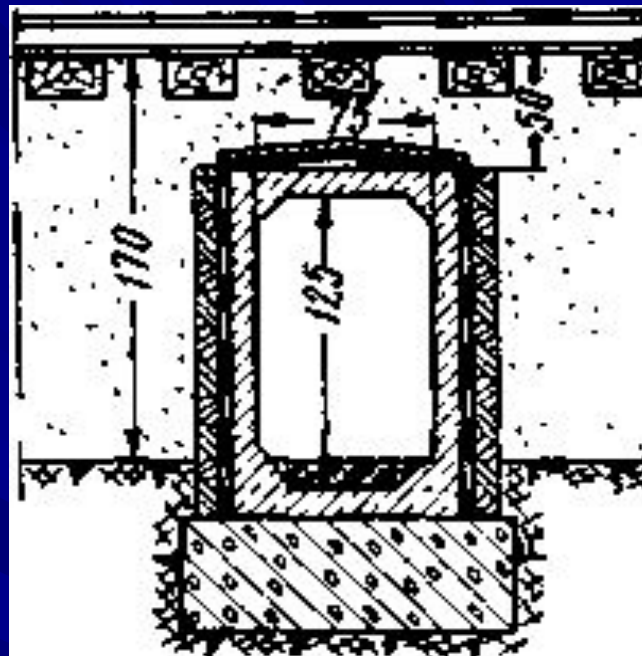


Рис 3. Лоток

Лоток (рис. 3) представляет собой небольшое сооружение, устраиваемое при пересечении железной дорогой различных канав, а также периодически действующих водотоков при ограниченной высоте насыпи.

Над трубой от ее верхней поверхности до подошвы рельса согласно СНиП толщина засыпки должна быть не менее 1 м для железобетонных и не менее 1,2 м для металлических труб; для лотка она может быть меньше или её вообще может не быть.

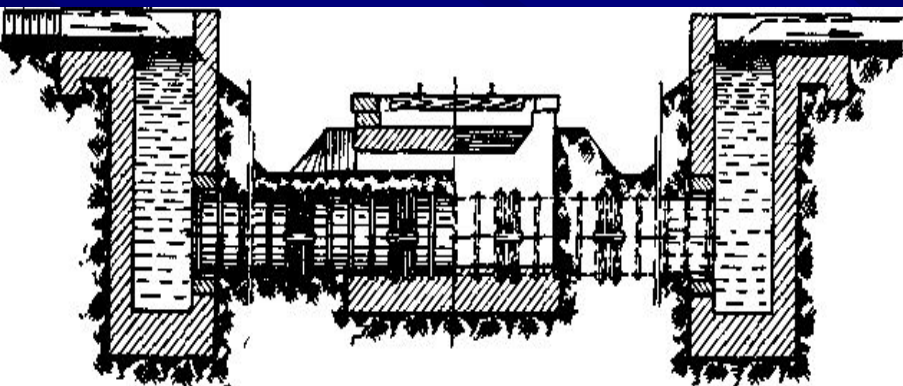


Рис 4. Дюкер

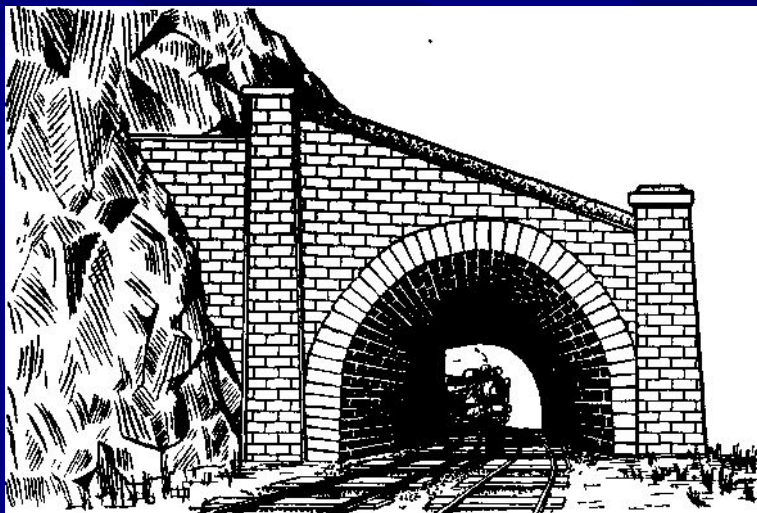


Рис 5. Галерея

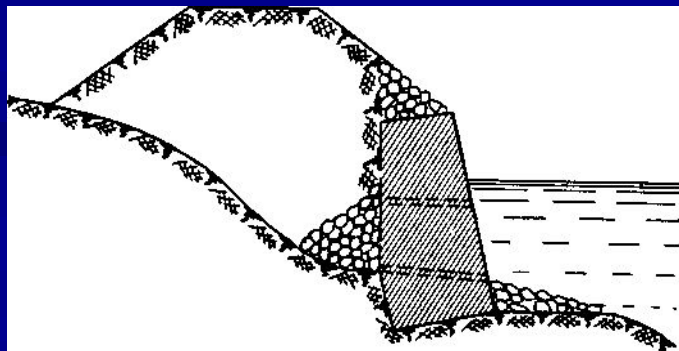


Рис 6. Подпорная стена.

Дюкер (рис. 4) устраивается для перепуска воды под железнодорожным путем в выемке.

Тоннели устраиваются под поверхностью земли при пересечении железной дорогой горных хребтов, на застроенных городских территориях (метрополитены, переходные тоннели), а иногда вместо мостов под руслом рек, каналов или под морскими проливами.

Галереи (рис. 5) устраиваются в горных районах для защиты железной дороги от обвалов и лавин. В этих же районах для пропуска солей над железной дорогой строятся **селепроводы**.

Подпорные стыки (рис. 6) поддерживают откосы насыпей и выемок от обрушения, а также защищают земляное полотно от подмыва на участках железных дорог, проложенных по берегам рек, озер и морей. К искусственным сооружениям относятся также переправы; ледяные и паромные, устраиваемые для переправы железнодорожного подвижного состава через водные преграды.

Наиболее распространенными искусственными сооружениями являются мосты и трубы.

2. Основные части моста. Силы действующие на мост.

Мост состоит из опор и пролетных строений, перекрывающих пространство между опорами, называемое пролетами (рис. 1).

На пролетных строениях уложен железнодорожный путь.

Опоры обеспечивают требуемое положение пролетных строений, воспринимают нагрузку от них и передают её на грунт. Опоры моста подразделяются на промежуточные или быки и береговые или устои. Устои не только передают нагрузку от пролетных строений на грунт, но еще сопрягают мост с насыпью и воспринимают давление земли от нее.

Давление льда возникает при ледоходе в районах с суровой зимой, оно передается в виде горизонтальных поперечных сил на опоры моста или защищающие их ледорезы. Навал судов на опоры моста возможен как в поперечном, так и в продольном направлении; на реках со значительным судоходством нередко сооружаются специальные навалоотбойные устройства. Изменения температуры могут вызвать дополнительные усилия, если для моста применены статически неопределимые конструкции.

Во время строительства моста на мост могут оказать существенное воздействие строительные нагрузки от монтажных кранов, вызванные принятой технологией производства работ и др.ъ

3. Виды мостов.

В зависимости от числа пролетов мосты бывают:

- однопролётные;
- двухпролётные;
- трехпролётные;
- многопролетными.

По числу путей на мосту мосты могут быть:

- однопутные;
- двухпутные;
- многопутными.

Пролетные строения двухпутных мостов бывают общими под оба пути или отдельными. Имеются мосты, на которых в одном или двух уровнях размещены железная и автомобильная дороги; такие мосты называются **совмещенными**.

Уровень езды на мосту может быть расположен в верхней или нижней части пролетных строений, редко посередине. Соответственно пролетные строения называют с ездой:

- по верху;
- по низу;
- по середине.

В зависимости от материала, из которого выполнены пролетные строения моста, различают мосты:

- металлические;
- железобетонные;
- бетонные;
- каменные;
- деревянные;
- при пролетных строениях из разных материалов мост называют смешанным.

По характеру работы конструкции мосты подразделяются на:

- балочные;
- арочные;
- рамные;
- висячие;
- комбинированные.

В балочных мостах пролетные строения под воздействием вертикальной нагрузки работают как балки, т.е. преимущественно на изгиб и передают на опоры только вертикальные давление. Пролетные строения балочных мостов выполняются из металла, железобетона, дерева, по своей конструкции они подразделяются на разрезные, неразрезные и консольные (рис.9). Наибольшее распространение получили разрезные балочные пролетные строения.

В арочных мостах (рис.9) конструкции пролетных строений представляют собой своды или арки, выполняемые из металла, железобетона, бетона и камня. Под воздействием вертикальной на грузки на опорах этих конструкций возникают не только вертикальные, но и горизонтальные опорные реакции, называемые распорам. Наличие распора требует увеличения размеров опор моста. Это недостаток меньше сказывается при прочных, скальных основаниях, что способствует широкому применению арочных мостов в горных районах. В многопролетных арочных мостах пролетные строения большей частью рассматриваются как отдельные однопролетные арки, реже как неразрезные арочные системы.

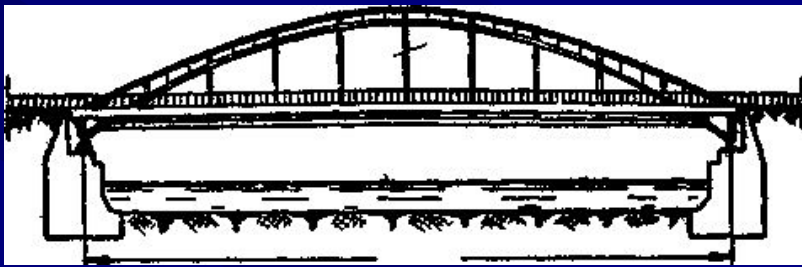


Рис. 7. Схемы арочных мостов: с ездой понизу: пролетное строение из арок с затяжками

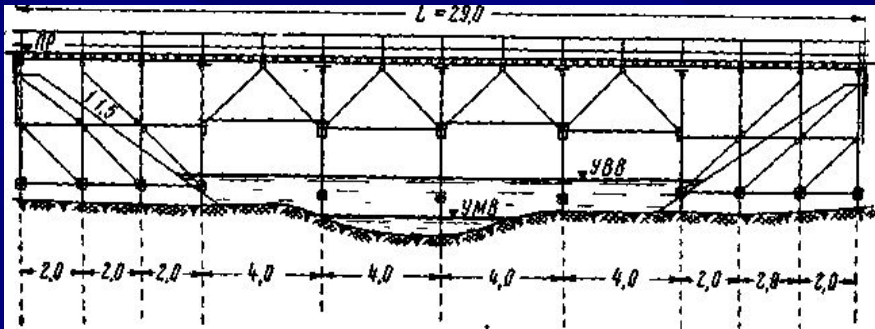


Рис 8. Подкосный мост



Рис. 9. Схема рамного моста

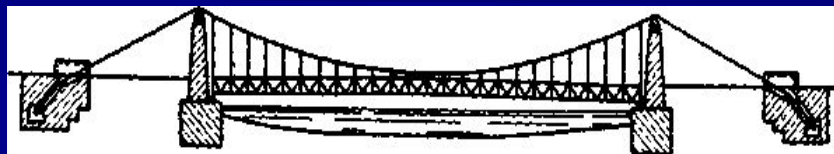


Рис. 10. Схема висячего моста

Из арочных систем особо следует выделить арки с затяжкой (рис.7), у которых распор воспринимается затяжкой, а на опоре передается только вертикальное давление.

Видоизменением арочной системы являются подкосные мосты (рис. 8), выполняемые в дереве. Ввиду большой трудоемкости подкосные мосты на железных дорогах больше не применяются.

В рамных мостах (рис.9) пролетные строения и опоры составляют раму, ригели и стойки которой жестко соединяются между собой. Рамные мосты чаще выполняются из железобетона, реже из металла.

Висячий мост (рис. 10) состоит из несущей растянутой цепи, к которой подвешена конструкция проезда, промежуточных опор-пилонов, на которые цепь передает вертикальное давление, и устоев, воспринимающих распор. Чтобы уменьшить большие прогибы цепи в конструкцию моста включается балка жесткости, но такая система уже по существу своей работы является комбинированной. Висячие мосты вследствие их малой жесткости ранее на железных дорогах не применялись; однако, в настоящее время в Японии заканчивается строительство моста через пролив между островами Хонсю и Сикоку под автомобильную и железную дороги с висячими пролетными строениями в трех пролетах.

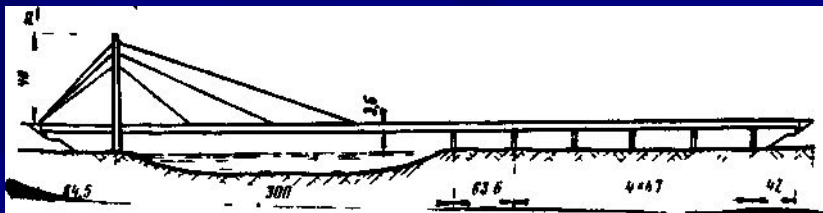


Рис 11. Вантовый мост

К комбинированным системам относятся и получившие в последнее время вантовые мосты (рис. 11). В этих мостах пролетное строение состоит из растянутых вант и балки жесткости, работающей на сжатие и изгиб. Известно применение вантовых мостов и под железную дорогу.

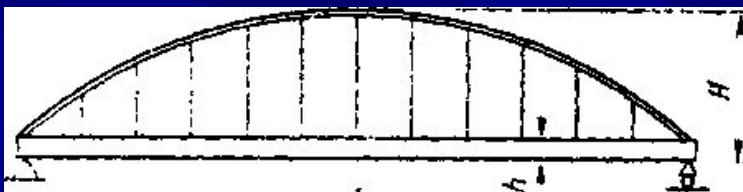


Рис 12 Схема комбинированного моста: балка, усиленная аркой.

Имеются мосты, в которых применены и другие комбинированные системы, например, балка, усиленная аркой (рис. 12), арка с цепью и др. Особыми видами являются:

- разводные мосты, имеющие поднимающиеся или поворачивающиеся пролетные строения для пропуска судов;
- наплавные мосты (рис. 13), у которых пролетные строения опираются на плавучие опоры;
- свайно-ледяные переправы, представляющие собой деревянный мост на сваях, устойчивость которых обеспечена главным образом их связью с ледяным полем.

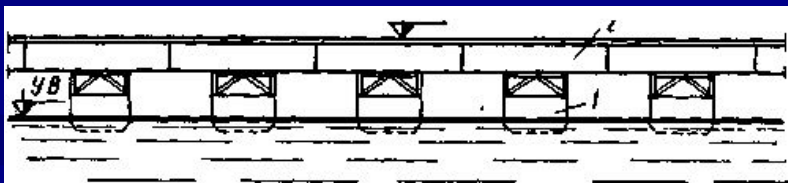


Рис. 13. Схема наплавного моста:
1—понтон; 2—неразрезное пролетное строение

4. Основные размеры моста. Понятие о мостовом переходе.

Основными размерами моста являются (см. рис. 1): 1. Длина моста L ; она равна расстоянию между задними гранями устоев, а при деревянных опорах - между закладными щитами. В СССР мосты по длине разделяются на малые - длиной до 25 м, средние - длиной от 25 до 100 м и большие длиной более 100 м.

2. Отверстие моста L_0 ; оно равно расстоянию между передними стенками устоев или конусами насыпей подходов, намеренному на высоте расчетного уровня высоких вод (РУВВ) за вычетом суммарной толщины быков. Расчетный уровень определяется по теории вероятности на основе многолетних наблюдений за режимом рек. Вероятность превышения РУВВ принимается один раз за 30-100 лет.

3. Высота моста H ; ее считают равной расстоянию от подошвы рельсов до уровня меженных вод (УМВ) на водотоках или до наинизшей точки поверхности земли под мостом на суходолах.

4. Подмостовой габарит, т.е. предельное очертание, внутрь которого не должен заходить ни один элемент конструкции моста. На судоходных и сплавных реках размеры судоходного габарита устанавливаются нормами, учитывающими требования судоходства или сплава. Для несудоходных и несплавных пролетов нормами установлены требования к наименьшему возвышению низа конструкций моста над наивысшим уровнем высоких вод. При пересечении дорог подмостовой габарит совпадает с габаритом приближения строений для пересекаемой дороги.

5. Строительная высота - расстояние от подошвы рельсов до наинизшей точки конструкции пролетного строения (в пролете - h_c , на опоре - h_o).

6. Расчетные пролеты l_0 - расстояния между центрами опорных частей для каждого пролетного строения.

В арочных мостах к основным размерам относят еще стрелу подъема f , которая равна расстоянию от линии, соединяющей центры пят до центра замка арки или свода.

Важное значение имеют также поперечные размеры пролетных строений. К ним относятся:

- расстояние между осями несущих конструкций, характеризующее устойчивость пролетного строения на опрокидывание;

- в мостах с ездой по низу расстояние в свету между главными фермами или балками, а также расстояние от головки рельсов до нижней точки конструкций вверху пролетных строений, которые должны отвечать требованиям габарита приближения строений, принятому для железной дороги.

Мостовым переходом называют комплекс сооружений, устраиваемый в месте пересечения железной дорогой водных преград; в него включают мост, подходы к мосту в пределах пойм, регулиционные и защитно-укрепительные сооружения, а также сооружения для защиты и обороны моста (рис. 18). К регулиционным сооружениям относятся дамбы, выправляющие течение водотока, и траверсы, защищающие насыпь от продольных течений. Защитно-укрепительные устройства защищают конуса моста, дно у опор моста и берега реки от размыва, опасность которого возникает вследствие стеснения русла и изменения режима реки после сооружения моста. Иногда в мостовом переходе может быть несколько мостов; кроме моста над руслом реки, как то: мосты через протоки, старые русла и дороги вдоль берегов реки.

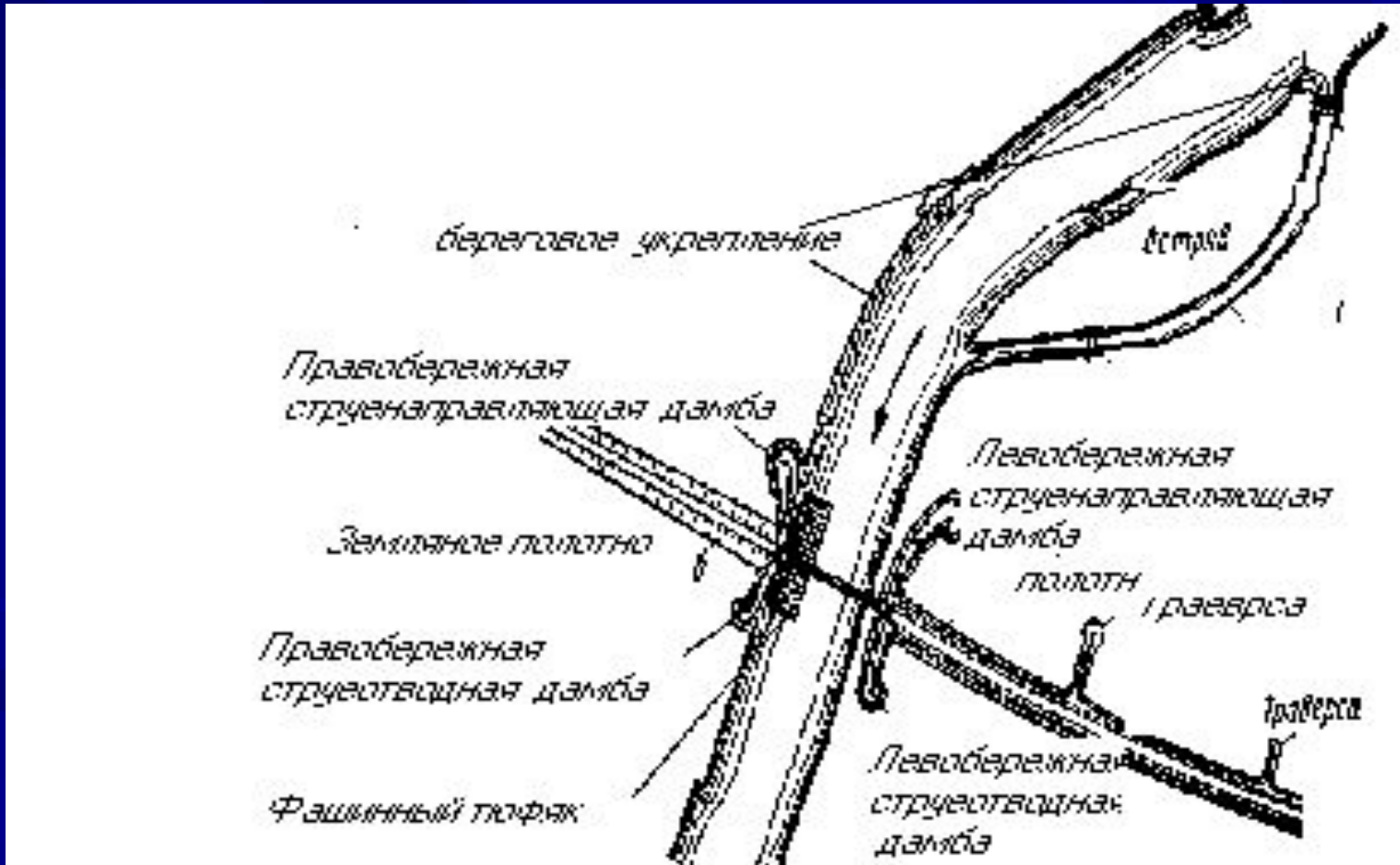


Рис 14. Мостовой переход.

5. Основные сведения о металлических мостах

Металлические мосты получили на железных дорогах наибольшее распространение, особенно часто их строили при пролетах более 25 м.

Основным материалом для металлических пролетных строений служит сталь. Во 2-й половине 20-го века были построены мосты с пролетными строениями из алюминиевых сплавов, но таких мостов совсем немного.

Металлическое пролетное строение состоит из следующих основных частей:

- 1) несущей конструкции;
- 2) связей;
- 3) проезжей части;
- 4) опорных частей.

В балочных мостах **несущей конструкцией** служат главные балки со **сплошной стенкой** или **сквозные главные фермы**. Пролетные строения со сплошными главными балками большей частью перекрывают пролеты до 40 м, но в отдельных мостах и значительно больше (в СССР построен в 1978 г. мост через р. Обь с пролетами по 126 м).

Главные балки со сплошной стенкой имеют двутавровое, как большей частью составное, сечение с соединением элементов на заклепках. В современных мостах главные балки изготавливают преимущественно с заводскими соединениями на сварке, монтажные соединения могут быть на высокопрочных или обычных болтах, на заклепках и на сварке.

Для малых пролетов возможно использование прокатных балок. Имеются пролетные строения, у которых каждая главная балка состоит из двух и более прокатных двутавровых балок, объединенных в один блок, называемый пакетом. Такие пролетные строения называются пакетными. Они широко применялись при временном восстановлении мостов на железных дорогах.

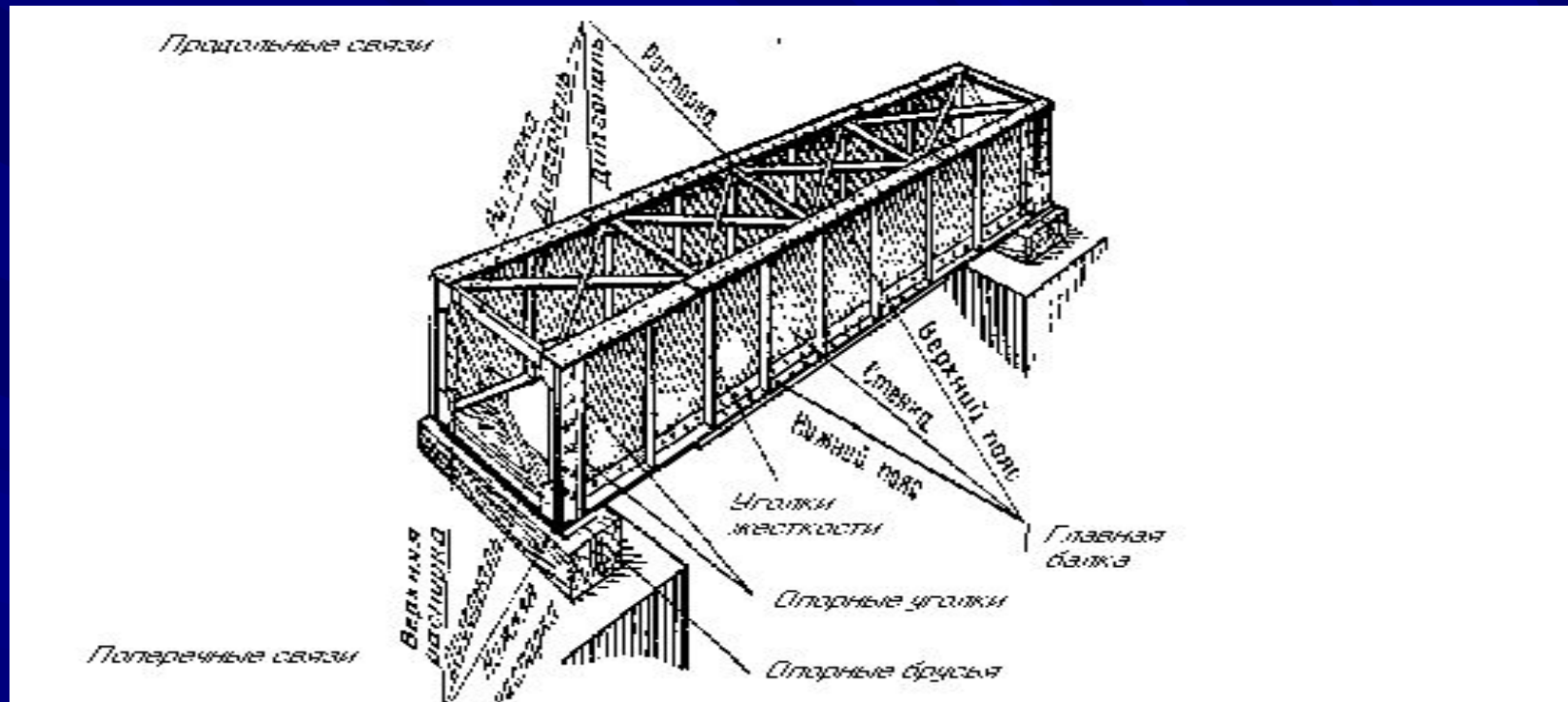


Рис. 15. Металлическое пролетное строение со сплошными главными балками

Пролетные строения со сплошными главными балками преимущественно применяются в пролетах о езды поверху. При ограниченной строительной высоте, например, в путепроводах, их применяют и для езды понизу. Схемы поперечных сечений пролетных строений со сплошными главными балками при езде поверху и понизу показаны на рис. 15.

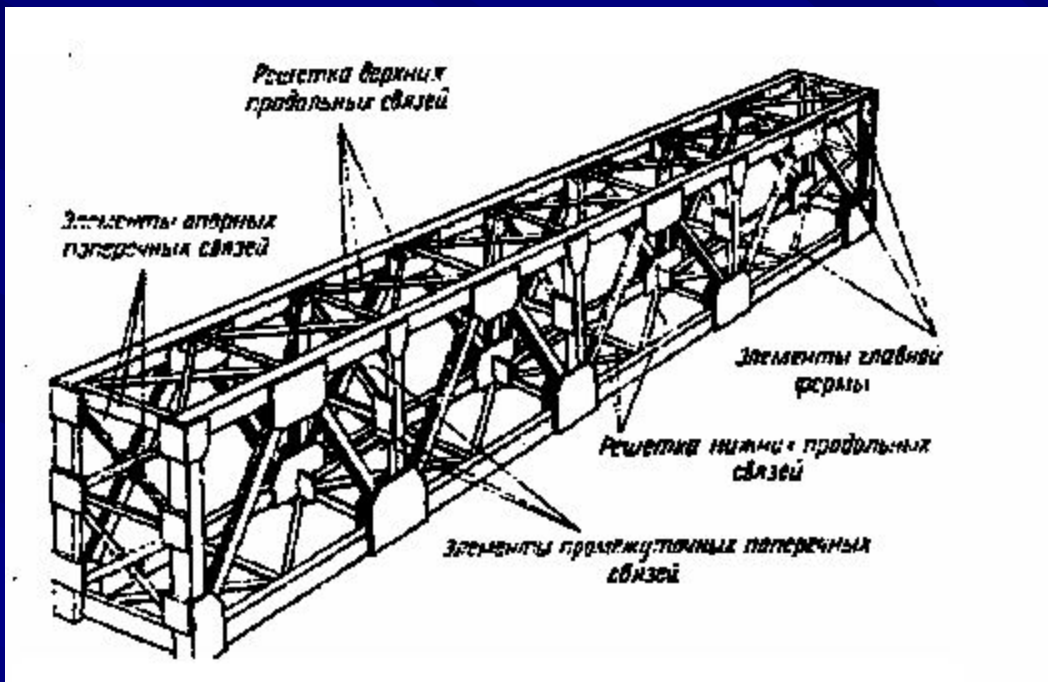


Рис 16. Металлическое пролетное строение со сквозными главными фермами

Сквозные главные фермы представляют собой неизменяемые системы их прямолинейных стержней (рис. 16). Стержни, ограничивающие ферму сверху и снизу, называются соответственно её верхним и нижним поясами, а стержни их соединяющие образуют решетку фермы. При езде поверху верхний, а при езде понизу - нижний пояс горизонтальный, другой пояс в ферме может быть горизонтальным или полигональным. В современных мостах преимущественно применяется треугольная решетка из восходящих и нисходящих раскосов, большей частью в ней включаются еще и вертикальные элементы - сжатые стойки и растянутые подвески. Фермы рассчитываются в предположении шарнирного соединения стержней в узлах; в этом случае элементы ферм работают только на осевые усилия - растяжение и сжатие. Однако, в тех случаях, когда нагрузка передается на элементы пояса и между узлами, эти элементы пояса работают ещё и на местный изгиб.

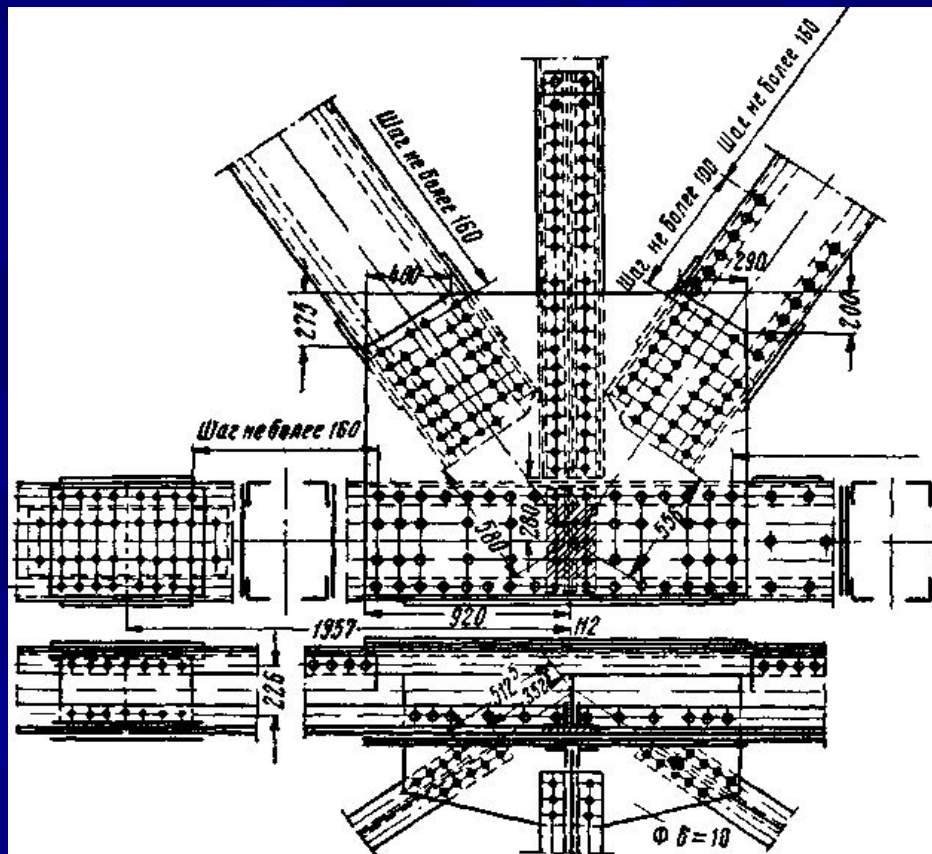


Рис 17. Узел фермы.

Соединения элементов в узлах (рис. 17) выполняются чаще всего с использованием листовых фасонки с заводскими соединениями на заклепках, а в последние годы и на сварке; монтажные соединения могут быть на заклепках, высокопрочных или обычных болтах и на сварке.

Связи между главными балками и фермами (рис. 15,16) подразделяются на продольные и поперечные.

Продольные связи - верхние в плоскости верхних поясов и **нижние** - в плоскости нижних поясов обеспечивают пространственную неизменяемость пролетного строения. Вместе с поясами они образуют фермы, которые воспринимают воздействие горизонтальных поперечных сил на пролетное строение. Верхние продольные связи, кроме того, уменьшают свободную длину сжатого верхнего пояса и тем самым обеспечивают его устойчивость. В мостах с ездой понизу пролетные строения при небольшой высоте главных балок или ферм верхних связей не имеют. В этих случаях для обеспечения пространственной жесткости в вертикальных плоскостях ставятся мощные угловые фасонки, которые вместе с поперечными балками и элементами конструкции главных балок или ферм создают достаточно жесткие полурамы. В пролетных строениях с ездой поверху при небольших пролетах (до 23 м) зачастую не ставятся нижние продольные связи, т.к. и без них пространственная жесткость конструкции достаточна.

Поперечные связи подразделяются на **опорные** и **промежуточные**. Опорные поперечные связи ставятся над опорами; они необходимы для обеспечения геометрической неизменяемости и передачи на опоры горизонтальных опорных реакций от горизонтальной нагрузки на верхние продольные связи. Поэтому в мостах с ездой поверху их делают более мощными по сравнению с промежуточными поперечными связями, а в мостах с ездой понизу они выполняются в виде жестких рам, называемых порталами. Промежуточные поперечные связи с точки зрения обеспечения геометрической неизменяемости не требуются, но благодаря этим связям выравниваются условия работы обеих главных балок или ферм, а также повышается крутильная жесткость пролетного строения. В мостах с ездой понизу промежуточные поперечные связи устраиваются, если позволяет габарит, при недостаточной высоте ферм распорки верхних связей и их прикрепление к главным фермам делается возможно более жесткими.

Проезжая часть в металлических пролетных строениях с ездой понизу и в пролетных строениях с ездой поверху, укладывается большей частью на деревянных поперечинах (мостовых брусьях). Проезжая часть при езде на поперечинах в пролетных строениях с ездой понизу, а при расстоянии между осями главных балок или ферм более 2,2-2,5 м и в пролетных строениях с ездой поверху состоит из мостового полотна, продольных и поперечных балок (балочной клетки). Мостовые брусья опираются на продольные балки, последние поддерживаются поперечными балками, прикреплёнными к главным балкам или фермам. В мостах с ездой поверху при расстоянии между осями главных балок или ферм до 2,2—2,5 м проезжая часть состоит только из мостового полотна; мостовые брусья укладываются непосредственно на верхние пояса главных балок или ферм.

На металлических пролетных строениях путепроводов и эстакад (особенно в пределах городов) применяется укладка пути на балласте. Такое мостовое полотно может устраиваться и на других мостах. Для размещения мостового полотна с ездой на балласте делается металлическое или железобетонное балластное корыто

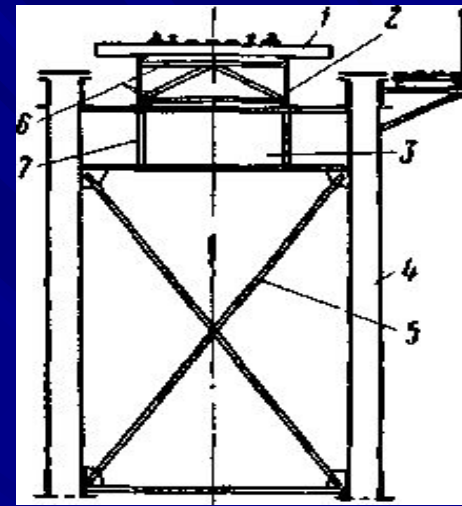


Рис 18. Проезжая часть пролетного строения с ездой поверху.
 1. мостовые брусья, 2 продольные балки, 3 поперечная балка,
 4 главные фермы, 5 поперечные связи, 6 связи между продольными балками, 7 уголки жесткости поперечной балки

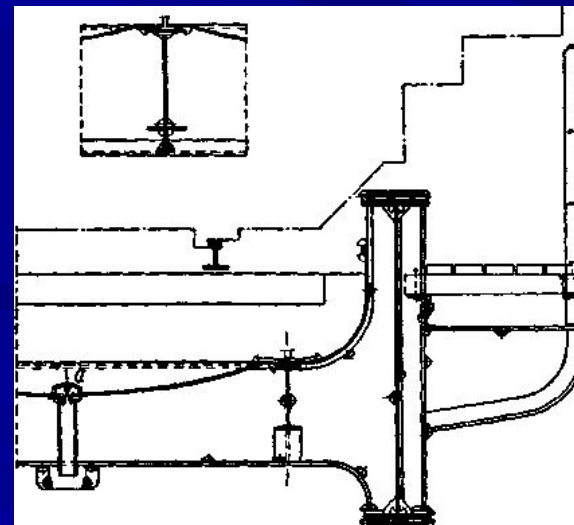


Рис. 19. Металлическое балластное корыто

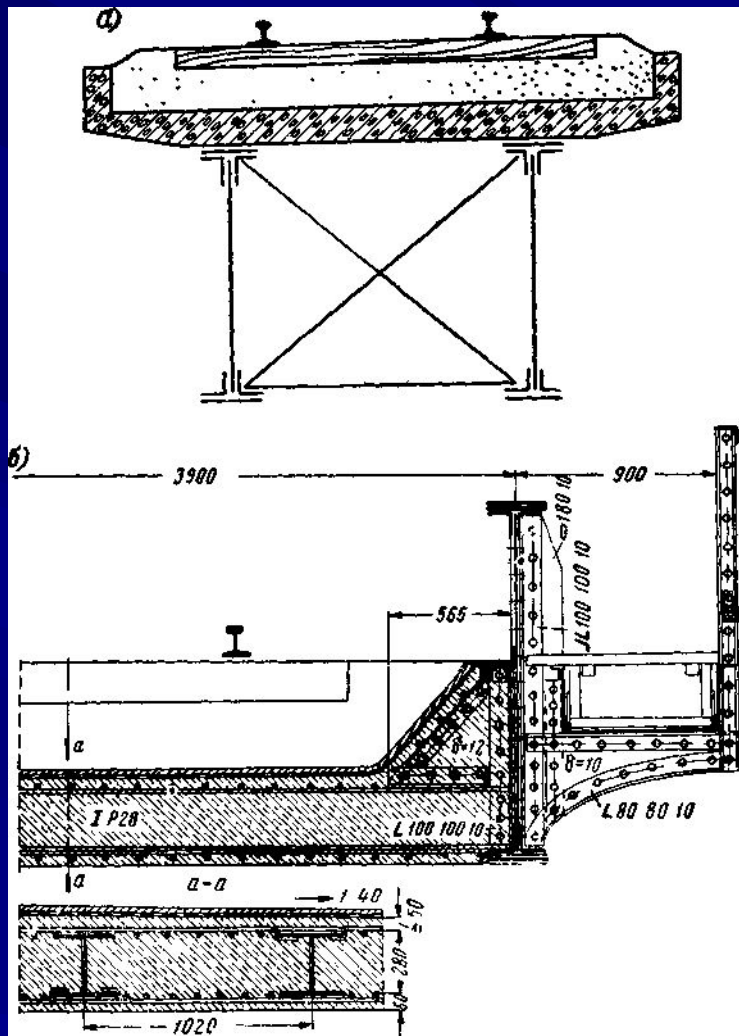


Рис 20. Железобетонное балластное корыто:
 а - в пролетном строении с ездой поверху;
 б - с ездой понизу.

При любой конструкции балластного корыта предусматривается отвод воды из него. **Опорные части** передают нагрузку от пролетного строения на опоры и фиксируют положение и направление опорных реакций. В разрезных балочных пролётных строениях они обеспечивают свободный поворот концов пролетного строения и продольное перемещение одного из концов под действием временной вертикальной нагрузки и изменений температуры. Соответственно опорные части подразделяются на **подвижные** и **неподвижные** (рис 22).

Приведенным требованиям лучше всего отвечают опорные части шарнирно - каткового (рис 21.) и секторного (рис. 23) типов. При пролетах до 25 м применяются тангенциальные опорные части (рис. 24), а при пролетах до 10 м- плоские, из стальных листов. В военных мостах плоские опорные части применяются и для пролетов до 33,6 м.

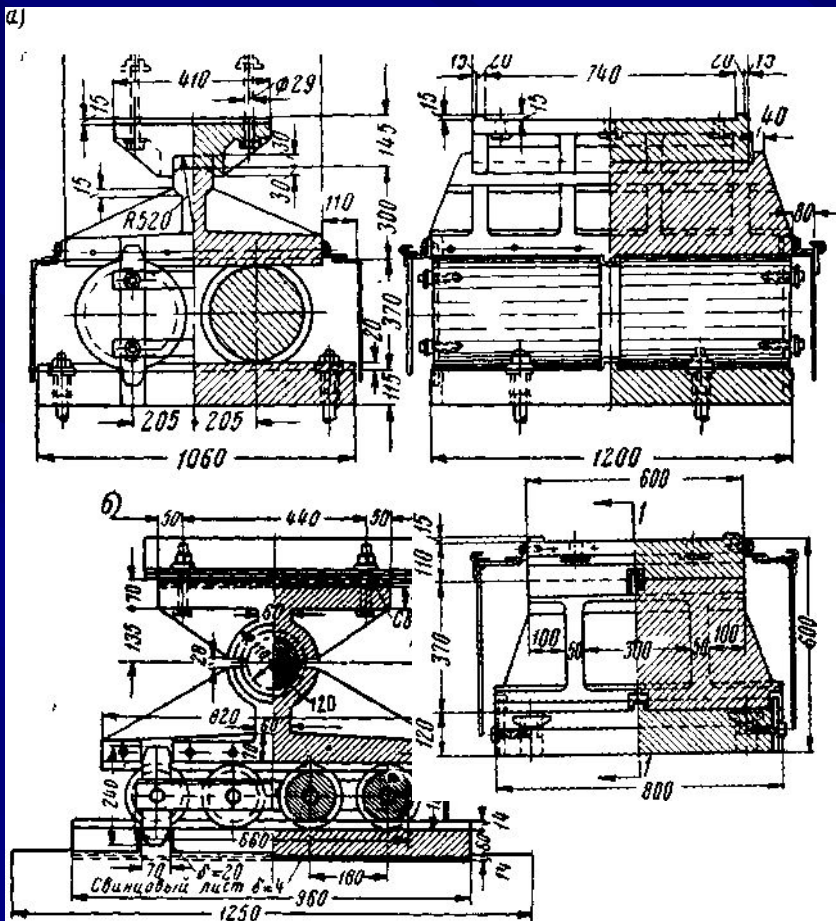


Рис 21. Подвижные шарнирно - катковые опорные части
а- со свободным касанием; б – с плотным касанием.

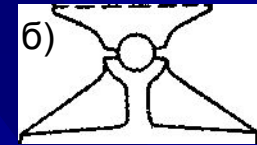
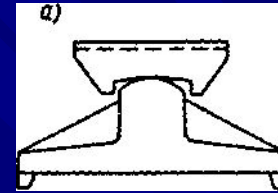


Рис. 22. Неподвижные шарнирные опорные части:
а —со свободным касанием;
б—с плотным касанием.

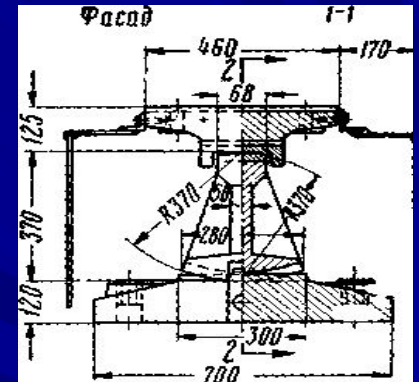
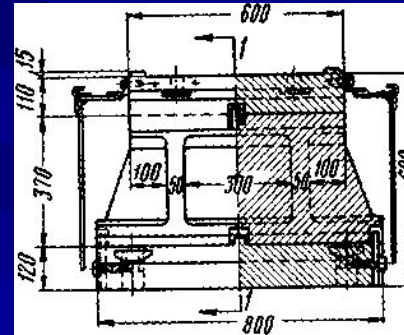


Рис. 23. Секторные опорные части

Секторные подвижные опорные части (рис. 23) состоят из верхнего балансира, цилиндрического сектора и опорной плиты; неподвижные опорные части такие же, как в шарнирно - катковом типе.

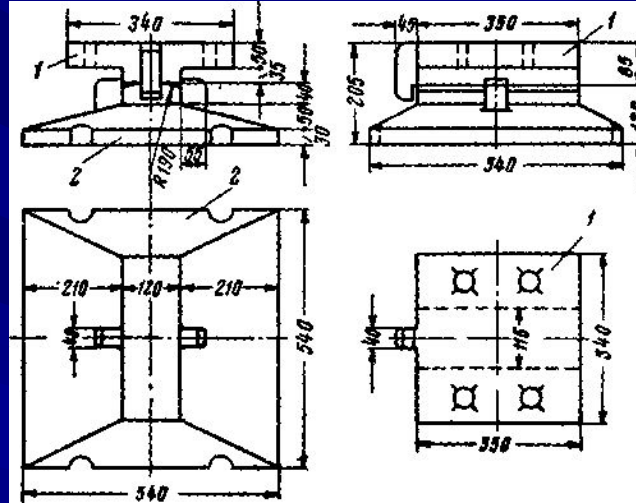


Рис. 24. Тангенциальные опорные части:
1—верхняя плита; 2—нижняя опорная
плита