

ДОКТОР Я. В. ТЕДЛИЦКИЙ

# ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ

ЛЕНИНГРАД

1937



*Д. В. Теплицкий*  
*автор*

Доцент А. В. ТЕПЛИЦКИЙ

*25/37*

# ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ  
СЛУШАТЕЛЕЙ АКАДЕМИИ

*На правах рукописи*

Отв. редактор проф. *Н. И. Хомутильников*. Техн. редактор *Я. А. Бройтман*

Тираж 500. Сдано в набор 5/III 1937 г. Подп. в печ. 11/IV 1937 г. Формат бумаги 62 × 94. Уч.-авт. л. 14. Печ. лист. 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub>. Бум. листов 5<sup>3</sup>/<sub>8</sub>. Печ. зн. в печ. листе. 50 592. Заказ № 491. Ленгорлит № 2316. Выход в свет апрель 1937 г.

3-я тип. ОНТИ. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

Как сказал в своей речи на Совете при Наркоме путей сообщения 23 апреля 1936 года Л. М. КАГАНОВИЧ «Железнодорожное строительство развернется широким фронтом уже в ближайшие годы и в будущем займет доминирующее место в строительстве нашей страны». Свыше 5 миллиардов рублей отпускает правительство в 1937 году на усиление технической мощи железнодорожного транспорта, его реконструкцию и новое железнодорожное строительство. Выполнение поставленной грандиозной задачи требует от проектировщиков и строителей серьезной и тщательной подготовки во всех звеньях.

Одним из важнейших мероприятий является обеспечение строительства высококачественными проектами. В постановлении СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 11/II 1936 года в целях снижения стоимости проектирования предложено проведение типизации сооружений, которая при массовом железнодорожном строительстве вполне достижима при условии широкого применения типовых проектов. Рациональный выбор типа всякого сооружения, в том числе и мостов, должен служить основной целью проектирования. В проекте 1936 г. «Правил проектирования жел. дорог нормальной колеи» (§ 143) эта мысль высказана следующими словами: «При выборе типа водопропускного сооружения, системы основания, рода материалов и прочих основных элементов надлежит производить сравнение различных решений по строительным и эксплуатационным затратам и срокам постройки. Проектирование искусственных сооружений должно вестись с учетом максимальной централизации изготовления отдельных элементов сооружения и целых пролетных строений на строительных дворах и механизации строительных процессов».

Деревянные мосты на жел.-дор. транспорте занимают особое место. Применение их допускается в случае экономической целесообразности, а также в тех случаях, когда при сооружении линии определить с достаточной достоверностью величину отверстия не представляется возможным (§ 150 проекта «Правил»). Наличие подобных обстоятельств нередко встречается, и в частности в настоящее время на строящихся железнодорожных линиях деревянные мосты находят себе широкое применение.

Издаваемое учебное пособие по курсу «Мостов» для слушателей путейско-строительного факультета Академии жел.-дор. транспорта имени тов. СТАЛИНА содержит в себе описание систем и конструкций деревянных мостов вместе с изложением методов их проектирования. Значение книги для будущих командиров жел.-дор. транспорта определяется местом деревянных мостов среди мостов других систем при соблюдении приведенных выше основных установок в деле проектирования.

„Все мосты и другие искусственные сооружения по своей конструкции, прочности и устойчивости во всех своих частях и по своему состоянию должны обеспечивать совершенно безопасный пропуск поездов без ограничения скоростей“.

„Правила технической эксплуатации жел. дор. СССР“ (§ 23).

## Глава I

### ОБЩАЯ ЧАСТЬ

#### § 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Дорога на своем пути встречает препятствия в виде рек, озер, гор и т. п. Для преодоления этих препятствий и создания непрерывного пути требуется устройство специальных сооружений, называемых искусственными сооружениями. К искусственным сооружениям относятся: мосты, трубы и тоннели.

Мостом называется сооружение, пролагающее непрерывный путь в воздухе.

К трубам относятся сооружения, пропускающие воду непосредственно через тело насыпи.

Тоннелем называется сооружение, прорезающее гору и проводящее пути через нее.

В зависимости от рода и характера пересекаемого препятствия мосты имеют специальные названия.

Если мост возводится на пересечении двух дорог, расположенных в разных уровнях, то он называется путепроводом.

Мосты, устраиваемые при пересечении оврагов и узких долин, называются виадуками.

Длинные, однообразной высоты мосты, устраиваемые вместо насыпи, называются эстакадами.

По роду располагаемого на них пути мосты бывают железнодорожные, автогужевые и пешеходные. Существуют еще, так называемые, акведуки — мосты, служащие для пропуска по ним потока воды.

Всякий мост состоит из пролетных строений и опор. Пролетные строения служат для восприятия нагрузки и передачи ее на опоры. Опоры бывают промежуточными и береговыми. Промежуточные опоры называются быками, береговые — устоями. При отсутствии промежуточных опор мост называется однопролетным, в отличие от многопролетных мостов, состоящих из нескольких пролетных строений и опор.

Расстояние между смежными опорами называется пролетом моста; величина этого расстояния, измеренная между наружными гранями опор, называется пролетом в свету. Расстояние

между центрами опорных частей пролетного строения называется расчетным пролетом (рис. 1).

Сумма расстояний между гранями опор (в свету), измеренных на уровне горизонта высоких вод, называется отверстием моста. Расстояние от одного конца моста до другого называется длиной моста поверху.

В зависимости от материала, из которого построены мосты, они подразделяются на деревянные, каменные (включая бетонные и кирпичные), железобетонные и металлические. Часто мосты строятся из разных материалов: опоры из одного материала, пролетные строения — из другого (например, металлические пролетные строения на каменных опорах и т. п.). В этом случае мосты принято называть по материалу пролетного строения.

Пролетное строение состоит из проезжей части и главных ферм со связями.

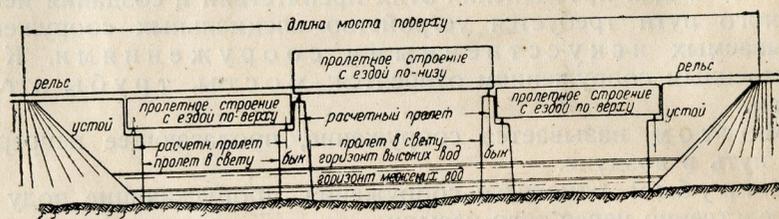


Рис. 1.

Проезжая часть непосредственно воспринимает нагрузку и передает ее на главные фермы, которые передают нагрузку на опоры. В зависимости от расположения проезжей части по отношению к главным фермам мосты могут быть с ездой по низу, в случае когда проезжая часть расположена в уровне нижних поясов главных ферм, или с ездой поверху, в случае когда проезжая часть расположена в уровне верхних поясов главных ферм.

## § 2. ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ

**Стойка.** Вертикально расположенный элемент, подверженный действию сжимающей силы (рис. 2 а), называется стойкой (или колонной). Стойка передает вертикальную силу по своему направлению к месту заделки.

При небольших поперечных размерах, по сравнению с высотой, в стойке заметно явление выпучивания (в средней ее части), вызываемое продольным изгибом ее. В этих случаях расчет стойки сводится не к определению напряжений на прочность ее, а к подбору таких размеров поперечного сечения, которые обеспечили бы ее устойчивость.

При горизонтальном расположении сжатого элемента он называется распоркой. В распорке, кроме осевых напряжений от сжимающих усилий, возникают явления изгиба под влиянием

собственного веса. Распорка должна устраиваться из материала, обладающего способностью сопротивления не только сжимающим усилиям, но и изгибающим моментам.

**Подвеска.** Подвеской называется вертикальный элемент, подверженный действию растягивающей силы (рис. 2 б). Подвеска должна устраиваться из материала, обладающего способностью сопротивления растягивающим усилиям. Подвеска передает усилие в место заделки, стремясь оторваться от нее. Подвеска может работать только при условии, когда заделка способна воспринять силу, приходящуюся на подвеску.

Элемент, подверженный растяжению и расположенный горизонтально, называется затяжкой.

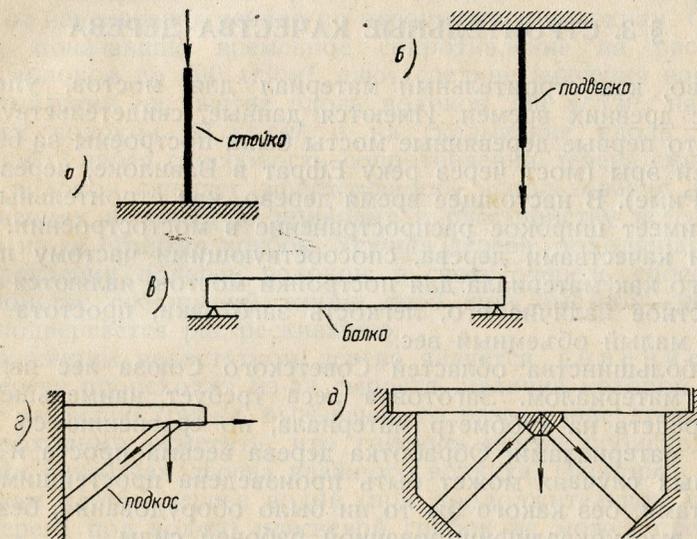


Рис. 2.

**Балка.** Горизонтально (иногда и наклонно) расположенный стержень, воспринимающий вертикальную нагрузку и передающий ее на опоры (рис. 2 в), называется балкой. Основным фактором, определяющим работу балки, является направление силы поперек оси стержня; при этом балка подвергается изгибу. Для обеспечения работы балки достаточно наличие двух точек опирания по ее концам. При центрировании опор и представлении одной из них возможности горизонтальной подвижки балка при вертикальной нагрузке передает на опоры только вертикальное давление. При наличии двух опор балка называется однопролетной, при большем количестве опор — многопролетной. Если одна балка опирается на несколько опор, она называется неразрезной; при полном разделении балок над опорами и независимости их друг от друга — балки называются разрезными.

**Подкос.** Наклонно расположенный элемент, подпирающий балку в какой-либо точке, называется подкосом (рис. 2 г). В месте опирания балки вертикальная сила разлагается по направлению подкоса и балки. Сила, направленная по подкосу, сжимает его; другая составляющая, идущая по направлению балки, стремится сдвинуть узел; для обеспечения неподвижности необходима заделка балки и устройство конструкции места примыкания подкоса, обеспечивающее его неподвижность. При наличии пары подкосов горизонтальные составляющие в узле взаимно уничтожаются — остаются только силы, сжимающие подкосы (рис. 2 д).

### § 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА ДЕРЕВА

Дерево, как строительный материал для мостов, употребляется с древних времен. Имеются данные, свидетельствующие о том, что первые деревянные мосты были построены за 600 лет до нашей эры (мост через реку Ефрат в Вавилоне, через реку Тибр в Риме). В настоящее время дерево, как строительный материал, имеет широкое распространение в мостостроении. Важнейшими качествами дерева, способствующими частому применению его как материала для постройки мостов, являются почти повсеместное наличие его, легкость заготовки, простота обработки и малый объемный вес.

Для большинства областей Советского Союза лес является местным материалом. Заготовка леса требует наименьшей затраты средств на кубометр материала, по сравнению со всеми другими материалами. Обработка дерева весьма проста и в необходимых случаях может быть произведена простейшими инструментами, без какого бы то ни было оборудования, без применения высококвалифицированной рабочей силы.

Эти свойства делают дерево наиболее распространенным и даже незаменимым материалом во всех случаях постройки мостов на дорогах местного значения, силами населения. Малый объемный вес дерева, вязкость его, допускающая забивку гвоздей, скоб и т. п., и простота соединений создают наиболее благоприятные условия для производства работ, а также возможность осуществления постройки в наиболее короткие сроки. Наличие морозов не затрудняет условий обработки дерева и соединения частей, благодаря чему постройка деревянных мостов может с успехом производиться в течение всего года. Дешевизна материала и простота обработки и сборки определяют относительно низкую стоимость деревянных мостов, что является важным свойством их, по сравнению с мостами из других материалов. Постройка малых деревянных мостов обходится в 4—5 раз дешевле, чем постройка каменных или стальных мостов.

Особое значение приобретает дерево для быстрой постройки и восстановления разрушенных мостов в военное время. Практика войны 1914—1918 гг. показала огромное распространение

дерева для пролетных строений и опор мостов, возводимых для военных переправ.

Наиболее существенными недостатками дерева, как строительного материала, являются: неоднородность строения, изменение объема (усушка и разбухание) в зависимости от степени влажности, недолговечность в атмосферных условиях и огнеопасность.

Древесина не обладает одинаковыми свойствами даже в одном и том же стволе. Образцы, взятые из разных частей поперечного сечения ствола и на разных высотах его, при испытании дают различные величины временных сопротивлений. Большое влияние на временное сопротивление имеют косослойность и сучковатость древесины. Кроме того, сопротивление дерева зависит от направления усилия по отношению к волокнам. Образцы сосны, показавшие временное сопротивление на растяжение вдоль волокон до  $800 \text{ кг/см}^2$ , дают средние значения временных сопротивлений на сжатие вдоль волокон  $280 \text{ кг/см}^2$ , на сжатие поперек волокон  $50 \text{ кг/см}^2$  и на скалывание вдоль волокон  $45 \text{ кг/см}^2$ . Слабая способность сопротивления дерева смятию поперек волокон снижает эффективность использования дерева в соединениях и зачастую приводит к расстройству всего сооружения из-за обмятия врубок. Усушка дерева, доходящая до 5% в направлении поперек волокон, в свою очередь способствует расстройству соединений; кроме того, при быстрой сушке дерево подвергается растрескиванию.

Важнейшим недостатком дерева является гниение. Гниение дерева происходит из-за сырости, наличие которой способствует развитию грибка, вызывающего разрушение древесины.

Необходимо отметить, что гниение дерева происходит при наличии в клетках дерева влажного воздуха. Наоборот, при наполнении клеток дерева водой (при продолжительном пребывании дерева под водой) плесневой грибок не может проникнуть в дерево. При насыщении водой без соприкосновения с воздухом дерево может существовать тысячелетиями, что подтверждается остатками деревянных свай старинных свайных построек, сохранившихся до нашего времени. При отсутствии сырости, при хорошем проветривании и защищенности от влияния атмосферных воздействий дерево может сохраняться очень долго. Ряд защищенных (крышей и обшивкой) деревянных мостов, построенных в Швейцарии и Америке в XVIII и XIX веке, сохранились до настоящего времени. В то же время известен ряд случаев, когда вследствие гниения деревянные мосты приходили в негодность через 5—6 лет после постройки. Губительными для дерева являются условия переменной влажности при соприкосновении с воздухом, например, у уровня земли или на уровнях переменных горизонтов воды.

В пожарном отношении деревянные мосты являются очень опасными как вследствие легкой воспламеняемости, так и вследствие быстроты распространения огня в деревянных сооружениях.

Несовершенство соединений, усушка и подверженность гниению — требуют тщательного наблюдения за сооружением и ремонта его, что вызывает значительные расходы при эксплуатации сооружения. Стоимость ежегодного ремонта деревянных мостов составляет 2—3% от их строительной стоимости.

В целях увеличения срока службы деревянных мостов применяется ряд мер для предохранения дерева от гниения. Существенное значение для срока службы моста имеет влажность употребляемого в дело дерева. Тщательно высушенный (в течение 2—3 лет) лес значительно менее восприимчив к атмосферным влияниям, нежели сырой материал.

Для предохранения дерева от загнивания еще с давних времен применялось обугливание дерева с поверхности в тех частях, которые находятся в наиболее неблагоприятных условиях. В этих же целях применяется обмазка жидкой смолой поверхности дерева. Удаление из древесины клеточных соков, представляющих собою питательную среду для грибков, может быть достигнуто выдержкой дерева в течение продолжительного времени в воде. Однако, достаточного заметных результатов удлинения срока службы этот способ не дает.

Некоторое улучшение условий сохранения древесины достигается окраской; однако, применение окраски для сооружений, стоящих на открытом воздухе, также не дает значительного эффекта в смысле увеличения срока службы моста. Наиболее серьезным средством увеличения срока службы дерева является пропитка его антисептическими средствами. Различными способами производится сначала сушка дерева, а затем и нагнетание в него специальных растворов.

Пропитка дерева в значительной мере удлиняет срок его службы. В то время, когда нормальным сроком службы деревянного моста из непропитанного материала является 8—10 лет, в американской практике срок службы деревянных мостов из пропитанного леса принимается в 25—30 лет. Несмотря на то, что пропитка дерева значительно удорожает стоимость его, применение сооружения из пропитанного леса следует признать, благодаря увеличению срока службы моста, более экономичным.

Для придания дереву огнестойкости применяются поверхностная окраска и пропитка. Окраска поверхностей плохо достигает своей цели, так как существующие составы краски страдают слабой устойчивостью к атмосферным воздействиям. Специальная пропитка дерева на глубину 1—2 см является более надежным средством. Пропитку следует производить такими средствами, которые являлись бы антисептическими, т. е., предохраняя дерево от гниения, одновременно увеличивали бы его огнестойкость.

Большое значение для срока службы моста имеет рациональность выбранной конструкции, главным образом, соединений с точки зрения создания условий хорошего проветривания дерева и отсутствия гнезд и карманов для скопления воды. Рациональ-

ность проектировки и тщательность постройки являются серьезными факторами, влияющими на срок службы моста.

Достоинства и недостатки, свойственные дереву, определяют область применения его для мостостроения. Деревянные мосты в первую очередь строятся на всех временных путях, устраиваемых на непродолжительный срок (лесовозные, карьерные и др. подъездные пути); далее деревянные мосты устраиваются во всех случаях, когда требуется быстрое открытие движения по строящейся дороге, а возведение постоянных искусственных сооружений требует продолжительного времени. Деревянные мосты строятся также в тех случаях, когда требуется уменьшение единовременных капиталовложений в строительство дороги. Постройка деревянных мостов на магистралях нецелесообразна, так как расстройство соединений может повлечь за собою необходимость ограничения скоростей движения, а при случайном пожаре движение по дороге может оказаться прерванным. В случаях, когда по каким-либо соображениям на постоянных путях строятся деревянные мосты, рекомендуется устраивать их на обходах, чтобы в дальнейшем иметь возможность возведения постоянных мостов на основной трассе без перерыва движения. Необходимость устройства обходов в отдельных случаях может оказаться дороже, нежели разница в стоимости деревянного и постоянного мостов.

Значительно более широка область применения деревянных мостов на автогужевых дорогах. Деревянные мосты под автогужевую дорогу имеют минимальное количество конструктивных элементов, и стоимость постройки их очень невелика. Значительно более легкие нагрузки автогужевых мостов, по сравнению с железнодорожными, создают благоприятные условия для обеспечения жесткости моста при наиболее простых конструкциях.

Эти обстоятельства, при наличии леса как местного материала, сделали дерево одним из наиболее употребительных материалов для малых мостов под автогужевую дорогу не только для дорог местного, но и республиканского значения.

## МОСТЫ ПОД ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ

### § 4. ГАБАРИТЫ И НАГРУЗКИ

При проектировании моста размещение всех его частей должно быть произведено таким образом, чтобы соблюсти требования габарита приближения строений, установленного ОСТ ВКС — 6435 (рис. 3). Ни один из элементов моста не может располагаться в пределах линий габарита. При наличии нескольких путей нормальное расстояние между путями устанавливается в 4100 мм.

Для расчета деревянных мостов, как правило, принимается установленная приказом НКПС № 2282 от 26/VI-31 г. схема подвижной вертикальной нагрузки для искусственных сооружений на железнодорожной колее в 1524 мм (рис. 4).

Величина расчетной нагрузки определяется коэффициентом  $k$ , значение которого принимается равным 7 ( $H_7$ ) для линий, на которых в течение срока службы моста предполагается введение паровозов тяжелее ФД; для линий, на которых в течение срока службы моста не ожидается обращения паровозов тяжелее ФД, коэффициент  $k$  принимается равным 6,5 ( $H_{6,5}$ ), и для прочих железных дорог  $k$  может быть принят равным 5,5 ( $H_{5,5}$ ), или к расчету должна быть принята действительная подвижная нагрузка, предполагаемая к обращению в течение намеченного срока службы.

Для упрощения расчетов составлены таблицы значений эквивалентных равномерно-распределенных нагрузок (см. Приложение I), вычисленных для расположений грузов, дающих максимальную величину усилий в рассчитываемом элементе.

Давление ветра считается направленным нормально к вертикальной плоскости сооружения и принимается в размере 125 кг/м<sup>2</sup> при наличии поезда на мосту и 225 кг/м<sup>2</sup> при отсутствии такового.

Расчетная, подверженная действию ветра, площадь пролетного строения исчисляется по площади теоретического контура одной фермы с умножением этой площади на коэффициент сплошности.

Коэффициент сплошности принимается:

- а) для ферм ГАУ и подобных им по схеме решетки . . . . . 0,6
- б) для ферм с треугольной решеткой . . . . . 0,5
- в) для ферм, приближающихся к фермам со сплошной стеной . . . . . 1,0

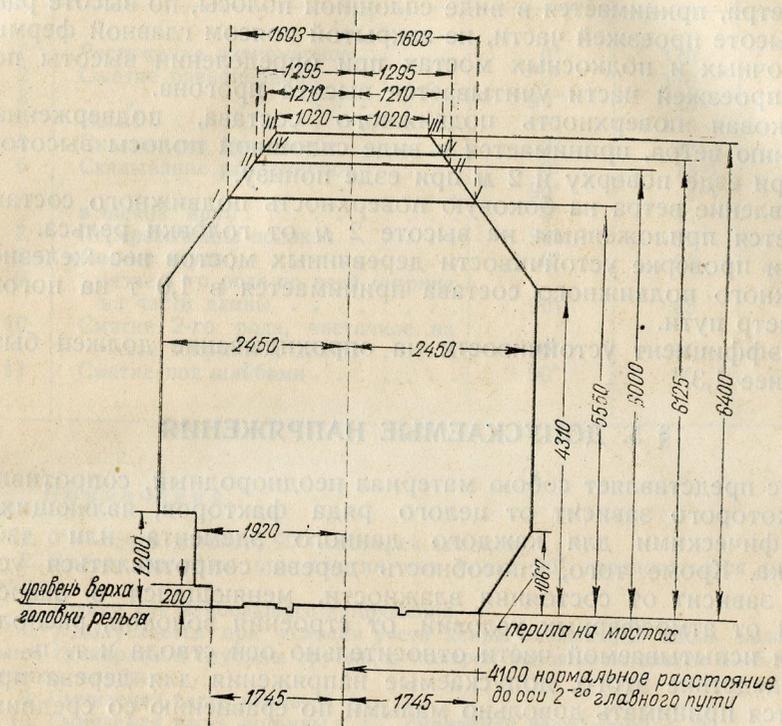


Рис. 3. Габарит

- I—I для строений из огнестойких и негорючих материалов на неэлектрифицируемых участках.
- II—II для строений, защищенных от возгорания, на неэлектрифицируемых участках.
- III—III для строений из горючих материалов.
- IV—IV для строений из огнестойких, негорючих и защищенных от возгорания материалов на электрифицируемых участках.

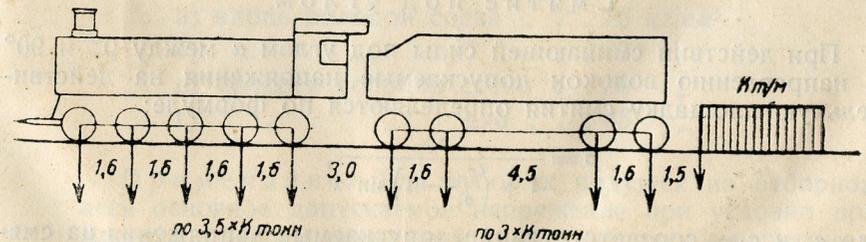


Рис. 4.

- г) для подкосных мостов, считая площадь контура между низом затяжки и низом прогона . . . . . 0,4  
 д) для прочих систем — действительная площадь одной фермы, умноженной на . . . . . 1,5

Боковая поверхность проезжей части, подверженная давлению ветра, принимается в виде сплошной полосы, по высоте равной высоте проезжей части, не закрытой поясом главной фермы. В балочных и подкосных мостах при определении высоты полосы проезжей части учитывается высота прогона.

Боковая поверхность подвижного состава, подверженная давлению ветра, принимается в виде сплошной полосы высотой 3 м при езде поверху и 2 м при езде понизу.

Давление ветра на боковую поверхность подвижного состава считается приложенным на высоте 2 м от головки рельса.

При проверке устойчивости деревянных мостов вес железнодорожного подвижного состава принимается в 1,0 т на погонный метр пути.

Коэффициент устойчивости на опрокидывание должен быть не менее 1,3.

### § 5. ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Лес представляет собою материал неоднородный, сопротивление которого зависит от целого ряда факторов, являющихся специфическими для каждого данного элемента или даже участка. Кроме того, способность дерева сопротивляться усилиям зависит от состояния влажности, меняющейся в зависимости от атмосферных условий, от строения волокон, расположения испытываемой части относительно оси ствола и т. п.

Вследствие этого, допускаемые напряжения для дерева приходится принимать довольно малыми по сравнению со средними значениями временного сопротивления, особенно для растягивающих усилий.

«Проект Технических Условий НКПС 1936 г.» предусматривает допускаемые напряжения, приведенные в таблице на стр. 13.

Для лиственных все допускаемые напряжения повышаются на 20%, для ели и кедра понижаются: для ели на 10%, для кедра на 30% против сосны.

#### Смятие под углом

При действии сминающей силы под углом  $\alpha$  между  $0^\circ$  и  $90^\circ$  к направлению волокон допускаемые напряжения на действительную площадку смятия определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{\sigma_n}{1 + \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_1} - 1\right) \sin^2 \alpha}$$

где  $\sigma_n$  и  $\sigma_1$  — соответствующие допускаемые напряжения на смятие при  $\alpha = 0^\circ$  и  $\alpha = 90^\circ$ .

| № п/п | Род напряжений  | Напряжение направлено относительно волокон под углом | Допускаемое напряжение в кг/см <sup>2</sup> |       |
|-------|---|--|---|-------|
|       |   |  | Дуб   | Сосна |
| 1     | Растяжение равномерное . . . . .                              | 0°   | 110   | 85    |
| 2     | Сжатие равномерное . . . . .                                  | 0°   | 110   | 85    |
| 3     | " . . . . .   | 90°  | 25  | 13    |
| 4     | Изгиб . . . . .   | 0°   | 110   | 95    |
| 5     | Скалывание при изгибе . . . . .                               | 0°   | 30  | 19    |
| 6     | Скалывание равномерное . . . . .                              | 0°   | 18*)  | 10*)  |
|       |   | 90°  | 8*)   | 5*)   |
|       | в щек. вруб. . . . .  | 0°   | 12  | 7     |
| 7     | Перерезывание волокон . . . . .                               | 90°  | 50  | 40    |
| 8     | Смятие торца . . . . .  | 0°   | 95  | 70    |
| 9     | Смятие 1-го рода по всей ширине на части длины . . . . .      | 90°  | 35  | 21    |
| 10    | Смятие 2-го рода, частичное на части ширины и длины . . . . . | 90°  | 55  | 30    |
|       |   | 90°  | 60  | 38    |

#### Примечания:

- 0° — вдоль волокон, 90° — поперек волокон.
- Высота подушки при сжатии под углом 90° предполагается не более ширины.
- Только для наибольшего напряжения.
- \*) Допускается при условии учета длины скалывания вдоль волокон не выше семикратной глубины врубки, а поперек волокон не выше 4—5 кратной глубины врубки.
- Сминаемая часть длины  $\leq 1/3$ .
- Сминаемая часть ширины  $\leq 1/2$ , сминаемая часть длины  $\leq 1/3$ .

#### Смятие врубок

При расчете врубок за основное допускаемое напряжение принимаются следующие величины:

- а) вдоль волокон сосна . . . 70 кг/см<sup>2</sup>  
 б) " " дуб . . . . 95 "  
 в) поперек волокон сосна . . 30 "  
 г) " " дуб . . . 35 "

Примечание: Для дубовых подушек из отборного леса основное допускаемое напряжение при условии применения дерева с временным сопротивлением на сжатие не менее 500 кг/см<sup>2</sup> повышается до 50 кг/см<sup>2</sup>.

## Допускаемое давление на сваи

При расчете свайных опор на отдельные сваи допускаются следующие нагрузки:

|                   |       |      |
|-------------------|-------|------|
| на сваю диаметром | 24 см | 15 т |
| " "               | 26 "  | 17 " |
| " "               | 28 "  | 20 " |
| " "               | 30 "  | 23 " |
| " "               | 32 "  | 26 " |

Напряжение от сжатия с продольным изгибом определяется для сечений, опасных в отношении изгиба, по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F\varphi} \leq (\sigma)$$

Здесь расчетная площадь принимается равной:

а)  $F_{бр}$  пл. брутто всего сечения в том случае, если ослабление в опасном сечении не превышает 25%.

б)  $\frac{1}{3} F$  нетто, если ослабление более 25%.

Значения коэффициента  $\varphi$  даны в следующей таблице:

| $\frac{l}{r}$ | $\varphi$ | $\frac{l}{r}$ | $\varphi$ | $\frac{l}{r}$ | $\varphi$ |
|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| 5             | 0,965     | 40            | 0,720     | 100           | 0,300     |
| 10            | 0,930     | 45            | 0,685     | 110           | 0,248     |
| 15            | 0,895     | 50            | 0,650     | 120           | 0,208     |
| 20            | 0,860     | 60            | 0,580     | 130           | 0,178     |
| 25            | 0,825     | 70            | 0,510     | 140           | 0,153     |
| 30            | 0,790     | 80            | 0,440     | —             | —         |

## § 6. СИСТЕМЫ МОСТОВ МАЛЫХ ПРОЛЕТОВ

а) Балочные мосты. Простейшим способом устройства деревянного моста является укладка через препятствие вдоль пути

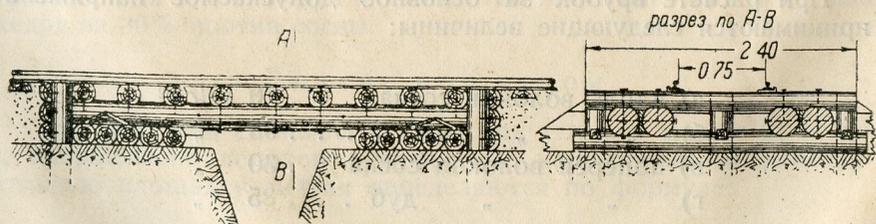


Рис. 5.

нескольких бревен (рис. 5). По характеру работы этого сооружения оно является балочным мостом.

При устройстве достаточно жестких береговых опор получаем конструкцию однопролетного балочного моста. При большой ширине препятствия для обеспечения прочности моста требуется установка промежуточных опор. Промежуточные опоры в обычном случае устраиваются из бревен, забиваемых в землю и называемых сваями (рис. 6).

Балки, устраиваемые из бревен или брусьев, называются прогонами. По прогонам укладываются поперечины, на которых расположены рельсы. В виду ограниченной длины леса приходится устраивать стыки прогонов. В месте стыков прогонов укладываются подбалки. Опоры состоят из одного ряда свай, связанных поверху насадкой. Насадка служит для связи всех свай в ряду и для укладки на нее прогонов. Количество свай в ряду зависит от нагрузки и способа расположения прогонов. Наиболее частый ряд состоит из четырех свай, расставленных на расстоянии 0,5—1,10—0,5 м таким образом, чтобы нагрузка от рельса передавалась равномерно на все сваи.

При высоте моста примерно более 2—3 м для обеспечения устойчивости моста под действием силы ветра требуется забивка дополнительных свай, называемых откосными. Откосные сваи служат только для увеличения поперечной устойчивости моста и в восприятии вертикальной нагрузки не участвуют. Основные сваи, воспринимающие вертикальную нагрузку, называются коренными. Элемент, упирающийся верхним концом в коренную сваю, а нижним в откосную, называется укосиной. При действии ветра опора, стремясь опрокинуться, упирается верхней частью в укосину. Укосина сжимается и передает усилие вниз, где оно разлагается на вертикальную и горизонтальную составляющие. Вертикальная составляющая уходит по откосной свае в землю. Для предохранения откосной сваи от изгиба под действием горизонтальной силы устанавливаются горизонтальные поперечные схватки, связывающие весь ряд свай на уровне нижних концов укосин. При высотах более 3 м для придания опоре большей поперечной

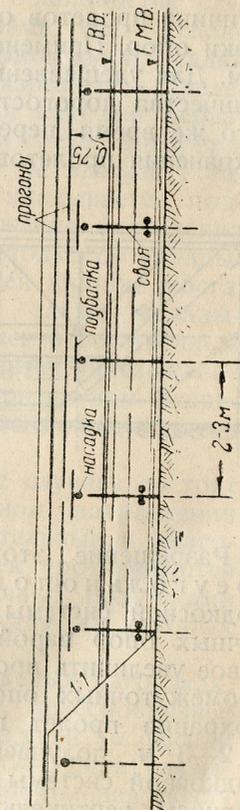
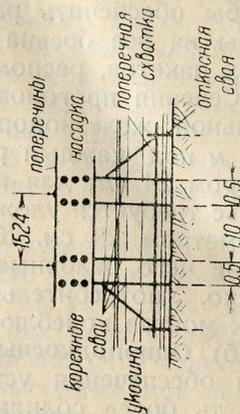


Рис. 6. Схема балочного моста.

жесткости устанавливаются диагональные поперечные схватки. Прогонь состоит из бревен или брусев. Размещение прогонов в поперечном направлении производится таким образом, чтобы обеспечить равномерную передачу нагрузки от поперечины на все бревна прогона. Чаще всего прогоны состоят из двух пакетов, располагаемых под рельсами.

Сечения прогонов зависят от нагрузки и пролета. При нормальной железнодорожной нагрузке для перекрытия пролета в 2 м под каждый рельс должно быть уложено 4 бревна диаметром 24 см; для перекрытия пролета в 3 м — под каждый рельс требуется уложить 4 бревна диаметром 32 см или 6 бревен диаметром 28 см. Конструкция получается громоздкой, вследствие чего балочные мосты с пролетами более 3 м строятся редко. Употребительные пролеты для железнодорожных балочных мостов колеблются в пределах от 2-х до 3-х м.

**б) Одноподкосные мосты.** При увеличении высоты насыпи, для обеспечения устойчивости моста, опоры его приходится делать более солидными, и, следовательно, стоимость их возрастает. С другой стороны, при применении балочной системы величина пролетов ограничивается 3 м и требует частой расстановки опор. Применение балочной системы становится невыгодным. Для удешевления стоимости моста необходимо уменьшение количества дорогостоящих опор, т. е. увеличение пролетов; в то же время перекрывающая способность прогонов требует сохранения пролетов прогона.

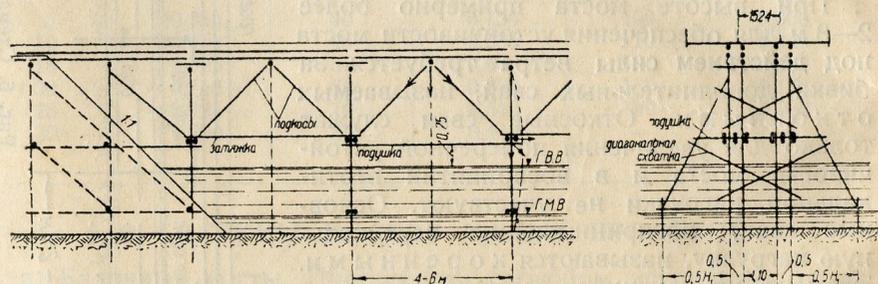


Рис. 7. Подкосный мост.

Разрешение этой задачи достигается путем применения треугольно-подкосной системы. Идея треугольно-подкосной системы заключается в замене одной из промежуточных опор парой подкосов (рис. 7). Этим приемом удается вдвое увеличить пролет моста (т. е. вдвое уменьшить количество промежуточных опор моста), не увеличивая пролета прогона. Сохранив пролет прогона, как в мостах балочной системы, в 2—3 м, получаем возможность устройства пролетов моста подкосной системы в 4—6 м. В месте опирания прогонов на подкосы вертикальное давление разлагается по направлению подкосов. В нижних точках примыкания подкосов усилие разлагается на вертикальную составляющую, сжимающую сваи, и

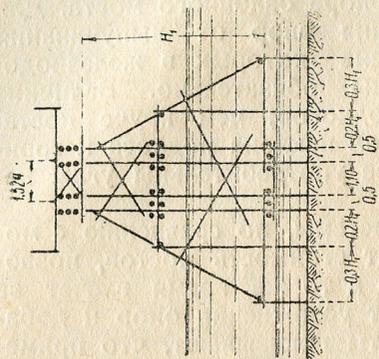
горизонтальную составляющую (называемую распором), которая стремится изгибать опору по направлению вдоль моста. Таким образом опора моста подкосной системы находится в более трудных условиях, нежели опора балочного моста. Для восприятия распора и предохранения опор от выпучивания устанавливаются затяжки, наличие которых в железнодорожных мостах подкосной системы обязательно. Величина распора зависит от угла наклона подкосов; чем круче поставлены подкосы, т. е. чем больше угол наклона подкоса к горизонту, тем меньше распор. Наиболее употребительны углы наклона к горизонту от 40—50°.

Применение мостов подкосной системы, по сравнению с мостами балочной системы, удешевляет стоимость мостов, позволяя уменьшить количество опор, но в то же время влечет за собою увеличение стоимости за счет усложнения опор и добавления подкосов и затяжек. Подсчеты показывают, что применение мостов подкосной системы становится выгодным при высоте насыпи от 4—6 м. Прогонь мостов подкосной системы устраиваются такими же, как в балочной. В большинстве случаев прогоны проходят над подкосными узлами без стыков, т. е. являются неразрезными. Вследствие неравномерной осадки опор, прогоны принято рассчитывать как разрезные. Давление на узел, в запас прочности, определяется как для неразрезной балки. Когда по имеющимся длинам леса требуется устройство стыков над подкосным узлом, это не вызывает затруднений; в этих случаях над подушкой укладывается подбалка и на ней располагается стык. Во избежание ослабления прогонов в месте примыкания верхних концов подкосов укладывается дополнительный элемент, идущий по всей ширине моста, называемый подушкой. В нижних узлах также укладываются подушки. Нижний узел является наиболее ответственным узлом всего моста, так как в нем осуществляется примыкание подкоса и заделка затяжки. При неудовлетворительном закреплении затяжек распор передается на опоры, что может повлечь расстройство всего моста.

Промежуточные опоры моста в большинстве случаев состоят по фасаду из одного ряда свай. В поперечном направлении имеются коренные и откосные сваи и горизонтальные и диагональные схватки. Часто концы нижних подушек протягиваются за пределы коренных свай и обжимают укосины; подушками опора делится по высоте на два яруса, в каждом из которых устанавливаются диагональные схватки.

При высотах насыпи более 6 м или при тяжелых нагрузках, вызывающих значительные величины распоров, целесообразнее устраивать промежуточные опоры из двух рядов свай по фасаду с расстоянием 0,4—0,5 м между рядами свай. Оба ряда связываются между собою схватками и болтами. Продольная жесткость опоры значительно возрастает, улучшаются также условия прикрепления затяжки, создается более широкий фронт для устройства врубков.

При больших высотах насыпи особое значение для продольной жесткости моста имеют береговые опоры. Требуется устройство солидных береговых опор, способных воспринимать силы



торможения и препятствующих продольным колебаниям моста. Береговые опоры устраиваются из 2—3-х пролетов балочной системы, связанных продольными и поперечными схватками. Для увеличения жесткости опоры между рядами свай в продольном направлении устанавливаются подкосы. Отличие этих подкосов от подкосов, расположенных в пролете, заключается в том, что они не воспринимают вертикальной нагрузки, а вступают в работу только при наличии продольных сил, стремящихся наклонить сваи (давление земли и торможение). В поперечном направлении береговые опоры состоят обычно только из коренных свай. Устройство откосных свай не требуется, так как опора, находясь в земле, не подвергается действию ветра, а следовательно, не вызывает сомнений в отношении поперечной устойчивости.

Рис. 8. Двухподкосный мост.

в) Двухподкосные мосты. При высотах насыпи выше 6—7 м применение мостов одноподкосной системы становится не выгодным. При сравнительно дешевом пролетном строении опоры мосты становятся дорогими. Для получения наиболее экономичных решений требуется уменьшение количества опор, хотя бы за счет некоторого удорожания пролетных строений. Во всех случаях разбивки моста на пролеты теоретически наиболее выгодная разбивка (с точки зрения экономики) будет иметь место тогда, когда стоимость опоры равняется стоимости пролетного строения без проезжей части.

Для увеличения пролетов моста при сохранении пролета прогона устраиваются мосты двухподкосной системы. В мостах двухподкосной системы (рис. 8) при помощи подкосов создаются две добавочные опоры для прогонов. В результате этого, сохраняя пролет прогона в прежних пределах, получаем пролеты моста в 6—9 м. Применение пролетов в 9 м влечет за собою значительные величины распоров и требует устройства солидных опор и затяжек. Крупные затруднения вызывает необходимость получения длиномерного леса для затяжек. При пролете в 9 м с учетом концов, необходимых для заделки, на затяжки требуется лес длиной в 11 м. Кроме того, длинные затяжки под влиянием собственного веса провисают, и их необходимо в промежуточных точках подвешивать к подкосам или прогонам.

Конструкция нижнего узла, вследствие большого количества подкосов и затяжек и значительных усилий в них, становится громоздкой и вызывает серьезные конструктивные затруднения.

При нормальных железнодорожных нагрузках в обычных случаях пролеты мостов двухподкосной системы принимаются в 6—7,5 м.

Углы наклона подкосов к горизонту принимаются в 40—60°.

Если позволяют горизонты воды, следует стремиться к более крутому расположению подкосов, устанавливая особые схватки для предохранения длинных подкосов от дрожания. Промежуточные опоры двухподкосных мостов, как правило, устраиваются двухрядными, так как в противном случае прикрепление затяжки делается почти невозможным; кроме того, свая ослабляет количество коренных свай в ряду сохраняется, но, вследствие большой высоты, откосные сваи приходится расставлять на большие расстояния; укосины получаются длинными, для создания поперечной жесткости опоры забивается по две пары откосных свай. Вся опора делится поперечными схватками на несколько ярусов и связывается системой схваток.

При высотах насыпи около 9 м и выше промежуточные опоры устраиваются более жесткого типа — из двух рядов свай, расставленных на расстоянии 1,5—2,0 м, распертых крестами, расположенными в плоскости свай. Опоры этого типа называются башенными (рис. 9).

Береговые опоры — устой состоят из нескольких балочных пролетов, связанных системой схваток и подкосов.

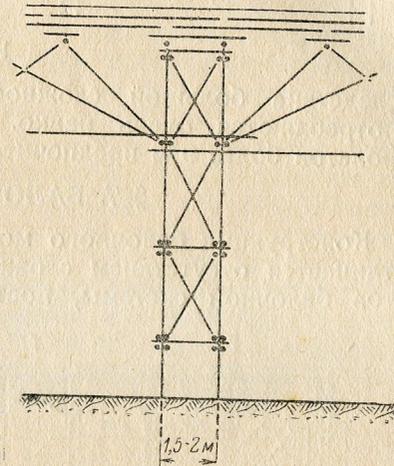


Рис. 9. Башенная опора.

Дальнейшее увеличение пролетов моста может быть достигнуто путем применения трехподкосной системы (рис. 10 а) или двухподкосной с дополнительной стойкой (рис. 10 б). Однако,

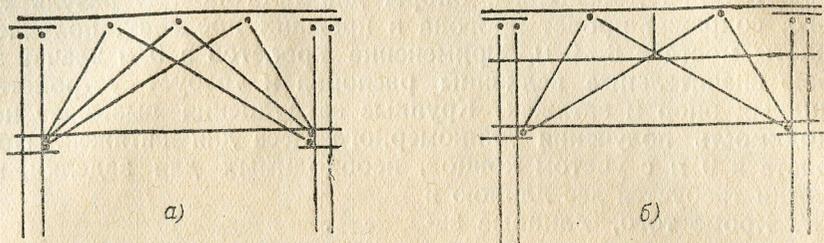


Рис. 10.

вследствие большой сложности осуществления, системы эти употребляются очень редко. При необходимости перекрытия пролетов более 9 м предпочитают переходить к фермам.

### § 7. БАЛОЧНЫЕ МОСТЫ

Конструкция балочного моста при высоте насыпи до 2-х м отличается отсутствием сложных соединений. Большинство мостов балочной системы, построенных в последние годы, осу-

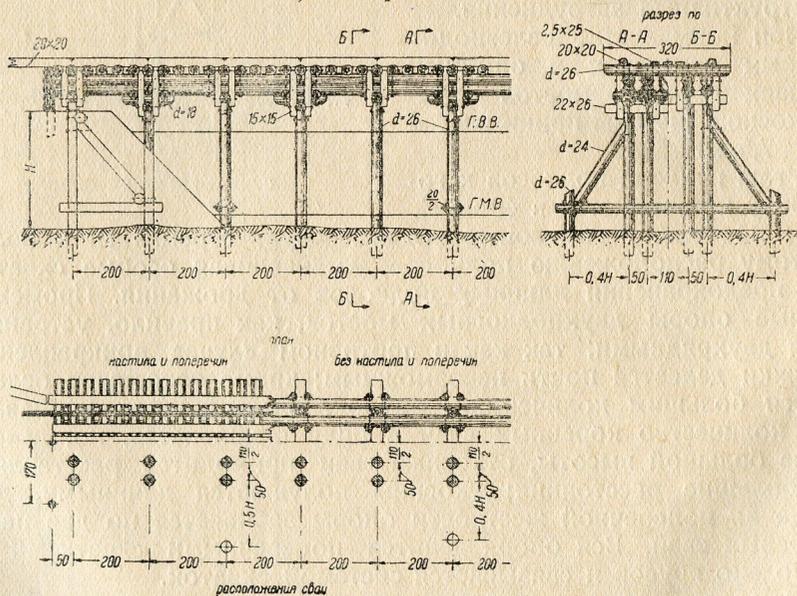


Рис 11. Балочный мост.

ществлены из круглого леса. В наиболее распространенном типе моста (рис. 11) все элементы, за исключением насадок, приняты из бревен. Мост разбит на пролеты по 2,0 м.

Проезжая часть состоит из поперечин  $d=26$  см, трех досок настила сечением  $2,5 \times 25$  см, расположенных между рельсами,

и охранных брусьев сечением  $20 \times 20$  см. В виду небольшой высоты моста перила и настил по бокам отсутствуют, благодаря чему принятая длина поперечин в 3,20 м является достаточной. Поперечины опираются на прогоны из бревен  $d=24$  см. Каждая поперечина прикреплена к прогонам двумя болтами. В поперечном сечении моста имеются два прогона, из 4-х бревен каждый. Бревна уложены в два яруса; две пары бревен в пакете расположены на расстоянии в 50 см между осями. Оси пакетов совпадают с осями рельсов; подобная расстановка бревен в пакете, давая возможность поперечине изгибаться при движении нагрузки, создает более мягкую езду. Кроме того, при этой расстановке получаются хорошие условия для проветривания бревен прогонов. Каждый пакет связан при помощи прокладок из обрезков бревен и горизонтальных болтов. Над опорами пакет обжат с двух сторон брусками сечением  $15 \times 15$  см. Верхние концы брусков пропущены между поперечин и стянуты с ними болтами; нижние концы брусков выпущены по бокам насадки и связаны с насадкой болтами. Таким образом, обжимки и болты создают надежную связь между проезжей частью и прогонами и между прогонами и опорой. Стыки прогонов расположены в разбежку над опорами. Каждое бревно прогона стыкуется через 4 пролета, т. е. длина леса принята в 8 м. В одном месте стыкуются прогоны только одного яруса (верхнего или нижнего). В месте расположения стыков уложены подбалки из бревен  $d=24$  см. Между подбалками и нижним ярусом прогонов пропущены шпонки из бревен  $d=18$  см. Шпонки идут по всей ширине моста, являясь поперечной связью между пакетами. На тех опорах, где имеются подбалки, прогон с учетом подбалки получается по высоте трехъярусным; поэтому, между прогонами над насадками установлены крестообразные связи, назначение которых, также как и шпонок, препятствовать взаимному сдвигу прогонов.

Опора состоит из четырех коренных свай, связанных по верху насадкой из бруса сечением  $22 \times 26$  см. Насадка притянута к сваям хомутами из полосового железа. Для увеличения поперечной устойчивости моста через две опоры на третью забивается пара откосных свай. Между коренными и откосными сваями устанавливаются укосины. На уровне срезки откосных свай все сваи в ряду обжаты парными поперечными схватками из пластин  $d = \frac{20}{2}$  см.

Если высота моста доходит до 4 м, то для увеличения продольной жесткости моста между опорами в каждом пролете, либо через один, устанавливаются продольные схватки из пластин. В поперечном направлении опора связывается диагональными схватками. Балочные мосты приведенной конструкции при высотах насыпи свыше 4 м оказываются неэкономичными, так как требуют лесоматериала больше, нежели мосты подкосных систем. Вследствие этого, мосты балочной системы до сего времени при высотах более 4-х м строились редко.



ствуется расстоянию между осями рельс. Оси бревен прогонов не совпадают с осями свай, почему неизбежна работа насадки на изгиб.

Средние бревна прогонов прибиваются к насадкам стальными нагелями. Наружные бревна прикрепляются болтами, прикрепляющими одновременно поперечину к насадке. Стыки бревен прогонов устроены на насадке впритык (рис. 13), причем на каждой опоре стыкуется одно бревно прогона. Поперечины из брусев сечением  $24 \times 20$  см уложены на расстоянии 40 см между осями. Часть поперечин длиной 3,0 м, остальные 4,1 м с выносом в одну сторону для прикрепления перил.

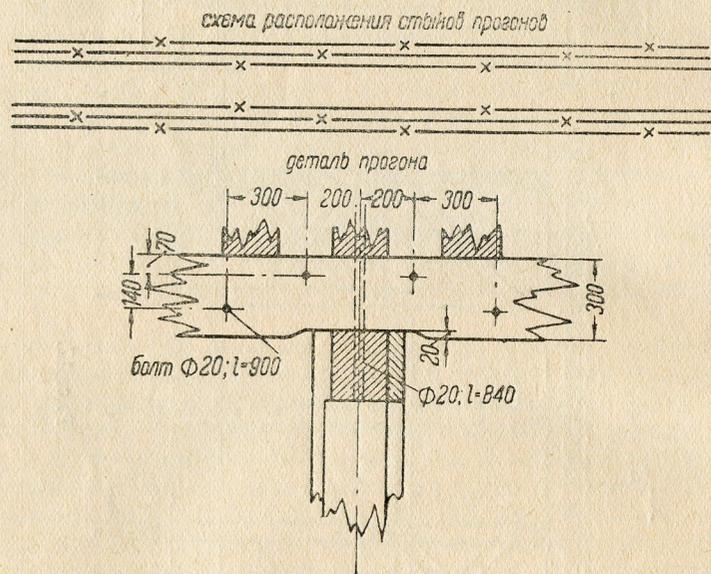


Рис. 13.

Приведенный проект требует для постройки несколько меньший объем лесоматериалов по сравнению с обычными мостами из круглого леса и имеет значительно меньшее количество врубок.

Отражая правильную тенденцию отказа от старых типов мостов, требующих кустарного способа производства работ, этот проект имеет ряд недостатков, понижающих прочность и устойчивость моста.

Стальные нагели, которыми прибита насадка к сваям, не обеспечивают прочной связи между опорой и пролетным строением. Вследствие работы насадки на изгиб, в месте сопряжения ее со свайей смятие происходит неравномерно. Конструкция стыка на насадке неудовлетворительна. Соединение схваток со сваями только гвоздями и болтами без врубок ненадежно; без особой нужды для схваток применен дорогой лес (доски  $7,5 \times 25$  см). Эти недостатки свидетельствуют о том, что в дан-

ном случае экономия достигается за счет ухудшения качества сооружения.

В целях создания на мосту условий движения, однообразных с условиями, имеющимися на насыпи, и предохранения моста от возгорания, возможно устройство деревянных мостов с ездой на балласте. Имеются типовые проекты мостов балочной системы с ездой на балласте под нагрузку  $H_7$  и паровоз серии Э.

Пролеты мостов приняты в 2,0 и 3,0 м. В связи с устройством езды на балласте поперечная конструкция моста отличается от

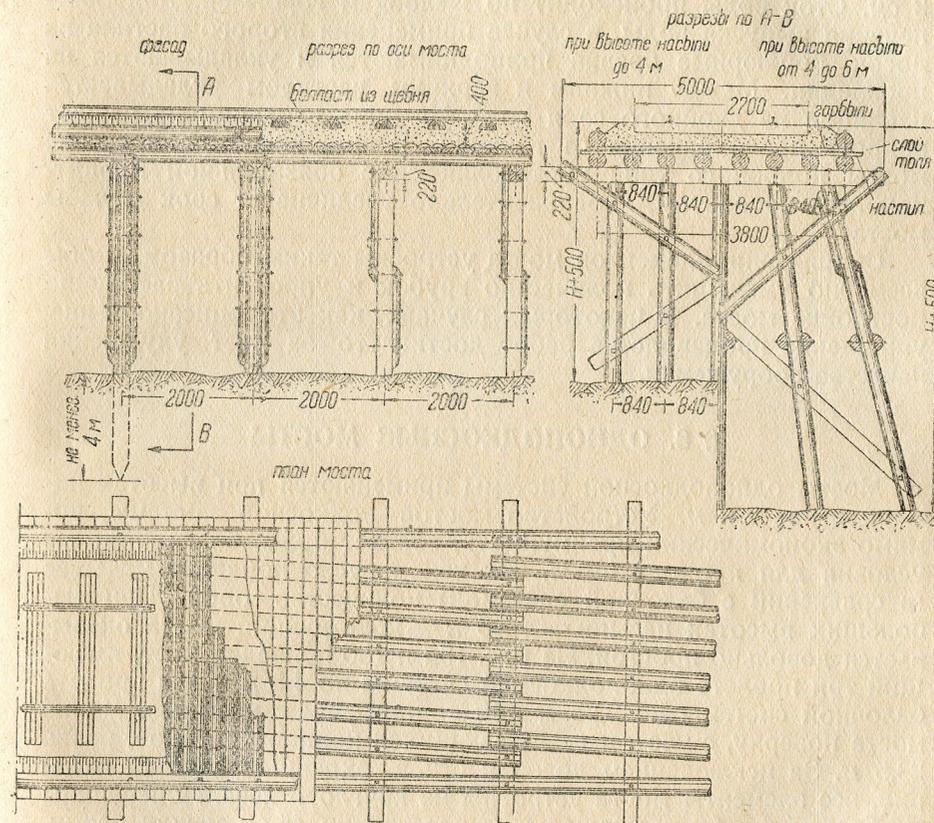


Рис. 14. Мост с ездой на балласте.

приведенной выше. При пролетах  $l=2,0$  м и высоте до 4-х м (рис. 14) опора состоит из пяти свай, забитых вертикально, с расстоянием между осями крайних свай в 3,36 м. При высоте от 4-х до 6 м вертикально забивается только одна средняя свая, а остальные, с целью создания поперечной устойчивости моста, забиваются наклонно (веером). Поверху все свай связываются насадкой. На насадку уложены и прибиты стальными нагелями прогоны из 8 бревен  $d=27$  см при нагрузке  $H_7$  и  $d=24$  см при нагрузке Э. Бревна в плане уложены под некоторым углом к продольной

оси моста с тем, чтобы осуществить стык прогона в нахлестку на насадке, при одинаковом количестве бревен в каждом пролете. Крайние бревна уложены параллельно оси пути и стыкуются в полдерева. Поверх прогонов уложен двойной поперечный настил. Нижний настил состоит из досок сечением  $25 \times 5$  см, покрытых слоем толя; поверх толя уложен второй ряд настила из горбылей  $20 \times 5$  см. Для отвода воды настил уложен с поперечным уклоном в 1% в обе стороны от оси пути. Поперечный уклон достигается путем врубок в прогоны от 0 до 2 см. Сток воды происходит по желобкам горбылей. Для обеспечения выпуска воды, в случае применения второго настила из досок, бордюрные бревна приподнимаются и укладываются на прокладки. Между нижним и верхним настилом укладывается изоляция из двойного слоя толя. Наличие изоляции не решает вопроса предохранения от гниения. В американской практике мосты подобного типа употребляются с обязательной пропиткой леса креозотом, что значительно увеличивает срок службы моста.

Сопряжения элементов моста устроены таким образом, чтобы всемерно уменьшить количество врубок и упростить работу по постройке моста. В некоторых случаях, как это описано выше, упрощение производства работ достигнуто за счет ухудшения качества сооружения.

### § 8. ОДНОПОДКОСНЫЕ МОСТЫ

Мосты одноподкосной системы применяются при высотах насыпи выше 4-х м. Устройство мостов подкосной системы, помимо экономических преимуществ, создает более благоприятные условия для прохода воды, так как в русло попадает меньше (в сравнении с балочной системой) количество опор. При небольших высотах насыпи — 4—5 м — конструкция моста оказывается довольно простой. На рис. 15а и 15б приведен мост, имеющий три пролета одноподкосной системы по 4,5 м и два пролета балочной системы по 2,25 м при сопряжении с насыпью. Длина моста поверху, с учетом свешивающихся концов прогонов, равна 23,5 м. За исключением досок настила, охранных брусьев и перил, все элементы моста устроены из круглого леса. Поперечины из бревен  $d = 26$  см уложены на расстоянии 45 см между осями, которое кратно пролету как балочной, так и подкосной системы (4,5), и, следовательно, при укладке всех поперечин на равном расстоянии друг от друга над осью каждой опоры располагается поперечина. Поперечины, расположенные в пролете, имеют длину 3,20 м, поперечины над опорами имеют выносы для прикрепления перил, почему длина их принята в 5,80 м. Перильные стойки сделаны из досок сечением  $20 \times 6$  см, частично врезанных в поперечину и притянутых к ней двумя болтами. Поручень устроен из доски  $6 \times 10$  см; заполнение перил — из доски того же сечения. Поручень и заполнение прибиваются к стойке гвоздями. Расстояние между внутренними гранями перил при-

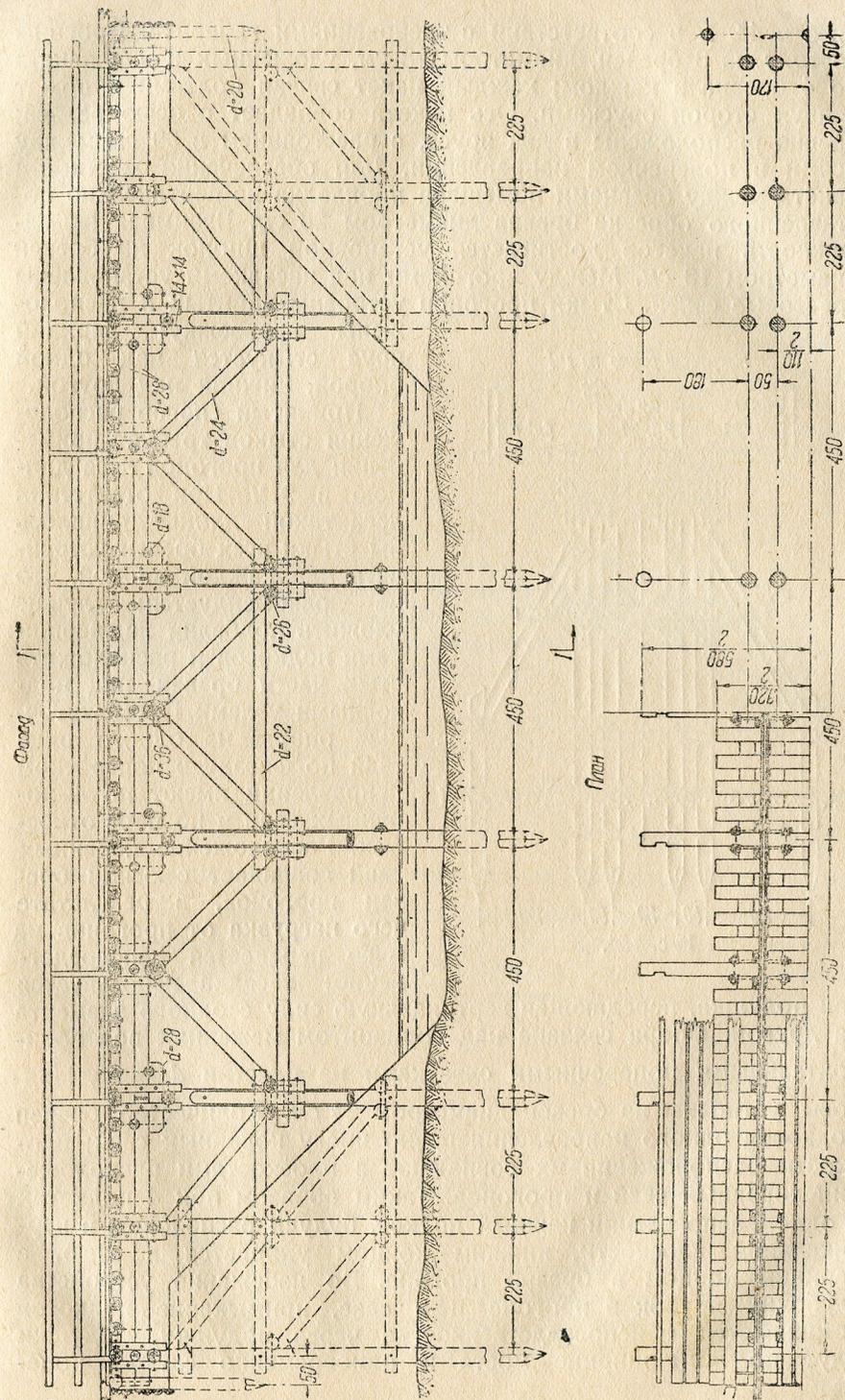


Рис. 15а. Подкосный мост.

нято в 4,9 м в соответствии с требованиями габарита. Прогоны состоят из 8 бревен, диаметром 28 см, уложенных в два пакета по 4 бревна в каждом; каждый пакет связан болтами и обжат с двух сторон брусками. Ось пакета совпадает с осью рельса; бревна расположены в два яруса, с расстоянием в 50 см между осями в поперечном направлении. Для обеспечения жесткости пакета между бревнами помещена прокладка из вертикально поставленного обрезка бревна диаметром 26 см. Взаимная неподвижность пакетов достигается установкой шпонок из бревен диаметром 18 см. Между прогонами над насадками установлены крестовые связи. Стыки прогонов устроены впритык и расположены вразбежку: верхний ярус стыкуется над одной опорой, нижний над другой.

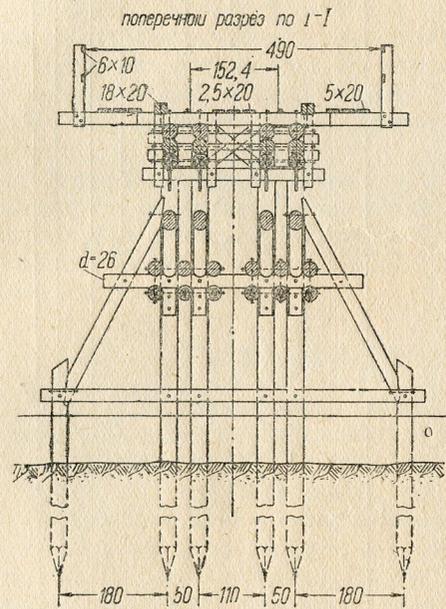


Рис. 156.

как подушка, передающая вертикальную силу с одного элемента на другой. Опора связана над горизонтом межених вод горизонтальными поперечными схватками из пластин  $d = \frac{24}{2}$ . Подкосы устроены из бревен диаметром 24 см. Количество бревен подкосов одного направления равно числу коренных свай; плоскости расположения их совпадают с плоскостями расположения коренных свай и прогонов. Таким образом при 4 подкосах в одном направлении каждый подкос, будучи расположен в вертикальной плоскости, нижним концом упирается в сваю, а верхним концом в бревно прогона. Во избежание устройства глубоких врубок в прогоне и в свае, примыкание подкосов устраивается не непосредственное, а через подушку. Подушки идут по всей ширине моста и одновременно служат попе-

речными связями. Подушка в верхнем узле состоит из бревна  $d = 36$  см; размер подушки определен геометрически из условия примыкания верхних концов подкосов. Примыкание концов подкосов к подушке происходит впритык при нормальной плоскости срезы подкоса, для чего в подушке устраивается соответствующая врубка. Для того, чтобы избежать сдвига подкоса от случайного удара, в месте примыкания делается шип. Примыкание нижних концов подкосов к подушкам — аналогично верхним. Нижние подушки приняты из бревен  $d = 26$  см. В месте примыкания нижнего конца усилия в подкосе, переходя на подушку, разлагаются на вертикальную и горизонтальную составляющие. Для передачи вертикальной составляющей подушка уложена на особые коротыши, прирубленные и приболченные к сваям, называемые прирубками; число прирубов под каждой подушкой соответствует числу коренных свай. Каждый прируб врублен в сваю двумя зубьями. Вертикальная составляющая передается от подушки на прирубы, а через прирубы на сваю. Для восприятия горизонтальной составляющей в подкосе установлены затяжки из бревен диаметром  $d = 24$  см. Затяжки состоят из 6-ти бревен в пролете; по три бревна на каждую пару коренных свай. Заводить среднее бревно в промежуток между сваями довольно трудно — лучше ограничиваться двумя бревнами на половину ширины моста, а в промежутке между сваями помещать прокладку. Горизонтальная сила передается на затяжки через врубки в подушку.

Принятый способ расположения стыков требует применения для прогонов леса длиной в 9 м. При отсутствии леса такой длины пришлось бы стыки всех бревен устраивать над каждой опорой, что не рекомендуется; лучше уложить подбалки над вершинами подкосов и расположить стык части бревен над подкосными узлами. Промежуточные опоры из одного ряда свай по фасаду в поперечном направлении имеют по 4 коренных свай и по паре откосных. Расположение коренных свай совпадает с осями бревен прогонов, в результате чего нагрузка от прогонов на сваю передается непосредственно; насадка используется

как подушка, передающая вертикальную силу с одного элемента на другой. Опора связана над горизонтом межених вод горизонтальными поперечными схватками из пластин  $d = \frac{24}{2}$ . Подкосы устроены из бревен диаметром 24 см. Количество бревен подкосов одного направления равно числу коренных свай; плоскости расположения их совпадают с плоскостями расположения коренных свай и прогонов. Таким образом при 4 подкосах в одном направлении каждый подкос, будучи расположен в вертикальной плоскости, нижним концом упирается в сваю, а верхним концом в бревно прогона. Во избежание устройства глубоких врубок в прогоне и в свае, примыкание подкосов устраивается не непосредственное, а через подушку. Подушки идут по всей ширине моста и одновременно служат попе-

речными связями. Подушка в верхнем узле состоит из бревна  $d = 36$  см; размер подушки определен геометрически из условия примыкания верхних концов подкосов. Примыкание концов подкосов к подушке происходит впритык при нормальной плоскости срезы подкоса, для чего в подушке устраивается соответствующая врубка. Для того, чтобы избежать сдвига подкоса от случайного удара, в месте примыкания делается шип. Примыкание нижних концов подкосов к подушкам — аналогично верхним. Нижние подушки приняты из бревен  $d = 26$  см. В месте примыкания нижнего конца усилия в подкосе, переходя на подушку, разлагаются на вертикальную и горизонтальную составляющие. Для передачи вертикальной составляющей подушка уложена на особые коротыши, прирубленные и приболченные к сваям, называемые прирубками; число прирубов под каждой подушкой соответствует числу коренных свай. Каждый прируб врублен в сваю двумя зубьями. Вертикальная составляющая передается от подушки на прирубы, а через прирубы на сваю. Для восприятия горизонтальной составляющей в подкосе установлены затяжки из бревен диаметром  $d = 24$  см. Затяжки состоят из 6-ти бревен в пролете; по три бревна на каждую пару коренных свай. Заводить среднее бревно в промежуток между сваями довольно трудно — лучше ограничиваться двумя бревнами на половину ширины моста, а в промежутке между сваями помещать прокладку. Горизонтальная сила передается на затяжки через врубки в подушку.

Береговые опоры состоят из трех рядов свай, образующих два пролета балочной системы по 2,25 м. В виду того, что пролет прогона в средней части моста также равен 2,25 м, сечение прогона остается постоянным по всей длине моста.

В целях создания жесткости устоя, в плоскости свай установлены продольные подкосы из бревен  $d = 24$  см, а также поставлены продольные и поперечные схватки из пластин  $d = \frac{24}{2}$  см.

Компановка моста в целом произведена удачно. Следует отметить преувеличенные размеры леса для конструктивных элементов. Продольные подкосы и поперечные бревна для упора подкосов, принятые из леса  $d = 24$  см, можно заменить  $d = 20$  см; схватки из пластин  $d = \frac{24}{2}$  можно заменить пластинами  $d = \frac{22}{2}$ .

Приведенный пример относится к типу мостов, постройка которых производится полностью на месте.

В качестве попытки перехода к конструкциям, допускающим предварительную обработку и заготовку части элементов в стороне от строительства и упрощения сборки, приводится один из проектов, составленных в последние годы для высоты насыпи в 6 м (рис. 16).

Мост разбит на пролеты по 4 м, в соответствии с чем расчетный пролет прогона равен 2 м. Прогоны из бревен  $d = 28$  см. В целях упрощения сборки все бревна прогонов расположены в одном ярусе. Под каждую нитку рельса укладываются три бревна

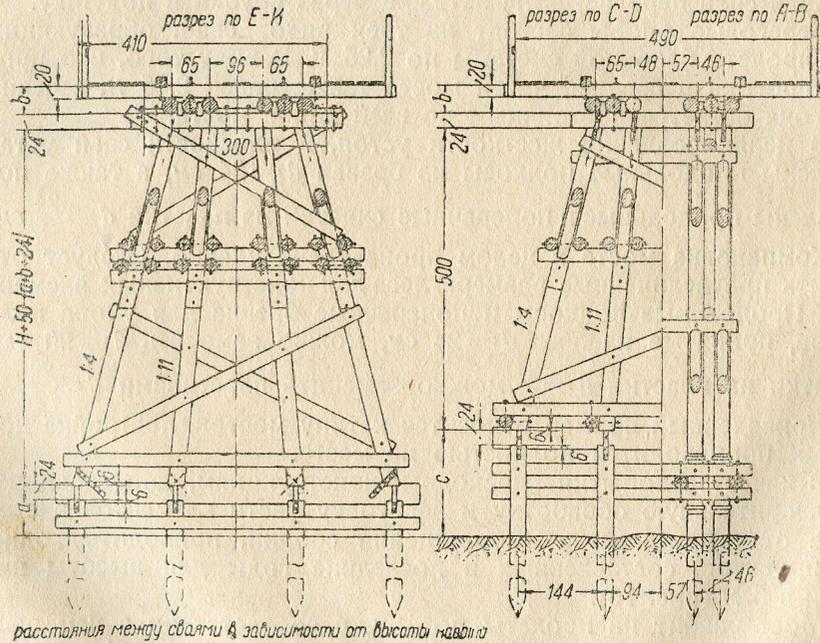
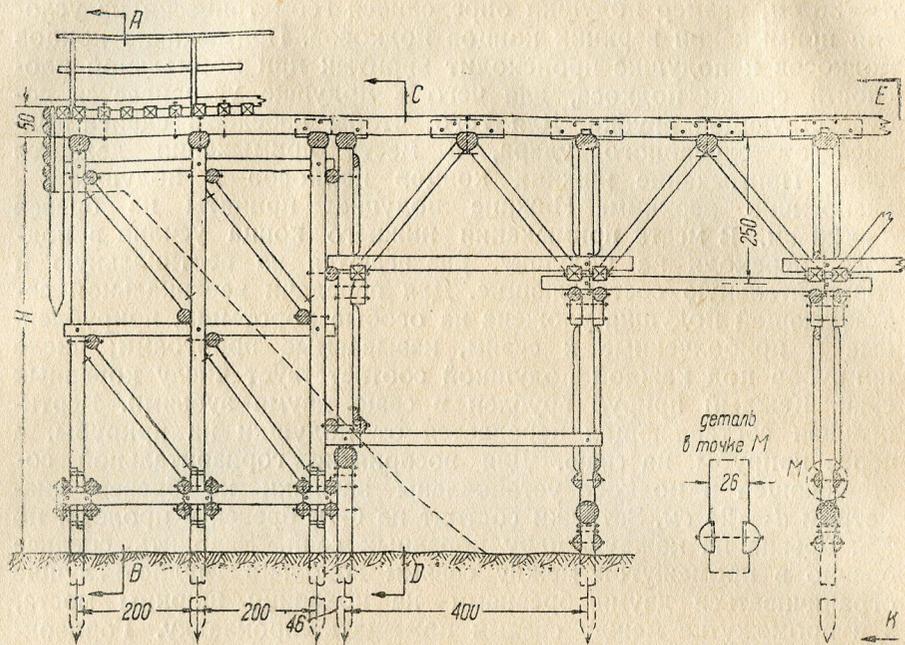


Рис. 16.

таким образом, чтобы ось среднего бревна совпала с осью рельса. Крайние бревна укладываются с просветом в 4 см между гранями, что препятствует скоплению воды между бревнами и создает хорошие условия для проветривания.

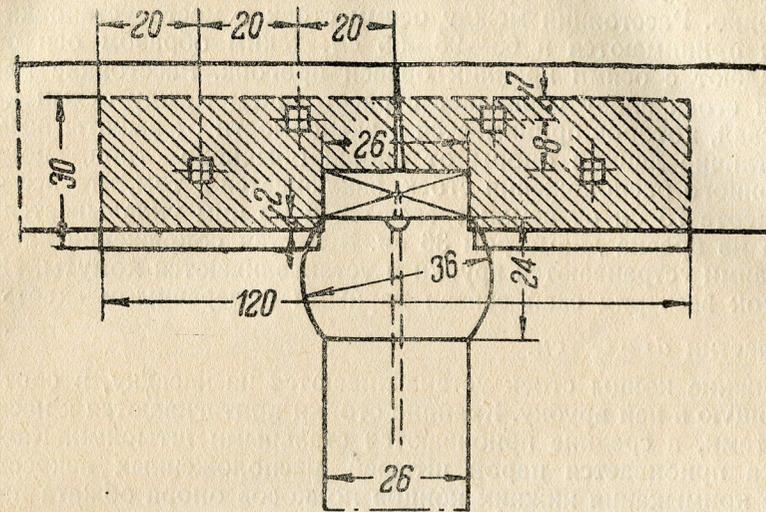


Рис. 17. Американский стык.

Стыки прогонов устраиваются над опорами впритык на насадке. Для придания стыку жесткости в просветы между бревнами укладываются прокладки из досок сечением  $10 \times 30$  см, длиной 120 см; в прокладке устраивается вырубка глубиной в 6 см, в которую входит насадка (рис. 17). В местах расположения прокладок устанавливаются 4 горизонтальных болта (по 2 с каждой стороны стыка), стягивающие все бревна прогона между собою.

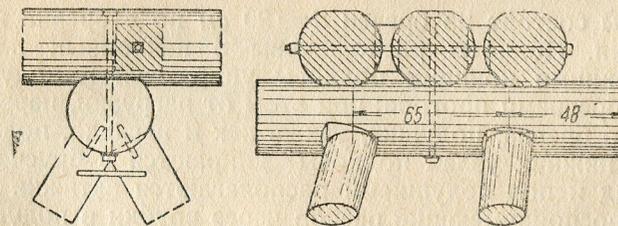


Рис. 18. Верхний узел.

Стыки устраиваются вразбежку. При отсутствии леса достаточной длины стыки устраиваются также над подушками подкосных узлов; конструкция стыка остается прежняя. В случае, когда прогоны проходят над подушками без стыка (рис. 18), между бревнами располагаются небольшие прокладки и бревна стягиваются одним горизонтальным болтом. Для обеспечения неподвижности прогонов в поперечном направлении к насадке на участке между прогонами и по краям прибалчиваются доски сечением

10 × 26 см. Среднее бревно прогона притягивается к насадке болтом. Других связей между пролетным строением и опорой нет, что следует отнести к недостаткам конструкции.

Промежуточные опоры состоят из 4-х стоек, расположенных наклонно. Расстояния между осями стоек в месте установки насадки принимаются в 65—96—65 см; таким образом оси стоек совпадают с осями крайних бревен прогона. Расстояние между осями стоек внизу совпадает с расстоянием между осями крайних свай, которое принимается в зависимости от высоты насыпи.

Отличие данной опоры от опоры обычного типа, помимо наклонного расположения стоек, заключается в том, что все сваи на высоте 75 см от земли срезаются и по ним укладывается насадка из бревна диаметром 36 см. В местах сопряжения насадки со сваями устраиваются врубки и устанавливаются хомуты. Ниже насадок весь ряд свай связан парными поперечными схватками из пластин  $d = \frac{22}{2}$  см.

Нижние концы стоек устанавливаются на насадку, в соответствующую в ней врубку. Крайние стойки притягиваются к насадке хомутами, а средние прибиваются стальными штырями. Каждая стойка прибивается парой штырей, расположенных накрест. В месте примыкания нижних концов подкосов опора обжата парой брусчатых подушек сечением 24 × 24 см и парой поперечных схваток из бревен. Подушки делят опоры на 2 яруса. В обоих ярусах установлены диагональные поперечные схватки из пластин.

Преимуществами опор подобного типа являются: возможность предварительной заготовки элементов, некоторое уменьшение затрат лесоматериалов, в связи с отсутствием откосных свай и укосин, а также упрощение сборки. К недостаткам следует отнести: уменьшение устойчивости опоры, особенно в продольном направлении, работу верхней насадки на изгиб и неравномерное смятие ее.

Подкосы состоят из бревен  $d = 20$  см по 4 бревна в каждом направлении. Подкосы расположены в наклонных плоскостях стоек. Верхними концами подкосы упираются в подушку под крайними бревнами прогона; при этом от нагрузки, передаваемой со среднего бревна, подушка, также как и насадка, подвергается изгибу. В нижних узлах подкосы упираются в брусчатые подушки. Над и под подушками располагаются затяжки смежных пролетов, воспринимающие распор через врубки в подушки. Под нижним ярусом затяжек установлены парные поперечные схватки из бревен (рис. 19). Необходимость установки этих схваток сомнительна, в то же время наличие их усложнило узел и ухудшило условия передачи вертикальной силы от подкоса на сваи. Часть вертикальной силы передается с подушки на сваи непосредственно, другая часть должна быть передана через прируб. Прируб пришлое расположить под схватками; вертикальная сила от подушки передается на затяжки, используемые в данном случае как прокладки, от затяжек на поперечные схватки и от поперечных схваток на прируб.

При отсутствии поперечных схваток прируб можно было бы расположить непосредственно под подушками; условия передачи вертикальной силы были бы лучше.

Береговая опора состоит из 3-х рядов свай, образуя 2 пролета балочной системы. Опоры — свайные обычного типа. Несколько выше земли устроено наращивание свай. Для создания продольной жесткости установлены подкосы в плоскости свай и система схваток. В поперечном направлении опора состоит из 4-х коренных свай. Ввиду того, что береговая опора находится большей частью в земле и не подвержена действию ветра, допол-

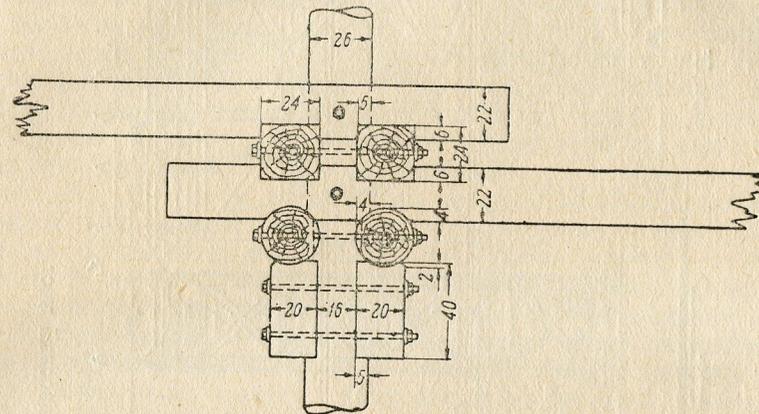


Рис. 19. Нижний узел.

нительных мер для увеличения поперечной устойчивости ее не принято. Для предохранения концов прогонов от загнивания в месте сопряжения с насыпью устроен щит из пластин, поддерживаемый забитыми в насыпь дополнительными сваями.

## § 9. ДВУХПОДКОСНЫЕ МОСТЫ

Примером моста двухподкосной системы, допускающим предварительную заготовку отдельных элементов в стороне от места постройки, может служить типовый проект моста под железную дорогу (рис. 20) при высоте до 12 м.

Основные пролеты моста приняты — 8,1 м. При сопряжении с насыпью устраивается один пролет одноподкосной системы в 5,4 м и два пролета балочной системы по 2,7 м. При принятой разбивке сечение прогонов сохраняется постоянным по всей длине моста.

Недостатком является неувязка расстояния между осями поперечин, пролетом прогона и расстоянием между рядами свай в промежуточной опоре. По этой причине расстояние между осями поперечин не сохраняется постоянным по всей длине моста, что немного усложняет сборку. Конструкция проезжей части и прогонов аналогична рассмотренной выше в проекте одноподкосного моста.

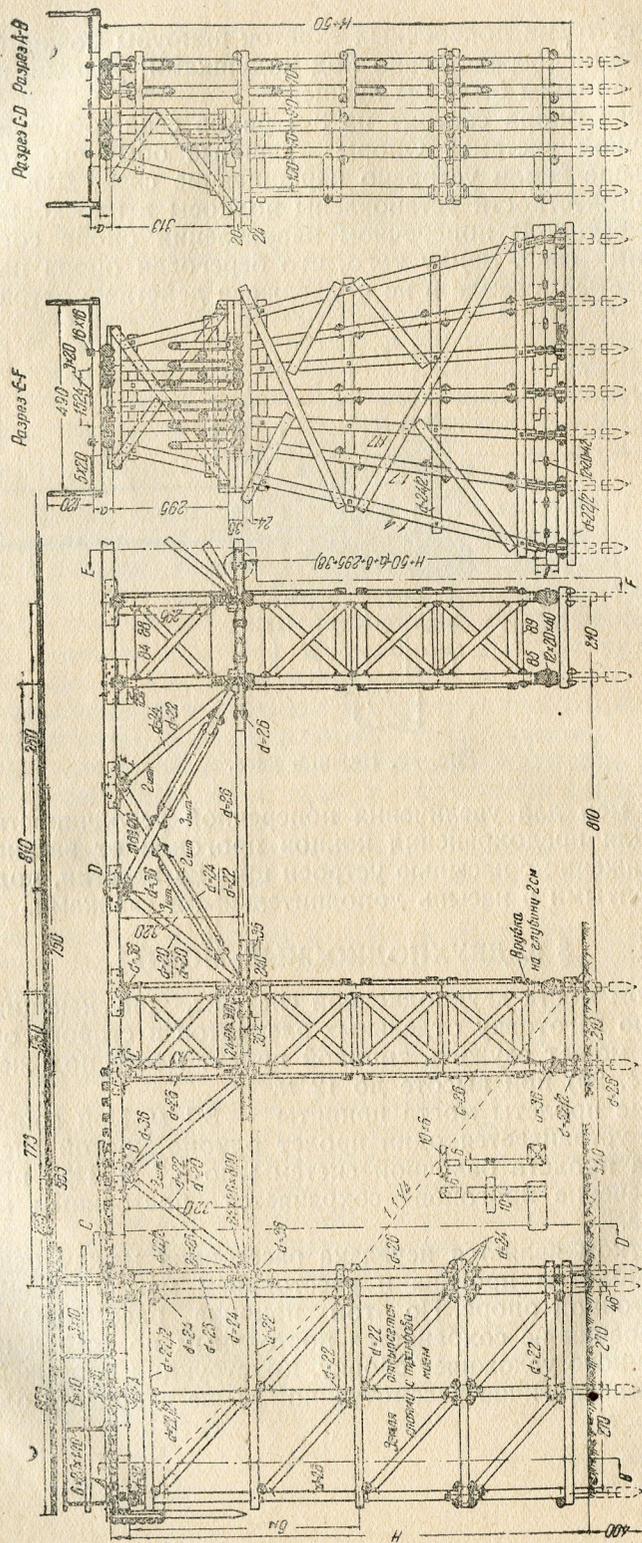


Рис. 20. Двухподкосный мост.

Промежуточные опоры приняты башенного типа. Каждая опора состоит из двух рядов стоек с расстоянием в 2,1 м между осями, связанных системой продольных схваток и распертых крестами из бревен. Поперечная конструкция опоры состоит из 2-х рам, установленных друг на друга при опирании нижней рамы на свайное основание. Верхняя рама имеет высоту 2,95 м, не зависящую от высоты моста. Рама состоит из 6 стоек (4-х вертикальных и 2-х наклонных), связанных по верху и по низу насадками. Верхняя насадка прибита к стойкам стальными штырями; нижние концы наклонных стоек прикреплены к насадке металлическими поковками и болтами. С одной стороны рамы (расположенной внутрь пролета) установлены диагональные схватки, в месте пересечения одна из схваток прервана. Концы схваток протянуты на насадке и связаны с ними болтами. Таким образом, рама представляет собой жесткую систему, допускающую транспортировку и установку на место в целом виде.

Нижняя рама имеет высоту, зависящую от высоты моста, и состоит из семи стоек, из которых средняя расположена вертикально, а остальные наклонно. Расстояние между осями крайних стоек на уровне верхней насадки этой рамы принято в 4,3 м. Расстояние между осями крайних стоек на уровне нижней насадки зависит от высоты моста и определяется из условий поперечной устойчивости. Рама связана диагональными схватками из пластин, расположенных с одной стороны рамы в два яруса по высоте. Диагональ одного направления — цельная; диагональ другого направления состоит из 2-х частей. С другой стороны рамы (внаружу от пролета) установлены 4 ряда горизонтальных схваток из пластин, которые используются для упора крестов. Нижняя поперечная схватка — парная, из двух пластин, обжимающих весь ряд стоек. Нижняя насадка, вследствие большой длины, имеет стык, устроенный в полдерева. Основание состоит из семи свай, расставленных соответственно нижним концам стоек. По сваям уложена насадка.

Под насадкой установлены короткие продольные схватки из парных пластин, связывающие оба ряда свай по фасаду. Еще ниже установлены поперечные схватки из парных пластин, связывающих все сваи в ряду.

При установке нижней рамы на свайное основание между насадками свай и рамы вводятся шпонки, назначение которых заключается в препятствовании скольжению нижней насадки рамы по насадке свай. Для связи рамы со свайным основанием устанавливаются металлические поковки из полосового железа, связывающие сваи со стойками.

Верхняя рама устанавливается на нижнюю раму, причем между верхней насадкой нижней рамы и нижней насадкой верхней рамы по краям укладываются 2-ярусные прокладки из брусев сечением  $18 \times 20$  см и  $20 \times 20$  см, длиной по 1 м. Через эти прокладки насадки стягиваются между собой болтами. В средней части между насадками остается свободный просвет высотой в 38 см; в просвете располагаются затяжки и подушки. По ширине

\*

моста расположено 10 бревен затяжки. Число бревен определено количеством подкосов таким образом, что каждому бревну подкосов соответствует свое горизонтальное бревно. На половину ширины моста к каждому нижнему узлу примыкает 5 бревен подкоса: 3 — по короткому направлению, 2 — по длинному, к противоположному узлу — наоборот: 2 — по короткому и 3 — по длинному. Следовательно, бревна длинных подкосов расположены в разных плоскостях, и пересечение их происходит без

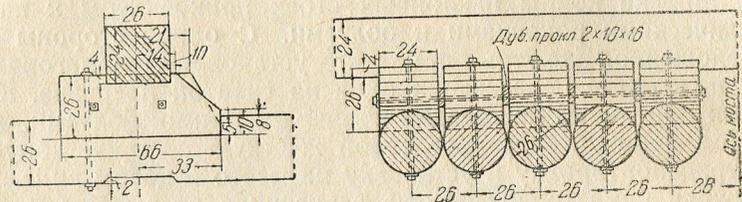


Рис. 21.

взаимных врубок. В нижних узлах подкосы упираются в подушки из коротышей сечением  $24 \times 26$  см, длиной 65 см, расположенных по направлению — вдоль моста. Подобное расположение подушек имеет преимущества по сравнению с обычным способом укладки подушек по направлению поперек моста. Благодаря этому, смятие направлено не поперек волокон подушки, а под углом; поэтому допускаемые напряжения повышаются, а также избегается влияние на конструкцию поперечной усушки дерева, которая, достигая значительной величины, является одной из причин расстройств узлов. Горизонтальная составляющая усилия в подкосе передается через подушку на продольные бревна (рис. 21) через врубку глубиной 8 см. Из 10 горизонтальных бревен,

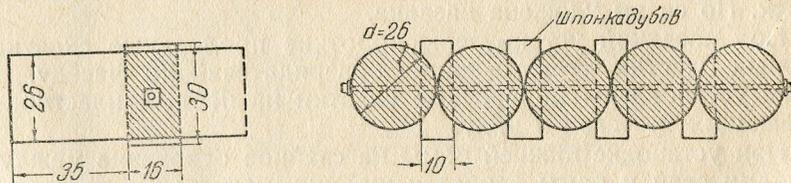


Рис. 22.

вен, в которые уперты подушки, 6 являются затяжками, идущими вдоль всего моста, а 4 прокладками длиной в 4,8 м, по 2,4 м от оси опоры в каждую сторону. Передача горизонтальных сил от прокладных бревен на основные затяжки происходит при помощи дубовых шпонок (рис. 22) из брусков  $10 \times 30$  см, расположенных между затяжками и прокладными бревнами по 4 штуки на длине прокладного бревна. Горизонтальная сила от прокладных бревен передается на затяжки двух смежных пролетов; при неравномерности распоров затяжки одного пролета будут работать на растяжение, а другого — на сжатие, что следует от-

нести к недостаткам конструкции. Вертикальные составляющие усилий в подкосах передаются через подушки на затяжки, используемые как прокладки, от затяжек на насадку нижней рамы и от насадки на стойки рамы. Насадка не освобождена от работы на изгиб, что в свою очередь влечет за собой неравномерное смятие в месте сопряжения насадки со стойками. На всем пути вертикальное усилие передается через плоскости, сминающиеся поперек волокон, причем не везде обеспечено равномерное распределение усилия, что, при слабой сопротивляемости дерева смятию поперек волокон, приведет к обмятию врубок.

Верхний узел устроен обычного типа с примыканием подкосов к подушке впритык на штырях. В месте сопряжения прогона с

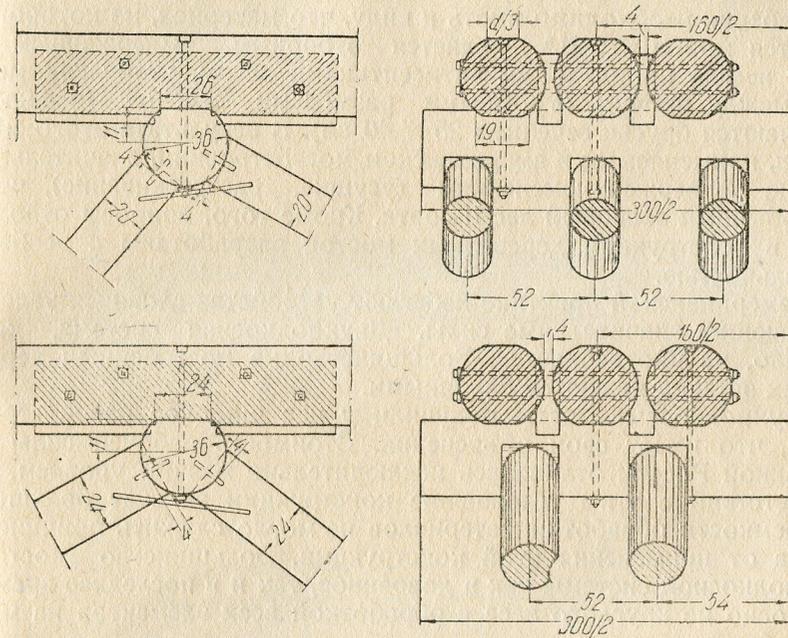


Рис. 23. Верхние узлы.

подушкой (рис. 23) в прогоне устраивается врубка глубиной в 2 см. Над каждой подушкой стыкуется одно из бревен прогона; нестыкуемые бревна прикрепляются к подушке вертикальными болтами. Конструкция стыков — американского типа.

Подкосы из дерева  $d = 20$  и 24 см. Для предохранения длинных подкосов от дрожания они связаны диагональными и поперечными схватками из пластин в одну общую раму по всей ширине моста.

Наиболее удачно в конструкции моста сделана передача горизонтальной силы в нижнем узле через врубки, сминающиеся вдоль волокон. Прием этот не получил законченного решения, так как повлек за собой ряд недостатков. Наиболее крупными недостатками нижнего узла являются: передача вертикальных сил через

ряд элементов, сминающихся поперек волокон, и насадку, подверженную также изгибу, установка вплотную друг к другу 10 горизонтальных бревен, что создает условия для скопления воды между бревнами, и неопределенность работы затяжки в связи с передачей на нее усилий от прокладных бревен.

Допущенный в некоторых узлах изгиб сминающихся элементов, а также недостаточно жесткая связь между пролетным строением и опорами и другие недостатки дают основание предполагать, что постройка этих мостов из обычно применяемого на нашем строительстве соснового леса с влажностью 18—23% вряд ли гарантирует надлежащую жесткость мостов этого типа при эксплуатации. При переносе к нам опыта американского мостостроения необходимо иметь в виду, что материал, из которого строятся мосты в США, является отборным, выдержанным и почти всегда пропитанным антисептиками лесом, отличающимся еще, между прочим, огромными размерами сечения (нередко встречаются брусья сечением  $25 \times 40$  см). В результате этого материал, применяемый в американском мостостроении, значительно меньше подвержен изменениям (усушка, растрескивание), чем наш обычный сосновый лес II сорта. Кроме того, вопросы отвода воды в конструкции деревянных мостов разработаны с особой тщательностью.

В американской практике избегают устройства сложных узлов, передающих значительные силы. Двухподкосная система, как правило, не употребляется. Большинство из построенных деревянных эстакад являются балочными.

Двухподкосные мосты получили у нас широкое распространение, что имеет свои объяснения. Стоимость рабочей силы в довоенной России отличалась исключительно низким уровнем. В соответствии с этим усложнение конструкции за счет большей трудоемкости обработки материалов не могло служить причиной отказа от применения этой конструкции. Большинство мостов двухподкосной системы как в довоенное, так и в последнее время построено из круглого леса с обработкой всех элементов на месте работ.

Типичный пример мостов этого типа приведен на рис. 24а, 24б, 24в. Средние пролеты моста приняты в 7,5 м между осями опор. При сопряжении с насыпью устроен один пролет одноподкосной системы в 5,0 м и два пролета балочной системы в 2,5 м.

Переход от двухподкосной системы к балочной при помощи одноподкосного является более спокойным. Распор от постоянной нагрузки со стороны двухподкосного пролета в некоторой мере уравнивается распором со стороны одноподкосного пролета. При непосредственном переходе от двухподкосной системы к балочной одна из опор постоянно находилась бы под действием неуравновешенного распора. При сопряжении одноподкосного пролета с балочным величина распора будет меньше. Соотношение величин пролетов при сопряжении с насыпью принято с таким расчетом, чтобы пролет прогона сохранялся посто-

янным по всей длине моста (2,5 м). Необходимо отметить не-правильность в разбивке пролетов двухподкосной системы. Про-

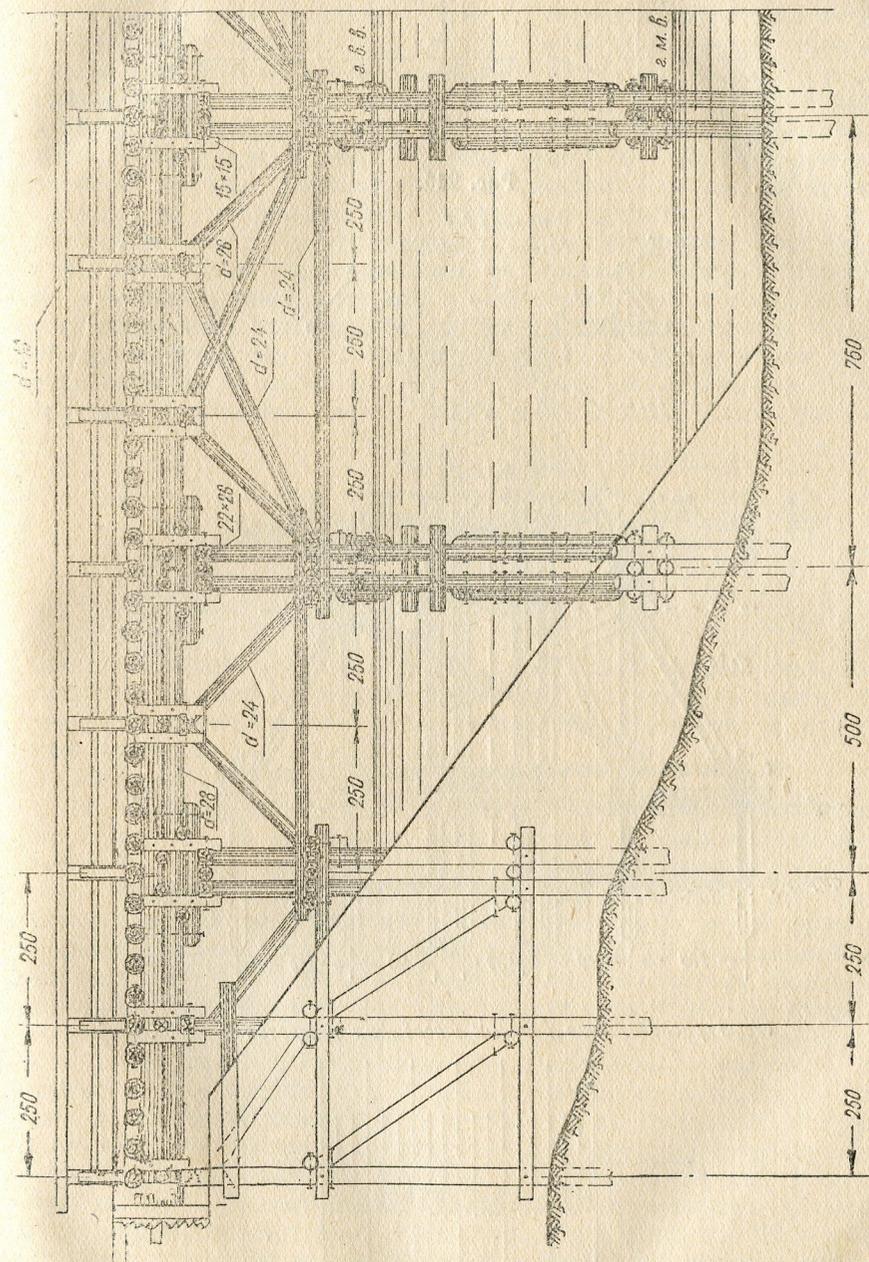


Рис. 24а. Мост из бревен.

лет в 7,5 м принят не между осями крайних рядов свай, а между геометрическими осями опор. Расстояние между осями верхних

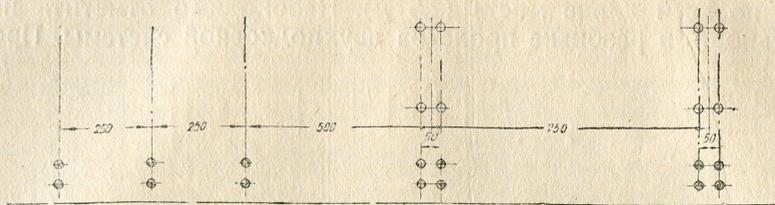


Рис. 24б.

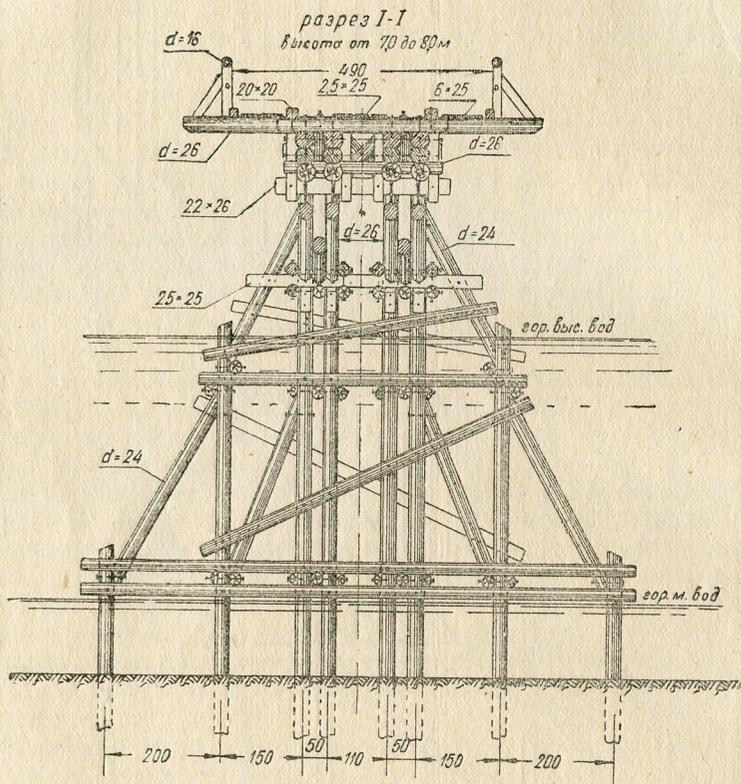


схема расположения длинных и коротких поперечин

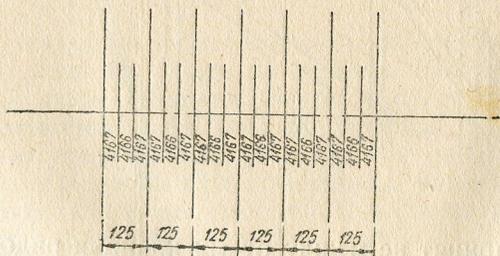


Рис. 24в.

подушек в пролете принято в 2,5 м. Таким образом, пролет прогона на среднем участке равен 2,5 м; на крайних участках 2,5 м равно расстояние от оси подушки до геометрической оси опоры. Фактически точкой опоры для прогонов является не геометрическая ось опоры, а насадка ближайшего ряда свай, т. е. действительным расчетным пролетом на этом участке будет не 2,5 м, а 2,25 м. Следовало принять пролет между осями внутренних рядов свай в 7,5 м, а между осями опор — в 8 м. При принятой разбивке прогон используется полностью только на средних участках, а на крайних имеет ненужные запасы.

Поперечины из круглого леса  $d=26$  см приняты двух типов: короткие в 3,20 м и длинные по 6,5 м. Прогонны из бревен  $d=28$  см по 4 бревна в каждом пакете, уложенных в два яруса. Связь между пролетным строением и опорой осуществляется при помощи обжимок, стянутых с насадками болтами. Стыки прогонов устроены впритык и расположены вразбежку на подбалках. Между ярусами прогонов и между подбалками и прогонами уложены



Рис. 25. Шпонка.

шпонки, идущие во всю ширину моста. Обработка шпонок в местах пересечения с прогонами (рис. 25) произведена таким образом, что шпонки препятствуют как продольной, так и поперечной подвижке бревен прогонов.

Подкосы из бревен  $d=24$  и 26 см.

На половину ширины моста из каждого нижнего узла выходят по 3 бревна: два по одному направлению и одно по другому, с таким расчетом, что если один из длинных подкосов состоит из двух бревен, то пересекающий его двойной подкос состоит из одного бревна, пропускаемого в просвет между двумя бревнами первого подкоса. В соответствии с принятым расположением подкосов к одному из верхних узлов примыкают четыре подкосных бревна, а ко второму — два. При примыкании 4 бревен плоскости их расположения совпадают с плоскостями расположения прогонов, вследствие чего подушка испытывает только смятие. В следующем узле, к которому подходит только пара подкосов, плоскость их расположения находится между бревнами прогонов. При передаче давления от прогонов на подкосы в этом случае неизбежен изгиб подушки. Размеры и очертания верхней подушки определены геометрически из условия примыкания подкосов. Для устройства подушки требуется брус сечением  $30 \times 36$  см. При отсутствии бруса такого сечения подушку приходится делать составной из двух элементов. В нижнем узле подушки из брусьев сечением  $25 \times 25$  см. Вследствие больших напряжений на смятие в месте примыкания подкосов, в качестве материала как для

верхних, так и для нижних подушек принят дуб. Вертикальная составляющая передается от подушек на прирубы и с прирубов на сваи. Распор передается на затяжки. Затяжки смежных пролетов располагаются в разных горизонтальных плоскостях, врубаясь в подушки сверху и снизу.

Промежуточная опора состоит из двух рядов свай. Каждый ряд устроен из 4-х коренных свай, расположенных в плоскости бревен прогонов, и двух пар откосных. Над горизонтом меженних вод устанавливаются поперечные схватки из двух пластин, расположенных с наружной стороны сваи, и одного бревна, пропущенного между рядами свай. Над ними поставлены (вплотную) короткие продольные схватки из пластин и бревен, связывающих оба ряда свай по фасаду. Вплотную к продольным схваткам установлен еще один ряд поперечных схваток из двух пластин и бревна. Принятое количество поперечных схваток является излишним, можно было ограничиться установкой этих схваток только в одном уровне. Диагональные схватки обычного типа. В месте пересечения с первой откосной сваем укосины прерываются. Между первой откосной сваем и коренными сваями в нижнем ярусе установлены дополнительные поперечные подкосы. Диагональные схватки устроены в двух ярусах.

## § 10. ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИЙ И РАСЧЕТ

**Поперечины.** Назначение поперечины состоит в том, чтобы непосредственно воспринять нагрузку от рельсов и передать ее на прогоны. Поперечины устраиваются из брусьев или бревен. В тех случаях, когда поперечины опираются на прогоны в точках под осями рельс, поперечина подвергается только смятию; размеры ее определяются конструктивно и принимаются не менее чем  $18 \times 20$  см. Когда точки опирания поперечины не находятся под осями рельс, сечение поперечины определяется из условия работы ее на изгиб. Наиболее употребительные размеры поперечин из круглого леса  $d=24-26$  см и из брусьев  $18 \times 22-22 \times 24$  см.

Длина поперечин принимается равной расстоянию между осями крайних бревен прогонов с прибавлением свесов не менее, чем по 50 см в каждую сторону. При установке на мосту перил длина поперечин определяется в зависимости от требований габарита и конструкции перил. В этом случае поперечины устраиваются разной длины: часть коротких и часть длинных, с выносами для установки перильных стоек и укладки настила. При принимаемой обычно толщине досок настила 5—6 см пролет доски может быть назначен в 1,2—2,0 м; на таком же расстоянии устанавливаются перильные стойки. В зависимости от перечисленных условий и от длины леса, имеющегося на строительстве, выбирают окончательную схему расположения поперечин (рис. 26). Поперечины соединяются с прогонами болтами и неполной взаимной рубкой (рис. 27), благодаря которой обеспечивается не-

подвижность поперечины в продольном и в поперечном направлении при незначительном ослаблении прогона.

**Настил.** Для представления агентам дороги и путевым рабочим возможности прохода по мосту по поперечинам укладывается досчатый настил. Между рельсами располагается обычно три доски размером  $2,5 \times 25$  см. Толщина доски в 2,5 см оказывается достаточной, в виду частого расположения поперечин. По



Рис. 26. Расположение поперечин.

бокам настил устраивается из досок толщиной в 5—6 см, так как они опираются только на выносы длинных поперечин.

**Перила.** Для безопасности прохода вдоль моста устанавливаются перила. По условиям габарита перила должны быть устроены таким образом, чтобы расстояние между внутренними гранями их было не меньше, чем 4,9 м. Перила состоят из стоек, поручня и заполнения. Наибольшую жесткость имеет конструкция перил, в которых стойки подперты подкосами. Стойка из бруска

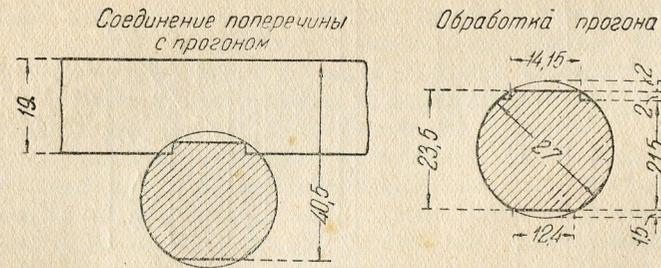


Рис. 27.

сечением  $14 \times 15$  см (рис. 28а) установлена на поперечину при помощи шипа и прикреплена болтом к уложенному вдоль моста бруску. Подкос из бруска  $13 \times 12$  см подпирает стойку, а нижним концом упирается в поперечину. Поручень из бруса  $15 \times 15$  см укладывается на шипы стоек. Конструкция отличается трудоемкостью. Установка подкоса, помимо усложнения работы, вызываемого необходимостью долбления гнезд в местах примыкания подкоса, требует удлинения поперечины.

Более простой оказывается конструкция перил без подкосов (рис. 28б). Перильная стойка из доски сечением  $6 \times 10$  см врезается в поперечину на глубину в 4 см. В самой стойке делается врубка глубиной в 2 см и, таким образом, создается площадка для передачи вертикальных сил. Заполнение состоит из доски

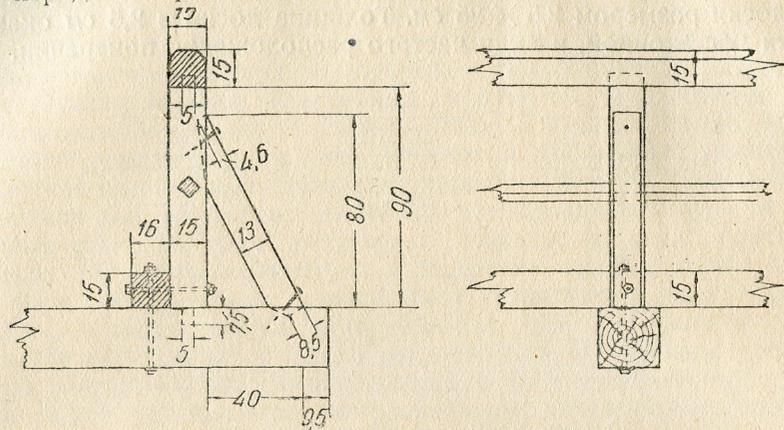


Рис. 28а. Перила.

$10 \times 3$  см, врезанной в перильную стойку. Стыки заполнения устраиваются вполдерева. Поручень сделан из бруска  $6 \times 10$  см, уложенного плашмя на шипы стоек. Стык поручня устраивается на стойке вполдерева, и обхватывается хомутом из железа толщиной в 2 мм. Приведенную конструкцию легких перил можно признать вполне пригодной, так как по железнодорожному мосту

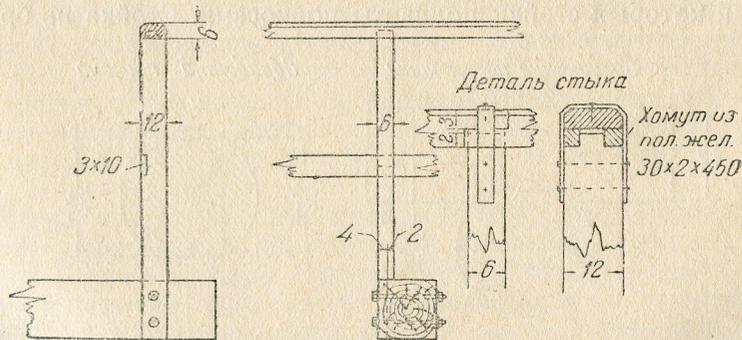


Рис. 28б.

могут проходить только отдельные лица и случаи скопления большого количества людей у перил исключены.

**Охранные приспособления.** При постройке деревянного моста необходимо принять специальные меры по локализации последствий схода. Для этого необходимо, во-первых, предохранить колеса подвижного состава от провала между поперечин, во-вторых, воспрепятствовать значительному отклонению подвижного

состава от оси пути, что может привести к катастрофе подвижной состав и поставить под угрозу прочность и устойчивость моста. С целью предохранения колес подвижного состава от провала «Технические Условия» требуют такого расположения поперечин, чтобы расстояние между гранями в свету не превышало для брусков 20 см, для бревен 18 см. Требования эти в «Технических Условиях» западных стран отсутствуют, и, в частности, в Германии практикуется укладка поперечин с расстоянием 60—70 см между осями.

Для предохранения подвижного состава от значительных отклонений от оси пути с наружной стороны рельс укладываются охранные брусья размером  $18 \times 18$ — $20 \times 20$  см; эти брусья, связанные с поперечинами взаимной врубкой, служат одновременно в качестве противоугольных приспособлений.

**Меры по предохранению от возгорания.** Пожары на мостах в большинстве случаев возникают от искр и кусков раскаленного угля, выпадающих из поддувала паровозов. Наиболее радикальным средством борьбы с возгораемостью является пропитка лесоматериала специальными средствами. При постройке моста из обычного леса прибегают к защите проезжей части на участке между рельсами, являющейся наиболее опасным. К настилу на этом участке прибавляется кровельное железо, и на него укладывается слой гравия или щебня толщиной в 5—6 см.

На случай тушения возникшего пожара на мостах устанавливаются чаны с водой и швабры. Для помещения чанов с водой на консолях поперечин устраиваются специальные площадки (рис. 29) вне пределов габарита.

**Прогоны.** Прогоны являются важнейшими элементами моста, назначение которых заключается в восприятии нагрузки от проезжей части и передаче ее на опоры. Прогоны устраиваются из бревен или брусев. Брусчатые прогоны упрощают врубки, но по стоимости оказываются выше бревенчатых. Кроме того, бревна меньше страдают от атмосферных воздействий нежели брусья. По этим соображениям в большинстве случаев прогоны устраиваются из бревен, обтесанных на 2 канта.

Для перекрытия наиболее употребительных величин пролетов прогоны под один железнодорожный путь состоят из 6—8 и большего количества бревен. Бревна укладываются обычно в два пакета, располагаемые под рельсами. Пакет принято называть прогоном. При 3-х бревнах в пакете они могут быть расположены в одном ярусе (рис. 30а). Бревна не следует укладывать вплотную друг к другу, так как подобная укладка способствует скоплению воды и быстрому развитию гниения. Для стока воды и проветривания необходимо оставлять между бревнами промежутки в 3—4 см. В местах установки горизонтальных болтов между бревнами помещаются шайбы или дубовые прокладки. Одноярусное расположение бревен создает простоту конструкции и легкость сборки, но в то же время имеет недостатки. Трудно достигнуть равномерной передачи нагрузки от поперечины на все бревна прогонов. В приведенном случае

рельс расположен по оси среднего бревна прогона. При наличии одной из осей подвижного состава над поперечиной следует ожидать изгиба поперечины и перегрузки среднего бревна прогона. Кроме того, при 4-х коренных сваях в опоре — расположение их совпадает с осями крайних бревен. Поэтому среднее бревно вызывает изгиб насадки и неравномерное смятие в месте сопряжения насадки со сваями.

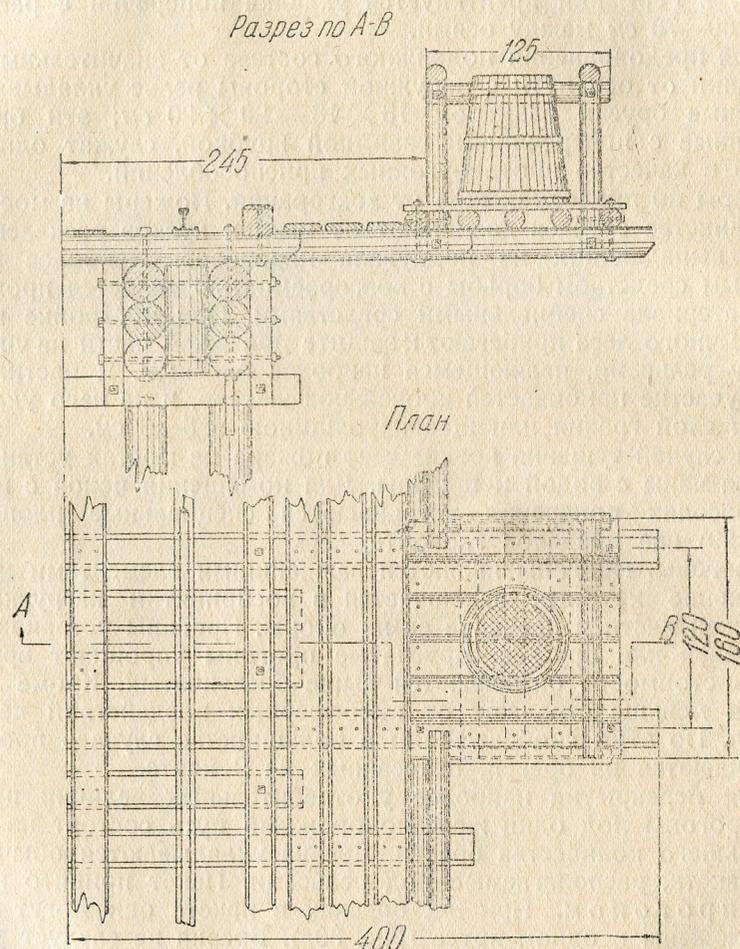


Рис. 29.

Равномерное распределение нагрузки между бревнами прогонов достигается опиранием поперечины на два бревна (на половину ширины моста). Благодаря расположению бревен прогонов над коренными сваями (рис. 30б), насадка освобождается от работы на изгиб. Если для прогона приходится брать 4 бревна и располагать в два яруса, то строительная вы-

сота повышается, число дополнительных конструктивных элементов увеличивается и сборка усложняется. Бревна в прогоне необходимо размещать симметрично относительно оси рельса. Не следует бревна ставить близко друг от друга, так как это создает более жесткую езду и заставляет сближать коренные сваи, что нежелательно как по условиям удобства забивки, так и по условиям поперечной устойчивости. Расстояние между бревнами в пакете назначается таким, чтобы для поперечин можно было принять лес  $d = 24-26$  см. Наиболее распространенными расстояниями между бревнами прогонов при таком способе расположения является 50—110—50 см. При количестве бревен в прогоне более 4-х прогоны могут устраиваться трехъярусными. Устраивать пакет из большого количества бревен (больше 6-ти) не рекомендуется, так как конструкция получается громоздкой и равномерность участия всех бревен в работе прогона делается сомнительной.

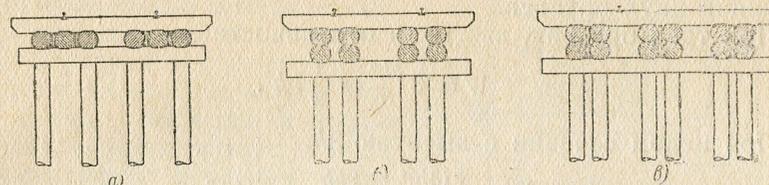


Рис. 30. Расположение прогонов.

Для уменьшения количества бревен в пакете иногда прибегают к устройству в поперечном сечении моста 3-х пакетов (рис. 30в). Пакеты следует размещать таким образом, чтобы нагрузка передавалась от поперечины на все три прогона равномерно. Подобное расположение затруднительно, вследствие неопределенности работы поперечины. Если предположить, что поперечина работает как разрезная над прогонами, необходимое расстояние между осями крайних прогонов:

$$b = 2 \left( \frac{3}{2} \cdot \frac{a}{2} \right) = 1,5a,$$

где  $a$  расстояние между осями рельс. Фактически поперечина над средним прогоном не разрезана. Можно исчислить необходимое расстояние, исходя из неразрезности поперечины, однако, и это предположение не будет соответствовать действительности, так как условия работы поперечины, вследствие упругости опор (изгиб прогонов), отличны от неразрезной балки. Расстановка 3-х прогонов в поперечном сечении моста может быть произведена в том или другом предположении, без уверенности в равномерной работе прогонов.

При укладке бревен прогонов в два или три яруса принято определять момент сопротивления прогона, как сумму моментов сопротивления бревен, из которых состоит прогон; такие прогоны называются сложными. Применяются также многоярусные составные прогоны, в которых момент сопротивления

определяется как для целого сечения; в этом случае значение момента сопротивления возрастает. Например, при прогоне из двух брусев шириною  $b$  и высотой каждого из брусев  $h$ , момент сопротивления каждого бруса

$$W = \frac{bh^2}{6}.$$

При прогоне из двух брусев:

$$W = \frac{2bh^2}{6} = \frac{1}{3} bh^2.$$

Момент сопротивления прогона из двух брусев с общей высотой  $2h$ , исчисленный как для целого сечения:

$$W = \frac{b(2h)^2}{6} = \frac{4bh^2}{6} = \frac{2}{3} bh^2,$$

т. е. теоретически вдвое больше, чем сумма моментов сопротивления двух брусев.

При трех брусках, взятых в отдельности:

$$W = 3 \frac{bh^2}{6} = \frac{1}{2} bh^2.$$

При целом сечении с высотой  $3h$ :

$$W = \frac{b(3h)^2}{6} = \frac{9bh^2}{6} = \frac{3}{2} bh^2.$$

т. е. теоретически момент сопротивления в три раза больше, чем для 3-х брусев, взятых в отдельности.

Значительное увеличение момента сопротивления заставляет искать способы, обеспечивающие работу двухъярусного или трехъярусного прогона как одного целого.

Необходимо при изгибе не допустить скольжения одного элемента по другому; тогда каждый брус будет лишен возможности изгибаться самостоятельно. Простейший способ образования составной балки состоит в том, что брусья или бревна связываются болтами и скобами. Практика показывает, что при частой расстановке болтов и сильном их натяжении работа прогона в первое время близка к составному. В дальнейшем гнезда скоб и болтов обминаются, брусья получают возможность некоторой подвижки, вследствие чего противодействие их изгибу значительно понижается. Подобная конструкция может найти применение при необходимости быстрого осуществления и при недолговременном сроке службы.

Другим приемом является введение между брусками прогона особых дополнительных элементов, так называемых шпонок, назначение которых заключается в том, чтобы препятствовать сдвигу брусев друг по другу.

Шпонки из брусков (рис. 31) входят в соответствующие врубки в соединяемых элементах. При изгибе шпонки воспринимают силы, стремящиеся сдвинуть бревна прогонов друг по другу: в вертикальных площадках врубок происходит смятие,

а по горизонтальной плоскости между прогонами срез шпонок. Смятие направлено поперек волокон шпонок, вследствие чего их применяют обычно из дуба, так как дерево хвойных пород обладает малой сопротивляемостью поперечному смятию. Для плотного касания во врубках обязательно установка вертикальных болтов.

Составные прогоны на шпонках требуют тщательного наблюдения, систематического подтягивания болтов и чувствительны к атмосферным воздействиям. Менее подвержены гниению и не страдают от усушки прогоны на кольцевых шпонках Тухшерера. Шпонки Тухшерера устанавливаются из полосового железа, согнутого в виде кольца, вставляемого между брусками в соответственно выбранные пазы. При изгибе брусев кольцо упирается в стенки желобков и препятствует относительно сдвигу прогонов. Плотность соединения достигается установкой болтов.

Типовые пакеты из брусев на кольцах для пролета 8 м под нагрузку  $H_7$  (рис. 32) состоят из 12 брусев сечением  $24 \times 26$  см. Для перекрытия такого пролета сложными прогонами (без шпонок) потребовалась бы укладка больше 30 брусев того же сечения под каждый рельс, что практически не осуществимо. Брусья, сплоченные между собою на кольцевых шпонках, уложены в 4 яруса. Расстановка колец сделана в соответствии с распределением скальвающих сил, т. е. чаще к опоре и реже в середине пролета. Укладка брусев в поперечном направлении — неудачна, так как, вследствие отсутствия просветов, неизбежно наличие сырости между брусками и их загнивание; следовало дать просвет между рядами в 2—3 см. Все вертикальные болты поставлены гайками книзу, что создает неудобства при необходимости их подтягивания.

Над опорами и в двух промежуточных сечениях установлены связи между прогонами, состоящие из обжимных брусков, гори-

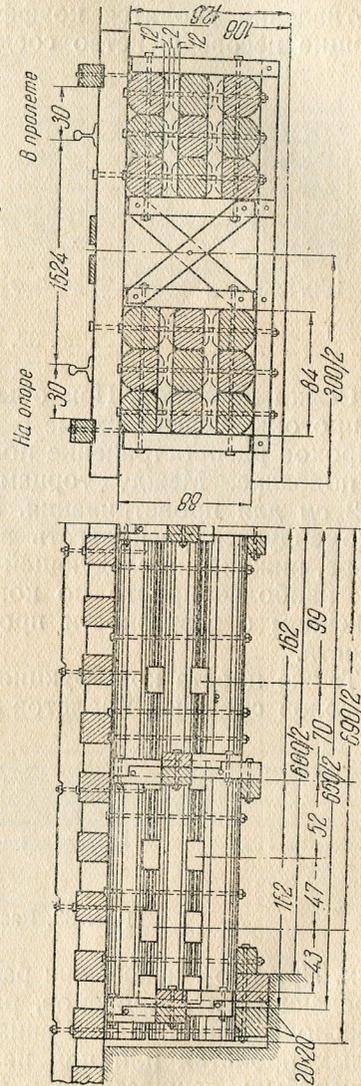


Рис. 31. Пакет на шпонках.





пропуска доски первой диагонали. Концы диагоналей упираются в подушки, прикрепленные к прогонам.

Устройство продольных связей в горизонтальной плоскости сопряжено со сложной работой и большим расходом железа. В мостах малых пролетов балочной и подкосной системы дополнительные напряжения в прогонах от горизонтальных сил малы, почему установка этих связей излишня.

**Расчет прогонов.** Прогонны рассчитываются как балки, разрезанные над опорами. На прогон действуют два вида нагрузок — постоянная от веса настила, рельс и креплений, охранных

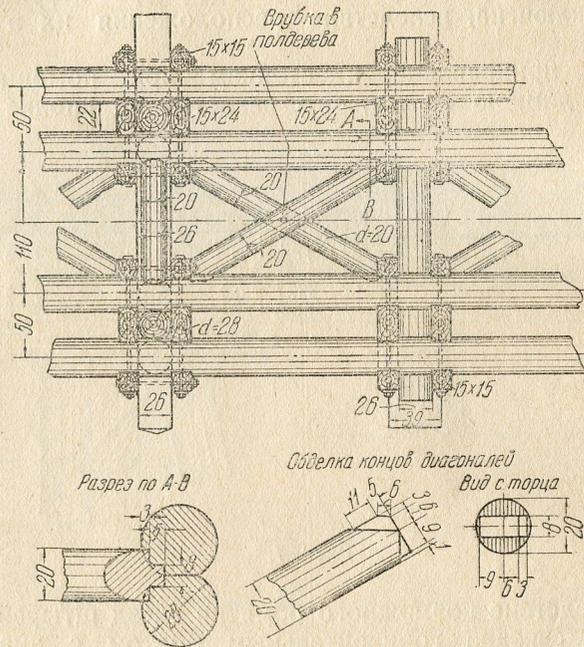


Рис. 38. Горизонтальные связи.

брусев, перил, поперечин и самого прогона и временная в виде сосредоточенных грузов от колес поезда.

Изгибающий момент от постоянной нагрузки определяется по известной формуле:

$$M = \frac{pl^2}{8},$$

где:  $p$  — постоянная нагрузка на пог.  $m$  прогона;  
 $l$  — расчетный пролет прогона.

Изгибающий момент от временной нагрузки определяется для установки сосредоточенных грузов, дающей максимальное значение момента.

При нахождении одного груза на пролете момент имеет наибольшую величину при расположении груза в середине пролета:

$$M = \frac{Pl}{4}.$$

При определенных величинах пролетов наибольшее значение момента достигается при расположении двух грузов на пролете. В этом случае для получения максимального значения момента расстановка грузов должна быть произведена по теореме Винклера таким образом, чтобы середина балки делила пополам расстояние между равнодействующей всех грузов, находящихся на балке, и ближайшим к ней грузом. При двух равных грузах наибольший изгибающий момент при этой установке имеет место под грузом, ближайшим к середине балки (рис. 39). Величина момента определяется по формуле:

$$M = \frac{2P \left( \frac{l}{2} - \frac{d}{4} \right)^2}{l},$$

где:  $P$  — сосредоточенный груз;  
 $l$  — пролет прогона в  $m$ ;  
 $d$  — расстояние между осями грузов в  $m$ .

Практический интерес представляет вопрос о том, при каком пролете максимальное значение момента даст установка одного груза и при какой величине пролета требуется установка двух грузов. Зная, что расстояние между осями грузов для действующей расчетной схемы железнодорожных нагрузок равно 1,6  $m$ , и приравняв выражения для максимальных моментов при установке одного и двух грузов, находим величину пролета, при которой максимальные значения моментов будут равны:

$$\frac{Pl}{4} = \frac{2P \left( \frac{l}{2} - \frac{d}{4} \right)^2}{l}.$$

Подставляя вместо  $d$  величину 1,6  $m$  и решая уравнение, находим, что значения максимальных моментов будут равны при пролете  $l = 2,73 m$ .

При этом

$$\frac{d}{l} = \frac{1,6}{2,73} = 0,585.$$

При двух равных грузах это соотношение является постоянной величиной, следовательно:

при  $\frac{d}{l} \geq 0,585$  для получения наибольшего момента требуется установка одного груза в пролете;

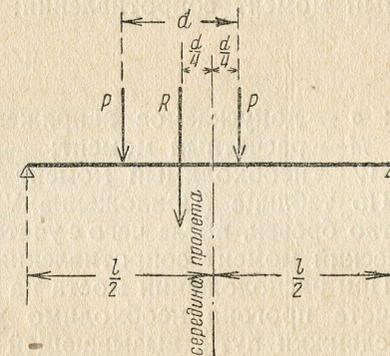


Рис. 39.

при  $\frac{d}{l} \leq 0,585$  значение изгибающего момента будет наибольшим при установке двух грузов в пролете.

При трех равных грузах наибольший изгибающий момент

$$M = P\left(\frac{3}{4}l - d\right).$$

Продельвая то же самое, находим, что при  $d > 0,45l$  наибольший момент дает расположение двух грузов на пролете; при  $d < 0,45l$  для получения наибольшего момента требуется установка в пролете 3-х грузов. Наибольшие изгибающие моменты удобнее определять не от сосредоточенных грузов, а от соответствующей им эквивалентной равномерно распределенной нагрузки.

Определив максимальные значения момента, находим необходимый момент сопротивления:

$$W = \frac{M}{\sigma},$$

где:  $\sigma$  — допускаемое напряжение на сжатие при изгибе;

$M$  — расчетный момент;

$W$  — необходимый момент сопротивления в  $\text{см}^3$ .

По таблице (Приложение V) подбирают необходимое количество бревен, после чего с учетом ослабления определяется фактический момент сопротивления и проверяются напряжения.

При расположении моста на кривой, кроме основных сил, при расчете прогона необходимо учесть дополнительные нагрузки от сдвижки пути, вызывающей перегрузку некоторых прогонов, и от центробежной силы.

**Расчет составных прогонов.** Составные прогоны отличаются от сложных тем, что при конструировании их принимаются специальные меры, обеспечивающие работу двух или трехъярусного прогона, как цельного. В большинстве случаев совместная работа элементов прогона достигается при помощи шпонок. Многочисленные опыты показывают, что сопротивление составного прогона из-за неизбежного обмятия дерева в месте установки шпонок неравномерно цельному сечению.

По «Проекту Технических Условий 1936 г.» при проверке прочности на изгиб составных балок, а также при учете деформаций — моменты инерции и моменты сопротивления сечений, в зависимости от плотности связей и количества рабочих швов, уменьшаются делением на следующие коэффициенты:

а) для балок, скрепленных нагелями или зубчато-кольцевыми шпонками — 1,1  $k$ .

б) для балок, скрепленных призматическими или гладкими кольцевыми шпонками — 1,25  $k$ ,

где:  $k$  равно при одном шве — 1,01, при двух швах — 1,03, при трех швах — 1,05.

Расстояние между шпонками определяется в зависимости от величины сдвигающей силы.

Сдвигающая сила на погонную единицу длины:

$$T = \frac{QS}{I},$$

где:  $Q$  — поперечная сила;

$S$  — статический момент скалываемой части относительно нейтральной оси сечения (brutto);

$I$  — момент инерции всего сечения (brutto).

Сила  $T$  стремится срезать шпонку по горизонтальной плоскости  $I-I$  и смять ее в месте врубки по сечению  $II-II$  (рис. 40).

При ширине бруса  $b$ , заданной глубине врубки  $h$  и допускемом напряжении на смятие  $R_s$  наибольшее расстояние  $C$  между шпонками, исходя из условия смятия:

$$C \geq \frac{bhR_s}{T}.$$

Ширина шпонки  $n$  определится из условия сопротивления ее срезу по плоскости  $I-I$ .

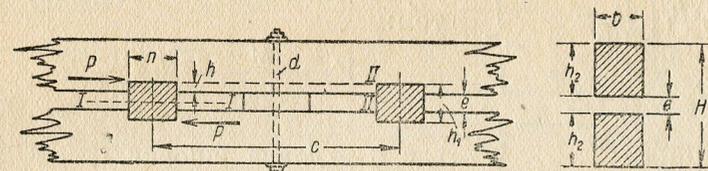


Рис. 40.

Ширина шпонки должна быть задана таким образом, чтобы сопротивление ее срезу полностью воспринимало приходящуюся на шпонку силу:

$$n \cdot l_1 \cdot R_t \geq TC,$$

где:  $l_1$  — длина шпонки;

$R_t$  — допускаемое напряжение на тангенциальное скалывание шпонки;

откуда ширина шпонки:

$$n \geq \frac{TC}{l_1 R_t}.$$

Поперечная сила  $Q$  возрастает у опор, следовательно, расстояние  $C$  между шпонками при одинаковой глубине врубки должно быть тем меньше, чем ближе рассматриваемые сечения к опорам.

Наименьшее расстояние между шпонками определяется из условия скалывания части бруса между врубками.

Сопротивление бруса скалыванию должно полностью воспринимать силу, приходящуюся на шпонку:

$$R_t \cdot b \cdot n_1 \geq TC;$$

откуда расстояние между шпонками в свету:

$$n_1 = \frac{TC}{b R_t}$$

где  $R_t$  — допускаемое напряжение на скалывание балки вдоль волокон.

**Расчет болтов в шпоночных прогонах.** Сила, воспринимаемая шпонкой по условиям смятия (рис. 41):

$$P = bh_1 R_{\sigma}$$

При изгибе на шпонку действуют две горизонтальные силы  $P$ , равные по величине и противоположные по знаку.

Эти силы образуют момент, стремящийся повернуть шпонку:

$$M = P(h - h_1),$$

где:  $h$  — высота шпонки;  
 $h_1$  — глубина врубки шпонки.

Стремление шпонки повернуться уравнивается давлением, возникшим по горизонтальным поверхностям шпонок и распределяемым по закону треугольника.

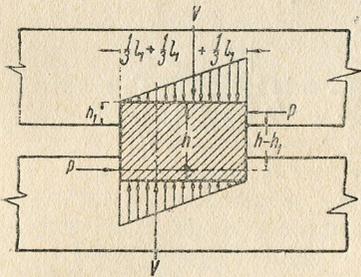


Рис. 41.

Равнодействующая давления, которая должна быть воспринята болтом:

$$V = \frac{M}{\frac{1}{3} l_1} = \frac{3P(h - h_1)}{l_1},$$

где  $l_1$  — длина шпонки.

При сильном натяжении болтов давление распределяется по треугольнику не по всей длине шпонки, а на части ее, вследствие чего расстояние между силами  $V$  увеличивается. При обеспечении постоянного сильного натяжения болтов можно считать, что давление распространяется по закону треугольника на половине длины. В этом случае значение  $V$  будет вдвое меньше:

$$V = \frac{M}{\frac{2}{3} l_1} = \frac{3P(h - h_1)}{2l_1}.$$

Однако, вследствие возможной усушки шпонки и ослабления болта, обычно расчет болта ведется на большую силу.

**Подкосы.** Подкосы устраиваются из бревен  $d = 20$ — $26$  см. Количество и расположение подкосных бревен зависит от величины действующих усилий и способа расположения прогонов и коренных свай. Наиболее удачным является расположение подкосов, совпадающее с плоскостями расположения коренных свай и прогонов (рис. 15), так как при этом избегается работа подушек на изгиб, увеличивается жесткость конструкции и достигается четкость в передаче действующих сил. Иногда для экономии леса при небольших усилиях в подкосах на пару коренных свай устанавливается одно бревно подкоса (рис. 42а). При больших расстояниях между коренными сваями и тяжелых нагрузках или при необходимости уменьшить напряжение на смятие подушек приме-

няется установка двух бревен подкосов на каждую коренную свая (рис. 42б).

В обоих случаях неизбежна работа подушек на изгиб. Во втором случае затрудняется установка затяжек, которые приходится

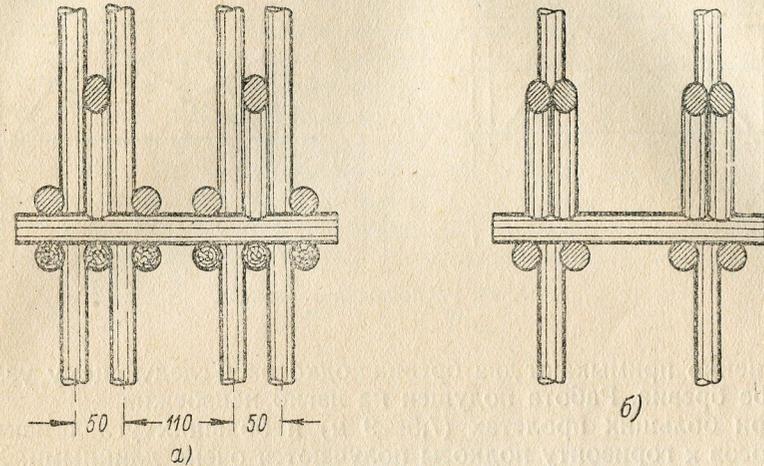


Рис. 42. Расположение подкосов.

располагать под подушками, так как над подушками установке их мешают подкосы.

В двухподкосных мостах обстоятельством, влияющим на количество и расположение подкосов, является устройство пересечения длинных подкосов. При одинаковом количестве и расположении бревен подкосов в обоих узлах в месте пересечения пришлось бы устроить врубку вполдерева; подобная конструкция оказывается неудовлетворительной, так как ослабляет подкосы.

Необходимо применить такое расположение бревен, которое дало бы возможность осуществить пересечение подкосов без врубок. Наиболее употребительным является устройство длинных подкосов из разного количества бревен и расстановка их таким образом, чтобы бревно одного из подкосов в месте пересечения проходило между бревнами встречного подкоса.

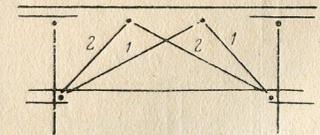


Рис. 43.

В мосту под нормальную железнодорожную колею при 2-х коренных сваях в опоре на половину ширины моста один из длинных подкосов устраивается из двух бревен, а другой — из одного, пропускаемого в промежуток между бревнами первого (рис. 43). Из условия примыкания к подушке и симметрии по отношению к оси прогона короткие подкосы также состоят попеременно из одного и двух бревен. Данная конструкция, позволяющая осуществить пересечение подкосов без врубок, создает благоприятные условия

для размещения подкосов в месте примыкания к подушке. Из нижнего узла выходит по 3 подкосных бревна: 2 по одному направлению, одно по другому. К одному из верхних узлов соот-

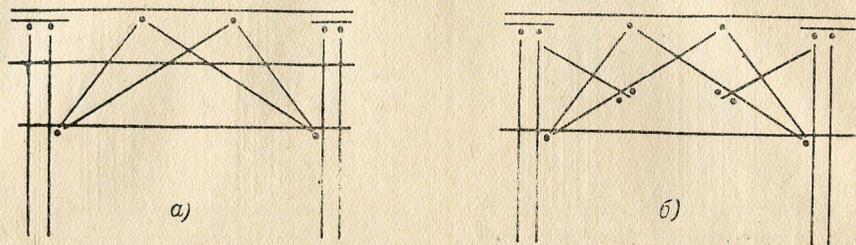


Рис. 44. Расположение схваток.

ветственно примыкают два бревна подкосов, к следующему узлу — четыре бревна. Работа подушек на изгиб неизбежна.

При больших пролетах (7,5—9 м) и больших углах наклона подкосов к горизонту подкосы получаются очень длинными. Хотя сечения подкосов подбираются с учетом продольного изгиба, однако, при проходе поезда происходит дрожание подкосов, вызывающее расстройство врубок и соединений. По этой причине необходимо принимать меры для увеличения жесткости подкосов.

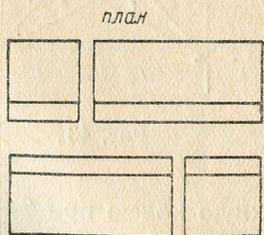
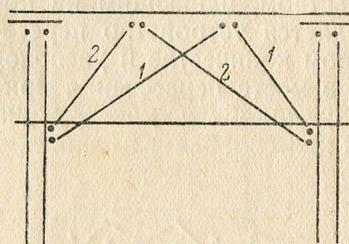


Рис. 45.

Некоторое увеличение жесткости подкосов достигается путем установки болта в месте пересечения длинных подкосов. Установка болта немного увеличивает жесткость подкосов, хотя и не в такой степени, чтобы устранить дрожание. Более действенной мерой является установка горизонтальных продольных схваток (рис. 44а), обжимающих подкосы примерно на середине их длины. С этой целью могут устанавливаться также наклонные подвески (рис. 44 б), поддерживающие подкосы. Подвески нижними концами обжимают подкосы, а верхними прикрепляются к сваям или прогонам. Подвески, как и горизонтальные продольные схватки, препятствуют колебанию подкосов в плоскости фермы. Для удержания подкосов от колебаний из плоскости

ферм устанавливаются поперечные и диагональные схватки в плоскости подкосов. Устройство в плоскости подкосов диагональных схваток, совместно с подвесками, создает достаточную жесткую систему, обеспечивающую подкосы от дрожания.

В целях упрощения работы и сокращения сроков сборки моста, вместо установки каждого подкоса в отдельности, прибегают к сборке на стороне подкосных рам, которые при сборке устанавливаются на место в целом виде. Рама состоит из подкосов, связанных поверху и понизу подушками (рис. 45). Для жесткости рамы могут связываться горизонтальными и диагональными схватками. Количество рам зависит от количества направлений подкосов. В двухподкосном мосту в одном пролете устанавливаются 4 рамы: две короткие и две длинные. При установке рам в верхних и нижних узлах получается по две подушки. В нижнем узле подушки устанавливаются в разных уровнях, а в верхнем узле рядом, вплотную друг к другу.

**Расчет подкосов.** Усилия в подкосах зависят от величин давления, передаваемых от прогонов на верхние узлы. Во многих слу-

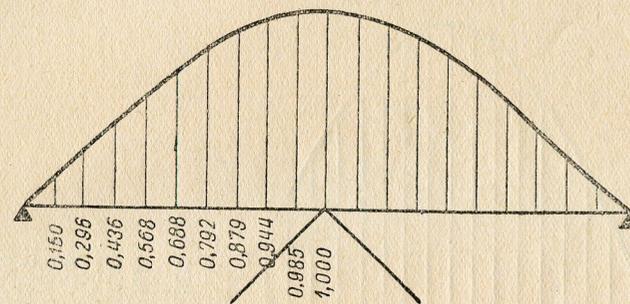


Рис. 46.

чаях прогоны проходят над узлами без стыков; в тех случаях, когда над узлами имеются стыки, конструкция их настолько жестка, что по характеру опирания на узлы прогоны ближе к неразрезным балкам, чем к однопролетным.

Учитывая это обстоятельство, «Проект Технических Условий НКПС 1936 г.» предписывает вести расчет подкосов в предположении неразрезности прогонов.

В одноподкосных мостах давление на узел определяется как для средней опоры неразрезной двухпролетной балки.

Давление на средний узел от постоянной, равномерно распределенной нагрузки:

$$A_p = 1,25 pl,$$

где:  $p$  — нагрузка на 1 пог. м моста;

$l$  — пролет прогона.

Давление от временной нагрузки определяется по линии влияния для двухпролетной неразрезной балки (рис. 46) при установке грузов, дающей наибольшую сумму ординат под грузами:

$$A_R = P(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n),$$

где:  $P$  — давление на ось;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — величины ординат под грузами.

Полное давление на узел:

$$A = A_p + A_k$$

При угле наклона подкоса к горизонту  $\beta$  усилие в каждом бревне подкоса:

$$\text{от постоянной нагрузки } D_p = \frac{A_p}{2n \sin \beta};$$

$$\text{от временной нагрузки } D_k = \frac{A_k}{2n \sin \beta}.$$

Расчетное усилие от суммы нагрузок:

$$D = \frac{A}{2n \sin \beta},$$

где  $n$  — число бревен подкосов одного направления.

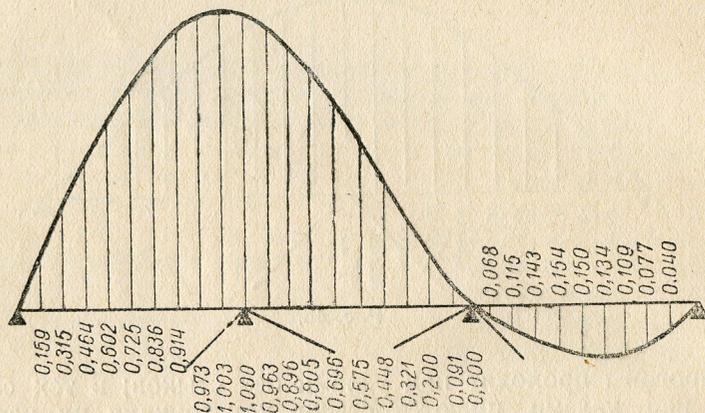


Рис. 47.

В мостах двухподкосной системы давление на средние узлы определяется как для опор неразрезной трехпролетной балки. Линия влияния для давления на узел С трехпролетной балки показана на рис. 47.

Давление на узел С от постоянной нагрузки определяется по формуле:

$$V_p = (\omega_1 - \omega_2) p,$$

где:  $\omega_1$  — площадь положительной части линии влияния;

$\omega_2$  — площадь отрицательной части линии влияния;

$p$  — постоянная нагрузка на 1 пог. м.

Площадь положительной части линии влияния для балки с равными пролетами равна  $1,2 \cdot l_0$ , где  $l_0$  — пролет прогона. Площадь отрицательной части линии влияния равна  $0,1 l_0$ . Таким образом давление от постоянной нагрузки на узел С можно определить по формуле:

$$V = 1,1 l_0 p.$$

Давление от временной нагрузки определяется при невыгоднейшей установке грузов:

$$V_k = P (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n),$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — значения ординат под грузами.

Расчетное давление:

$$V_1 = V_p + V_k.$$

Зная величины давлений  $V_1$  и  $V_2$ , передающиеся от прогонов в узлах С и D, находим усилия в подкосах. Обозначая усилия в подкосах через  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , длины подкосов соответственно  $l_1, l_2, l_3, l_4$ , и высоту фермы через  $h$ , путем преобразования уравнений, составленных из условия равновесия узлов С и D, получаем следующие уравнения для определения усилий в подкосах:

$$S_1 = \frac{2}{3} \frac{l_1}{h} V_1;$$

$$S_2 = \frac{1}{3} \frac{l_2}{h} V_2;$$

$$S_3 = \frac{1}{3} \frac{l_3}{h} V_1;$$

$$S_4 = \frac{2}{3} \frac{l_4}{h} V_2.$$

**Подбор сечения подкосов.** Сечения подкосов подбираются как сечения сжатых стержней с учетом продольного изгиба.

Гибкость подкоса

$$\lambda = \frac{l}{r},$$

где  $r$  — наименьший радиус инерции сечения.

При сечении из круглого леса  $r = \frac{d}{4}$ , при прямоугольном сечении  $r = 0,288 h$ .

В зависимости от значения  $\lambda$  определяется допустимое напряжение для данного подкоса:

$$R_1 = R_\varphi,$$

где:  $R$  — основное допустимое напряжение на сжатие;

$\varphi$  — коэффициент уменьшения при продольном изгибе.

Значения коэффициента  $\varphi$  в зависимости от  $\lambda$  приведены выше (стр. 14).

**Узлы подкосных ферм. Верхний узел.** В верхнем узле подкосы примыкают друг к другу и воспринимают давление от прогонов. Конструкция узла должна обеспечивать передачу давления и равномерное распределение его на примыкающие подкосы, без значительного ослабления сечения прогонов. Наилучшим образом этим условиям удовлетворяет устройство примыкания подкосов к прогонам при помощи подушки. Подушка непосредственно воспринимает давление от прогонов и передает его на подкосы.

Подушка устраивается из бревна или бруса, пропускаемого на всю ширину моста. Размеры подушки определяются из условия примыкания подкосов. В случае, когда для подушки требуется лес очень больших размеров, прибегают к устройству подушки из двух бревен или брусьев (рис. 48). При подушке из двух брусьев они прижимаются снизу доской, через которую пропускается вертикальный болт. В месте сопряжения подушки с прогонами устраивается взаимная врубка, благодаря наличию которой устраняется возможность сдвижки подушки вдоль моста и обеспечивается неподвижность прогонов в направлении поперек моста. Глубина врубок прогона и подушки должна быть подобрана таким образом, чтобы площадь касания способна была передать давление от прогонов на подушки. В месте касания происходит смятие поперек волокон.

Необходимая площадь:

$$F \geq \frac{V}{R_b},$$

где:  $V$  — давление на узел;  
 $R_b$  — допускаемое напряжение на смятие поперек волокон.

Примыкание подкосов к подушке устраивается впритык при помощи шипа, входящего в соответствующее гнездо подушки. В месте примыкания происходит смятие, наиболее опасное для подушки, так как она сминается поперек волокон.

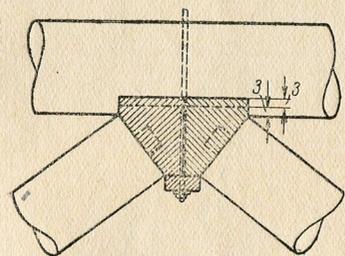


Рис. 48. Верхний узел.

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{D}{\omega - ab},$$

где:  $D$  — усилие в подкосе;  
 $\omega$  — площадь сечения подкоса;  
 $a$  и  $b$  — размеры сторон шипа.

В случаях, когда напряжение получается выше допускаемого, увеличение площади смятия достигается заменой шипа металлическим штырем или увеличением площади сечения подкоса.

В двухподкосных мостах, вследствие значительных усилий в подкосах, напряжение в местах примыкания к подушкам обычно превосходят допускаемые для сосны. В этих случаях прибегают к устройству подушек из дуба.

**Нижний узел.** В месте примыкания подкосов к нижнему узлу происходит разложение усилий, передающихся с подкосов на вертикальные и горизонтальные составляющие. Конструкция узла должна обеспечить передачу вертикальных сил на сваи, а горизонтальных сил на затяжки.

При небольших значениях вертикальных сил передача их может быть произведена частично через непосредственную врубку подкоса в сваю, а в остальной части через поперечную схватку,

врубленную в сваю в лапу (рис. 49). При нормальной железнодорожной нагрузке такая конструкция требует глубоких врубок. Поперечная схватка под влиянием вертикальной силы стремится повернуться вокруг вертикальной оси и расстраивает соединение. Значительно жестче конструкция, в которой передача вертикальной силы происходит через специальные коротыши-прирубы (рис. 50). Прирубы врубаются в сваи зубьями, число которых определяется в зависимости от величины усилия и глубины врубок. На прирубы укладывается подушка, к которой примыкают подкосы; непосредственная врубка подкоса в сваю не устраивается. Следует избегать врубки подушек в сваю, так как при этом вертикальная сила будет передаваться частично через врубки, сминающиеся поперек волокон (врубка подушки в сваю),

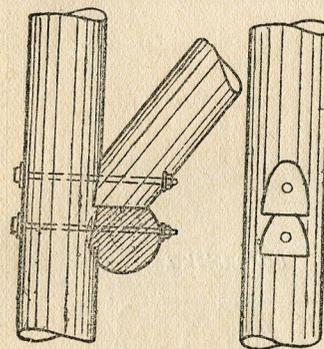


Рис. 49. Нижний узел.

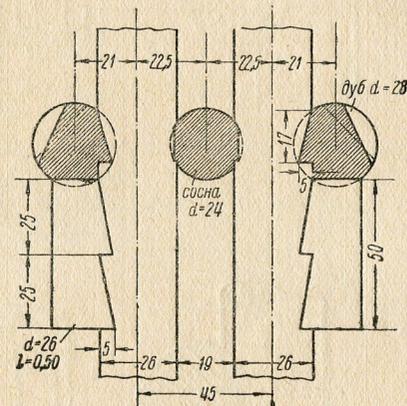


Рис. 50.

частично через врубки, сминающиеся вдоль волокон, что не рекомендуется. Лучше передавать всю силу через прирубы. Подкосы примыкают к подушке впритык на шипах или штырях. Устройство шипов не рекомендуется, так как влечет за собой необходимость долбления гнезда, а при попадании в гнездо воды способствует гниению.

Передача распора на затяжки осуществляется через врубки затяжек в сваи и подушки. Врубка в сваю устраивается парным или односторонним шипом (рис. 51). Передача распора через врубки свай возможна при малых его величинах. При значительных величинах распора передача его на затяжки производится через врубки в подушки.

Количество затяжек и размещение их принимается в зависимости от количества и расположения подкосов. При редко расположенных коренных сваях бревна затяжки могут располагаться по бокам свай, т. е. на каждую коренную сваю два бревна (рис. 52а); количество бревен в затяжке ограничивается наличием места для их установки. При наиболее распространенном способе расстановки коренных свай (рис. 52б) затяжки могут располагаться с наружных сторон свай и в промежутках между сваями.

На всю ширину моста в одном ярусе может быть установлено 6 бревен затяжек. Установка бревен между парой свай затруднительна; во всех случаях, когда это окажется возможным, следует отказываться от этих бревен, ограничиваясь двумя бревнами на половину ширины моста. Для установки общего горизонтального болта между сваями располагается прокладка.

Затяжки смежных пролетов как правило располагаются на разных уровнях. Наиболее компактным получается узел при рас-

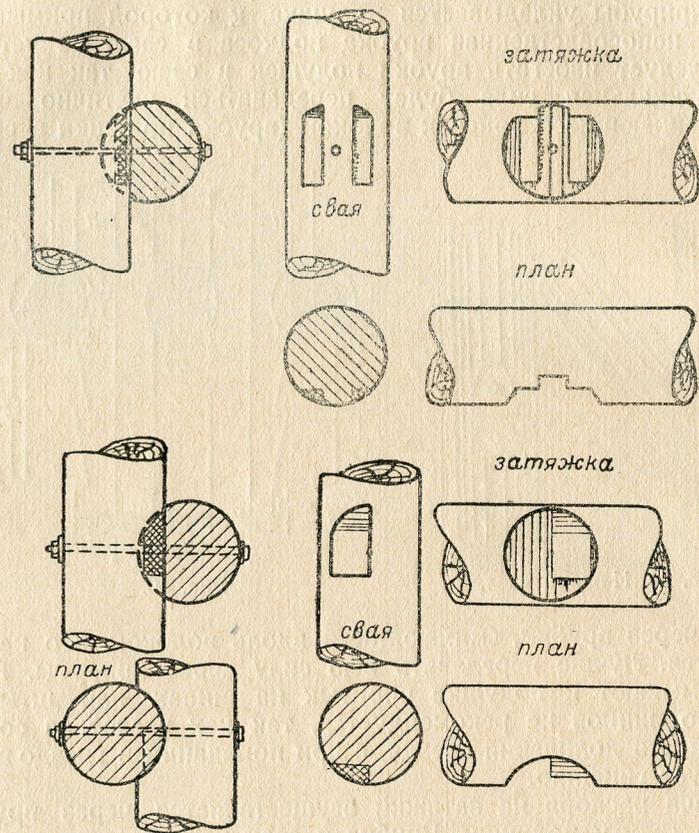


Рис. 51. Врубка затяжек в свая.

положении затяжек одного пролета над подушками, а смежного под ними; затяжки обоих пролетов врубаются в одни и те же подушки (рис. 24). При этой конструкции трудно обеспечить плотное примыкание во врубках затяжек нижнего яруса. Под влиянием собственного веса затяжек и поперечной усушки дерева натяжение вертикальных болтов, поддерживающих затяжки, ослабевает, и плотность врубок нарушается. Для обеспечения плотности примыкания во врубках необходимо систематическое наблюдение и подтягивание болтов. Кроме того, необходимо учесть, что в случаях, когда количество подкосов и

расположение их не соответствует количеству коренных свай, затяжки верхнего яруса могут устанавливаться только в местах свободных от подкосов. Например, в обычном случае двухподкосного моста (рис. 24) при 3-х подкосах на пару коренных свай бревна затяжки верхнего яруса могут располагаться только с на-

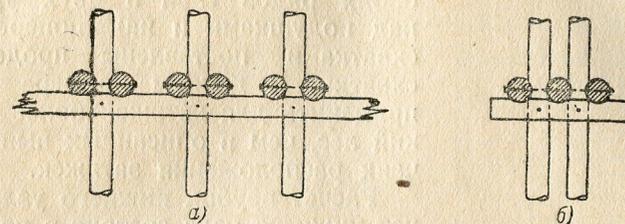


Рис. 52. Расположение затяжек.

ружных сторон свай, в промежуток между сваями затяжку установить нельзя, так как ей мешает подкос.

Оба яруса затяжек могут быть установлены над подушками (рис. 53). Опасность провисания затяжек нижнего яруса избегается, но для передачи распора на верхний ярус затяжек тре-

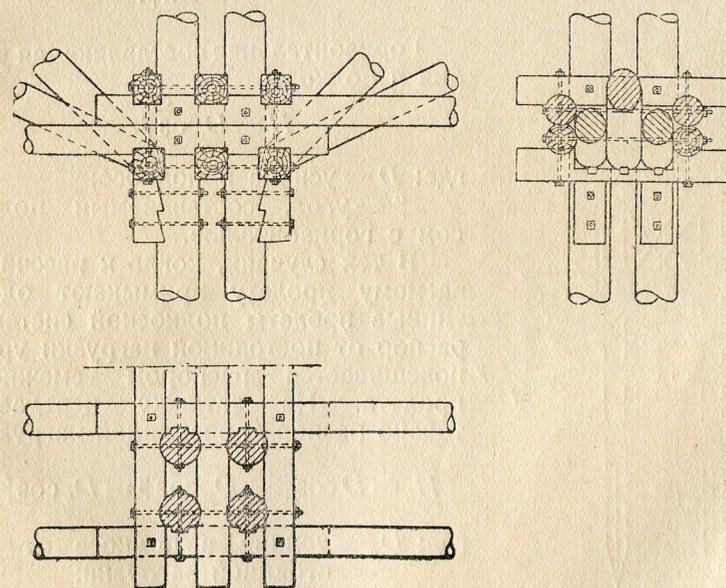


Рис. 53. Нижний узел.

буется установить, кроме подушек, дополнительный ряд поперечных схваток. Передача распора на сваи происходит на уровне оси подушек и, следовательно, при передаче его на затяжки верхнего яруса возникает момент, что влечет неравномерное смятие врубок.

При двухрядных опорах возможно расположение затяжек всех пролетов на одном уровне. Стык затяжек устраивается между рядами свай (рис. 54). Для создания широкого фронта врубок, кроме подушек, устанавливаются поперечные схватки. Бревна затяжек врубаются как в подушки, так и в схватки. Для связи

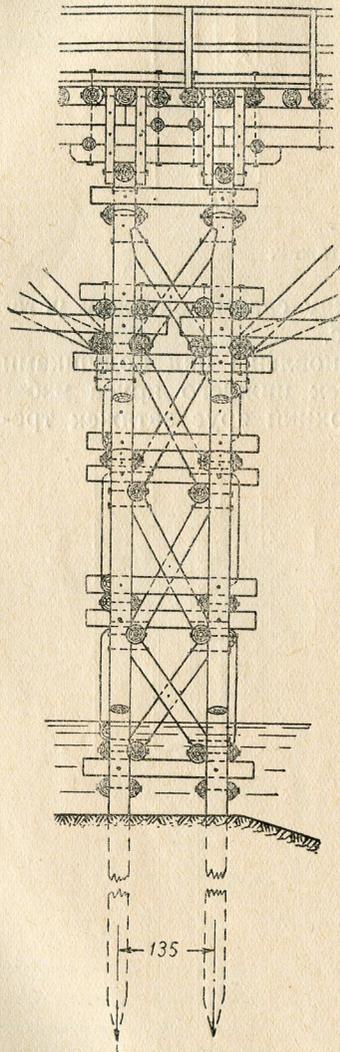


Рис. 54.

В двухподкосной системе значение вертикальных составляющих усилий в подкосах может быть принято равным вертикальному давлению в верхнем узле  $V$ ; при этом предполагается, что наибольшее давление может иметь максимальные значения в узлах  $C$  и  $D$  одновременно. В том же предположении распор

обоих рядов свай в двух уровнях над подушками и над поперечными схватками поставлены продольные схватки. В данном примере можно применить для затяжек более короткий лес, чем в описанных выше случаях расположения затяжек.

**Расчет врубок нижнего узла.** Расчет нижнего узла состоит в проверке напряжений во всех врубках, передающих вертикальные составляющие усилия на сваи и горизонтальные составляющие на затяжки.

В одноподкосных мостах вертикальная составляющая усилия в подкосе;

$$V = D \sin \beta.$$

Горизонтальная составляющая усилия в подкосе:

$$H = D \cos \beta,$$

где:  $D$  — усилие в подкосе;

$\beta$  — угол, составляемый подкосом с горизонталью.

В тех случаях, когда к рассчитываемому пролету примыкают однотипные пролеты подкосной системы, распор от постоянной нагрузки уравновешивается распором смежного пролета. На затяжку передается только распор от временной нагрузки:

$$H_k = D \cos \beta - D_p \cos \beta = D_k \cos \beta,$$

где:  $D_p$  — усилие в подкосе от постоянной нагрузки;

$D_k$  — усилие в подкосе от временной нагрузки.

может быть определен как сумма горизонтальных составляющих максимальных усилий в подкосах:

$$H = S_1 \cos \beta + S_2 \cos \beta.$$

Так как максимальные усилия в длинном и коротком подкосах одновременно почти никогда не бывают, определенный таким способом распор будет несколько больше фактического.

Точное определение величины распора может быть произведено по формуле:

$$H = \frac{2}{3} \frac{l_0}{h} (V_1 + V_2).$$

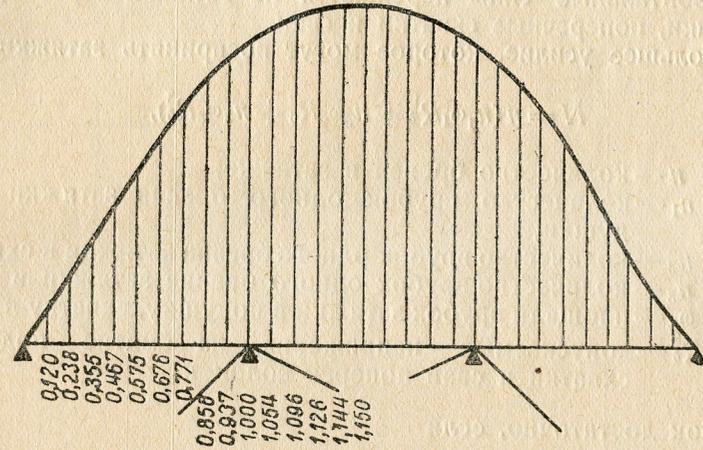


Рис. 55.

Линия влияния для  $V_1 + V_2$  приведена на рис. 55. Устанавливая нагрузку в положение, дающее наибольшую сумму ординат, находим значение  $V_1 + V_2$ :

$$V_1 + V_2 = P (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n),$$

где:  $P$  — давление оси паровоза;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — значение ординат под грузами.

Определив максимальное значение  $V_1 + V_2$ , находим величину распора.

Имея значения вертикальных сил и распоров, проверяют достаточность врубок, передающих усилия.

При конструкции, показанной на рис. 53, вертикальная составляющая передается на сваю через врубки подушек и прирубов в сваи.

Усилие, которое могут передать все врубки на сваи:

$$N = n \cdot \omega \cdot R_0 + n_1 \cdot \omega_1 \cdot R_0^1,$$

где:  $n$  — количество врубок подушки в сваи (на половину ширины моста или на всю ширину в зависимости от порядка расчета);

$n_1$  — количество врубок прирубов в сваи;

$\omega$  — площадь врубки подушки в сваю;

$\omega_1$  — площадь врубки прируба в сваю;

$R_0^1$  — допустимое напряжение на смятие подушки поперек волокон;

$R_0^1$  — допустимое напряжение на смятие торца торцом.

Врубок достаточно, если

$$N \geq V.$$

Горизонтальные силы передаются на затяжки через врубки в подушки, поперечные схватки и сваи.

Наибольшее усилие, которое могут воспринять затяжки:

$$N = n(n_1\omega_1R_0^1 + n_2\omega_2R_0^2 + n_3\omega_3R_0^3),$$

где:

$n$  — количество бревен в затяжке;

$n_1$  — количество врубок одного бревна затяжки в подушки;

$n_2$  — количество врубок одного бревна затяжки в схватки;

$n_3$  — количество врубок одного бревна затяжки в сваи;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  — площади врубок затяжки в подушку, схватку и сваю,

$R_0^1, R_0^2, R_0^3$  — допустимые напряжения на смятие подушки, схватки и сваи поперек волокон.

Врубок достаточно, если

$$N \geq H.$$

Во всех случаях, когда это возможно, следует избегать устройства врубок затяжек в сваи.

Сечение затяжки должно быть проверено на растяжение. В длинных затяжках следует учитывать дополнительные напряжения на изгиб от собственного веса.

**Опоры.** Расстановку коренных свай в поперечном направлении наиболее целесообразно производить в плоскости прогонов, с тем чтобы избежать работы насадки на изгиб. Однако, такое расположение не всегда возможно. При одноярусном расположении прогонов расстановка их в поперечном направлении довольно тесна. Число бревен прогонов получается больше, нежели необходимое количество коренных свай. В этом случае расстановка коренных свай производится по конструктивным соображениям, с учетом создания наибольших удобств для размещения затяжек подкосов и т. п.

Расстановка подкосных свай определяется из условий поперечной устойчивости. Для достижения требуемого техническими условиями коэффициента устойчивости 1,3, можно принять расстояние между осями крайних откосных свай в 0,75—0,9  $H$ ,

где  $H$  — высота опоры от земли до головки рельса; необходимо, чтобы угол наклона укосин к свае находился в пределах 30—45°. Забивка откосных свай производится на глубину 3 м.

Укосины устраиваются из бревен  $d = 20—26$  см. Сопряжения укосин со сваями при небольших усилиях осуществляется врубкой одиночным зубом (рис. 56 а), при значительных усилиях — двойным зубом (рис. 56 б). Для удержания укосины от бокового сдвига врубки зубом иногда устраиваются с шипом (рис. 56 в). Устройства шипа следует избегать, так как оно усложняет работу. Для обеспечения неподвижности укосины можно связать ее болтом с поперечной или диагональной схваткой. В месте

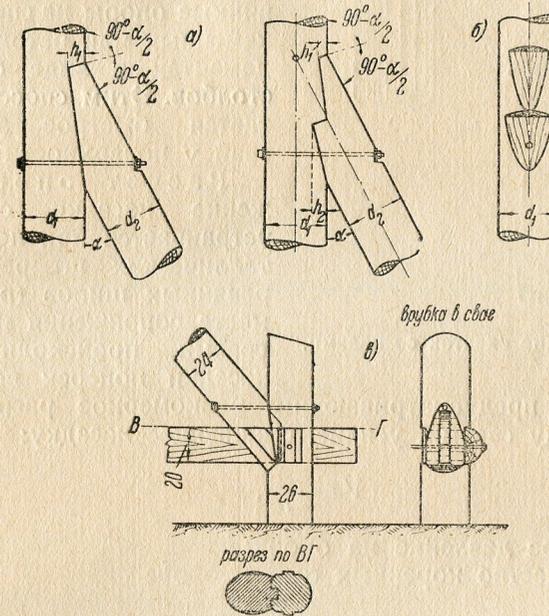


Рис. 56. Сопряжение укосин со сваями.

упора нижнего конца укосины в откосную сваю усилие разлагается на вертикальную составляющую, передающуюся по свае в землю, и горизонтальную силу, которая стремится изгибать откосную сваю. Для удержания откосной сваи обязательна установка горизонтальных поперечных схваток. Горизонтальные схватки устраиваются парными из пластин, обжимающих весь ряд свай. Схватки сопрягаются со сваями парным прямоугольным шипом (рис. 57).

Поперечная устойчивость моста может быть обеспечена без откосных свай, путем наклонной забивки крайних коренных свай (рис. 12).

Наклонная забивка свай производится особыми копрами.

При грунтах, не допускающих забивку свай, опоры устраиваются на лежнях (рис. 58). Лежни делаются из бревен, отесан-

ных на один или два канта. Под лежни укладываются коротыши, число которых определяется допусаемым напряжением на грунт. При грунтах, подверженных при промерзании выпучиванию, лежни следует закладывать на глубину ниже промерзания. Котлован, в котором расположены лежни, следует засыпать камнем или гравием.

При грунтах, допускающих неглубокое заложение фундаментов, особенно для путепроводов и эстакад, целесообразно устраивать деревянные опоры на специальных каменных или бетонных фундаментах в виде отдельных столбов. Этим способом избегается быстрое загнивание свай у поверхности земли.

Расчет опор. Сопряжение насадки со сваями устраивается при помощи металлических штырей или деревянных шипов (рис. 59). В месте сопряжения насадки со сваями происходит смятие насадки поперек волокон. В конструкциях, предусматривающих равномерное распределение давления между сваями, усилие, сминающее насадку:

$$V = \frac{A}{n},$$

где:  $A$  — полное давление на опору;  
 $n$  — количество корневых свай в опоре.

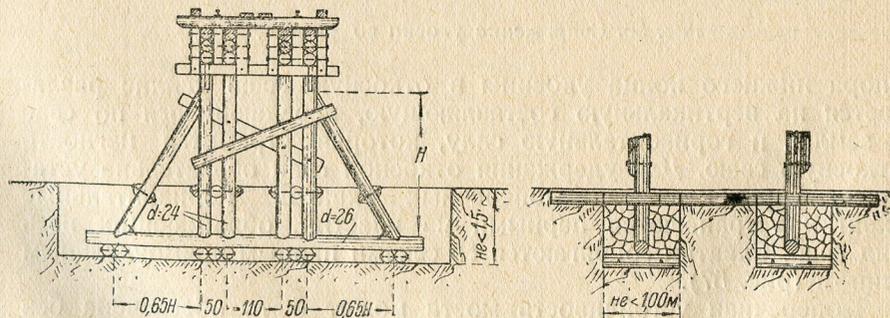


Рис. 58. Основания на лежнях.

Величина  $A$  начисляется в предположении разрезности прогонов над опорами.

Напряжение на смятие насадки:

$$\sigma = \frac{V}{\omega - ab},$$

где:  $\omega$  — площадь касания насадки со сваяй;  
 $a$  и  $b$  — стороны шипа.

В мостах балочной системы на ту же нагрузку производится проверка свай.

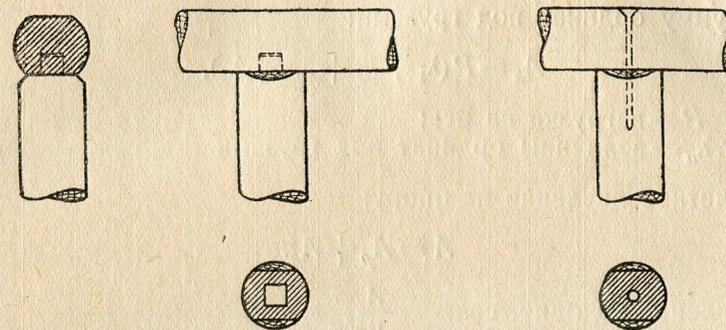


Рис. 59. Сопряжение насадки со сваями.

В мостах подкосной системы вертикальная нагрузка передается на сваи как через насадку, так и через нижний подкосный узел. Общее вертикальное давление на опору исчисляется в предположении разрезности прогонов над опорами. Давление на опору от постоянной нагрузки:

$$A_p = p\omega,$$

где:  $p$  — постоянная равномерно распределенная нагрузка на 1 пог. м моста;  
 $\omega$  — площадь линии влияния.

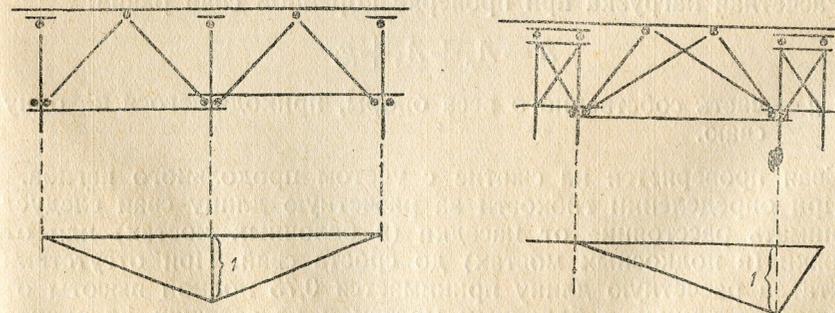


Рис. 60.

Линия влияния давления на опору имеет вид треугольника (рис. 60) с наибольшей ординатой, равной единице.

Площадь линии влияния:

$$\omega = 2l \cdot \frac{1}{2} = l.$$

Следовательно, давление на опору от постоянной нагрузки:

$$A_p = pl.$$

Давление на опору от временной нагрузки исчисляется для случая установки грузов над линией влияния, дающего наибольшую сумму ординат под грузами:

$$A_k = P(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n),$$

где:  $P$  — нагрузка на ось;  
 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — величины ординат под грузами.

Расчетное давление на опору:

$$A = A_p + A_k.$$

$$\text{Давление на одну сваю} = \frac{A}{n},$$

где:  $n$  — количество коренных свай.

При сдвоенной опоре линия влияния на один из рядов свай имеет вид двух треугольников. Давление на один ряд свай определяется таким же образом путем установки грузов по линии влияния.

Давление на один ряд свай от постоянной нагрузки:

$$A_p = p \frac{(l_1 + l_2)}{2},$$

где:  $p$  — постоянная нагрузка на 1 пог. м моста;  
 $l_1$  — расчетный пролет двухподкосной системы;  
 $l_2$  — расстояние между рядами свай опоры.

Расчетная нагрузка при проверке коренной сваи равна:

$$A = A_p + A_k + g,$$

где:  $g$  — часть собственного веса опоры, приходящегося на одну сваю.

Свая проверяется на сжатие с учетом продольного изгиба.

При определении гибкости за расчетную длину сваи следует принимать расстояние от насадки (в балочных мостах) или от затяжки (в подкосных мостах) до сраста свай. При отсутствии сраста за расчетную длину принимается 0,75 полной высоты от насадки до грунта в балочных мостах и от затяжки до грунта в подкосных мостах. При двухрядных опорах с широкой расстановкой рядов, с устройством связей между ними в виде вертикальной фермы, свободная длина стоек определяется конструкцией опоры.

Гибкость сваи

$$\lambda = \frac{l}{r},$$

где:  $l$  — расчетная длина сваи;  
 $r$  — радиус инерции поперечного сечения сваи.

В зависимости от величины  $\lambda$ , определяется допускаемое напряжение на сваю:

$$R_1 = R\varphi,$$

где:  $R$  — основное допускаемое напряжение на сжатие;  
 $\varphi$  — коэффициент, зависящий от значения  $\frac{l}{r}$  (см. табл. на стр. 14).

Действительное напряжение:

$$\sigma = \frac{A}{n\omega},$$

где:  $n$  — количество коренных свай в ряду;  
 $\omega$  — площадь сечения сваи.

Проверка опоры на опрокидывание. Под действием ветра, направленного поперек моста, опора (рис. 61) стремится опрокинуться при вращении вокруг точки А. Проверка опоры на опрокидывание производится, как системы свободно опертой в точках А и В, без учета сопротивления свай выдергиванию. Устойчивость опоры на опрокидывание проверяется в двух случаях: при наличии поезда на мосту и при отсутствии его. Давление ветра принимается интенсивностью в  $125 \text{ кг/м}^2$  при наличии вертикальной подвижной нагрузки на мосту и  $225 \text{ кг/м}^2$  в отсутствие ее.

Боковая поверхность подвижного состава для мостов нормальной колеи с ездой поверху принимается в виде сплошной полосы высотой 3,0 м.

Давление ветра на опору исчисляется отдельно для подвижного состава, проезжей части, ферм и опор.

Давление ветра на подвижной состав

$$w_1 = 125 \cdot 3l,$$

где:  $125 \text{ кг/м}^2$  — интенсивность давления ветра;  
 $3 \text{ м}$  — условная высота подвижной нагрузки;  
 $l$  — сумма двух полупролетов справа и слева от опоры.

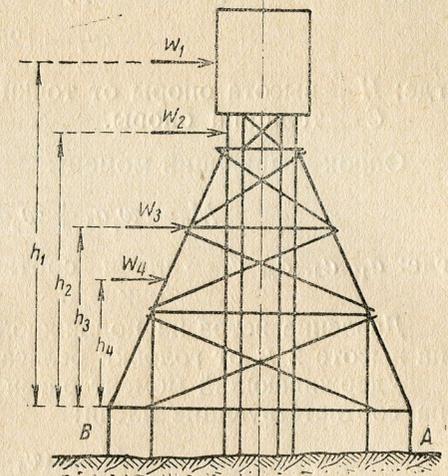


Рис. 61. Схема опоры.

Давление ветра на проезжую часть:

$$w_2 = 125h_1l,$$

где:  $h_1$  — высота проезжей части от головки рельса до низа прогонов.

Давление ветра на подкосные фермы:

$$w_3 = 125 \cdot 0,4h_2l,$$

где:  $h_2$  — высота подкосных ферм от низа прогона до низа затяжки;  
0,4 — коэффициент сплошности при учете давления ветра на подкосные фермы.

Давление ветра на опору:

$$w_4 = 125 \cdot H \cdot C,$$

где:  $H$  — высота опоры от точки  $A$  до верха насадки;  
 $C$  — толщина опоры.

Опрокидывающий момент:

$$M_0 = w_1a_1 + w_2a_2 + w_3a_3 + w_4a_4,$$

где:  $a_1, a_2, a_3, a_4$  — плечи соответствующих сил относительно точки  $A$ .

Давление ветра на подвижной состав считается приложенным на высоте 2 м от головки рельса.

Удерживающий момент равен произведению вертикальных сил на соответствующие плечи:

$$M_y = (v_1 + v_2) \frac{b}{2},$$

где:  $v_1$  — вес порожних вагонов, принимаемый 1000 кг на пог. м моста;

$v_2$  — собственный вес пролетного строения и опоры;

$\frac{b}{2}$  — плечо вертикальных сил, равное половине расстояния между откосными сваями (расстояние от точки  $A$  до середины опоры).

Отношение момента удерживающего к моменту опрокидывающему называется коэффициентом устойчивости и должно быть по «ТУ» не менее 1,3.

Откуда можно определить наименьшее расстояние между откосными сваями:

$$b \geq \frac{2,6 M_0}{v_1 + v_2}.$$

Для случая отсутствия поезда на мосту ход проверки остается прежним, но при определении опрокидывающего момента сила

ветра принимается 225 кг/м<sup>2</sup>, а при определении удерживающего момента отбрасывается момент от веса порожних вагонов.

**Расчет укосины.** Для определения усилия в укосине представим себе, что у нижнего конца укосины приложены по 2 противоположных силы, равных  $w_1, w_2, w_3, w_4$ .

Тогда действие всех сил на верхний конец укосины сведется к паре, соответствующей опрокидывающему моменту  $M_0$ .

Равнодействующая горизонтальных сил, приложенная к верху опоры (у верхнего конца укосины):

$$w = \frac{M_0}{H};$$

где  $H$  — высота опоры от нижнего до верхнего конца укосины (по схеме).

Усилие в укосине определяется в предположении, что она воспринимает составляющую горизонтальной силы, т. е. оно равно:

$$S = \frac{w}{\sin \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол, составленный направлением укосины с вертикалью.

Сечение укосины проверяется на сжатие с учетом продольного изгиба.

Напряжение

$$\sigma = \frac{S}{\omega} \leq R\varphi,$$

где обозначения известны из предыдущего.

Напряжение во врубке укосины в сваю

$$\sigma = \frac{S}{\omega},$$

где  $\omega$  — площадь врубок укосины в сваю, направленная перпендикулярно укосине.

**Наращивание свай.** При высоте моста 4 м и глубине забивки свай в 4 м для свай потребуются бревна длиной 8 м; при большей глубине забивки или более высоком мосте для свай требуется лес большей длины. В случае отсутствия леса необходимой длины прибегают к устройству свай из двух элементов со стыком.

Наиболее распространенным способом наращивания свай является устройство врубки в полдерева (рис. 62), стянутой двумя или тремя хомутами из полосового железа шириною 50—80 мм и толщиной в 12 мм. Хомут состоит из двух полос железа, согнутых по полуокружности, с закраинами для установки болтов. Для плотного примыкания свай в месте примыкания торцов необходимо делать пропилены.

Длина врубки принимается 75—100 см. Расстояние от края врубки до хомута 10—15 см. Для придания жесткости стыку его обжимают одной или двумя парами схваток.

Схватки могут быть из пластин или бревен и врубаются в



Для первого варианта предполагаем применение моста двухподкосной системы. При пролетах по 6 м можно ожидать, что в воду попадут 4 опоры; следовательно, при сдвоенных опорах следует учесть стеснение отверстия восемью сваями.

Потребное расстояние между осями крайних свай

$$L = 16 + 8 \times 0,26 + 6 \times 2 + 2(8 - 6) \cdot 1,25 + 0,5 \times 2 = 36,08 \text{ м.}$$

Разбивка моста на пролеты показана на рис. 64а. Средние пролеты двухподкосной системы по 6,0 м; береговая опора образована одним пролетом одноподкосной системы в 4,0 м и двумя пролетами балочной системы по 2,0 м. Промежуточные опоры —

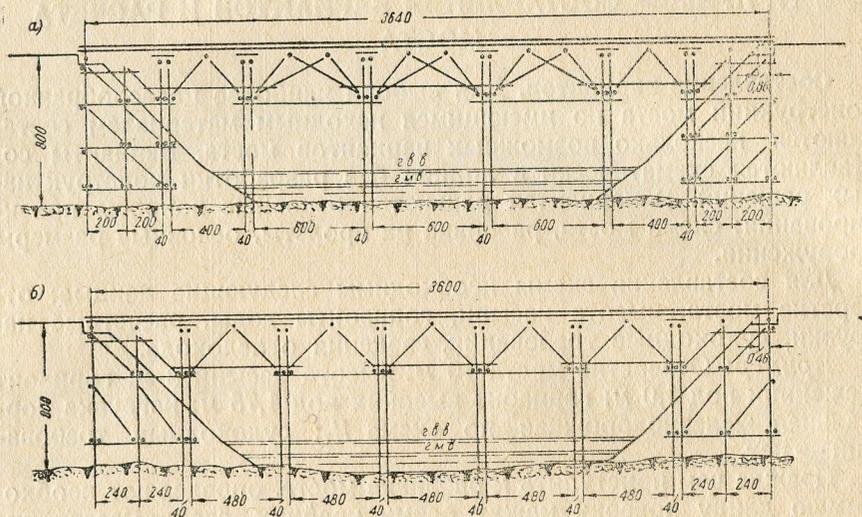


Рис. 64. Варианты.

сдвоенные с расстоянием 0,40 м между рядами свай, равным принятому расстоянию между осями поперечин.

Расстояние между осями крайних свай

$$6 \times 3 + 4 \times 2 + 2 \times 4 + 0,4 \times 6 = 36,4 \text{ м,}$$

несколько больше требуемого  $36,4 - 36,08 = 0,32 \text{ м}$ ; за счет этого излишка несколько увеличиваем заход крайних свай в насыпь. Вместо предполагавшегося захода в насыпь 0,5 м, принимаем его 0,66 м.

Составляем другой вариант моста, применяя одноподкосную систему. Наиболее удачная разбивка моста получается при пролете 4,80 м (рис. 64б).

Длина моста поверху

$$4,8 \times 5 + 2,4 \times 4 + 0,4 \times 6 = 36,0 \text{ м.}$$

Необходимая длина между вершинами конусов (не считая заходов в насыпь)

$$L = 16 + 8 \times 0,26 + 6 \times 2 + 2(8 - 6) \cdot 1,25 = 35,08 \text{ м.}$$

На заходы в насыпь остается  $\frac{36 - 35,08}{2} = 46 \text{ см}$ , что на 4 см меньше величины, требуемой «Техническими Условиями», но может быть допущено.

Оба варианта моста удовлетворяют основным требованиям разбивки моста на пролеты, а именно:

1) ни один из важных узлов не попал на уровень переменной влажности;

2) пролет прогона сохраняется постоянным по всей длине моста;

3) все пролеты и расстояния между рядами свай в опоре кратны принятому расстоянию между осями поперечин (0,4 м).

Технические достоинства обоих вариантов почти равноценны. Второй вариант, вследствие более коротких подкосов и затяжек, несколько жестче первого.

Производство работ проще для одноподкосного моста, имеющего меньшее количество врубок. Эксплуатация его, вследствие меньшей сложности узлов, более удобна, чем двухподкосного моста.

Эти соображения делают целесообразным постройку моста по второму варианту, если стоимость его будет равна или незначительно выше первого.

Для сравнения стоимости вариантов подсчитывают количество лесоматериалов и железа, потребных для постройки моста по каждому из вариантов.

Сечения различных элементов моста принимаются по имеющимся данным.

Диаметр и количество бревен прогонов в зависимости от нагрузки и пролета по данным практики можно принимать следующими:

| Расчетный пролет | Нагрузка $H_7$ |         | Нагрузка $H_6$ |         | Нагрузка $H_5$ |         |
|------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
|                  | Колич. бревен  | Диаметр | Колич. бревен  | Диаметр | Колич. бревен  | Диаметр |
| 2,0              | 6              | 29      | 6              | 28      | 4              | 30      |
| 2,5              | 8              | 29      | 8              | 28      | 8              | 26      |
| 3,0              | 12             | 28      | 8              | 30      | 8              | 28      |

Сваи принимаются  $d=26$  см, схватки из пластин  $d=\frac{22}{2}$  см, подкосы, в зависимости от длины и усилий,  $d$  от 20 до 28 см, затяжки  $d=24-26$  см, насадки брусчатые  $22 \times 26$  см, подушки диаметром 26—30 см, подкосы и поперечные схватки береговой опоры  $d=20-24$  см.

Пользуясь этими данными, составляют спецификацию лесоматериалов по следующей форме:

| Наименование элемента | Сечение или диаметр | Длина элемента | Количество | Объем в м <sup>3</sup> в деле |
|-----------------------|---------------------|----------------|------------|-------------------------------|
|                       |                     |                |            |                               |

Для определения количества лесоматериалов необходимо к вычисленному теоретическому объему (в деле) прибавить 15% на обрезки, а для круглого леса еще 30% на коничность.

Количество необходимого железа обычно почти прямо пропорционально объему лесоматериала.

Ориентировочные относительные стоимости моста по различным вариантам могут быть определены, принимая стоимость ку-

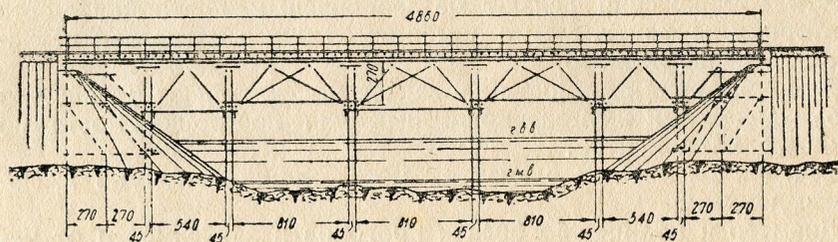


Рис. 65. Схема моста.

бометра леса в деле приблизительно в 150 рублей. В эту цену включены все основные и накладные расходы по постройке моста.

Фактическая стоимость зависит от местных условий.

Учитывая экономические, технические и эксплуатационные данные каждого из составленных вариантов, выбирают наиболее подходящий и по нему разрабатывают проект.

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА

Мост запроектирован подкосной системы, на свайных опорах. Средние пролеты (рис. 65) двухподкосной системы по 8,1 м; при сопряжении с насыпью устроено по одному пролету одноподкосной системы в 5,4 м и по два балочных пролета.

Расчетный пролет прогонов, одинаковый по всей длине моста, равен 2,70 м. Речные опоры в продольном направлении состоят из двух рядов свай при взаимном расстоянии в 0,45 м.

Поперечины длинные  $l=5,8$  м укладываются через 2, короткие  $l=3,2$  м и служат для поддержания бокового настила из досок  $5 \times 20$  см и для укрепления перильных стоек. Прогоны под каждую нитку рельса назначены из 4-х бревен  $d=30$  см при стеске с двух сторон на ширину  $\frac{d}{3}$ .

Подкосы в одноподкосных пролетных строениях — двойные из бревен  $d=24$  см. В двухподкосных пролетных строениях — одна пара подкосов принята одиночной из бревен  $d=28$  см, а другая — двойная из бревен  $d=24$  см. Распор принимается затяжками, состоящими каждая из 3 бревен  $d=24$  см.

#### Материал и допускаемые напряжения

Лесной материал для моста принят — сосна 2-го сорта, частично (подушки для упора подкосов) сосна 1 сорта и дуб 1 сорта. Лесоматериал согласно «Т. У. 1936 г.» (проект) должен

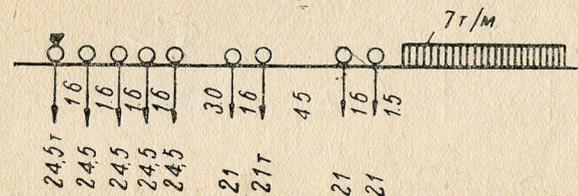


Рис. 66. Схема нагрузки.

быть вполне здоровый (воздушно-сухой), с влажностью не более 20%.

Допускаемые напряжения при расчете на основные силы назначаются по проекту «Т. У. 1936 г.» (см. стр. 14) с соответствующими коэффициентами.

#### Расчетные нагрузки

Вертикальные нагрузки. Вертикальная подвижная железнодорожная нагрузка принята по нормальной схеме  $N_7$  — 1931 г. (рис. 66).

Согласно «Т. У. 1936 г.» (проект) подвижная вертикальная нагрузка вводится в расчет без динамического коэффициента.

При исчислении постоянной нагрузки вес 1 м<sup>3</sup> сосны принят 750 кг.

Давление ветра. Давление ветра принимается по «Т. У. 1936 г.».

#### Расчет

Поперечины. Поперечины приняты из круглого леса  $d=26$  см.

обтесанного на 2 канта при ширине стески 15,3 см и глубине 2,5 см. Нагрузка от колеса паровоза

$$P = \frac{24,5}{2} = 12,25 \text{ т.}$$

Максимальный изгибающий момент (рис. 67).

$$M = \frac{12250 \times 45}{4} = 137\,900 \text{ кгсм.}$$

Момент сопротивления бревна  $d = 26 \text{ см}$  со стеской на 2 канта на глубину 2,5 см:

$$W = 1476 \text{ см}^3.$$

Напряжение на изгиб:

$$\sigma = \frac{137\,900}{1476} = 93,5 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка на скалывающие напряжения и на смятие под подкладкой опущены.

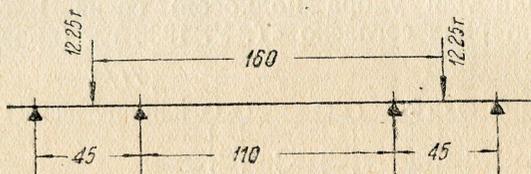


Рис. 67.

Прогонь. Расчетный пролет прогона  $l = 2,70 \text{ м}$ . Прогонь из бревен  $d = 30 \text{ см}$  с обтеской на 2 канта, при ширине стески  $\frac{d}{3}$ .

Расчет прогонов ведется, как для разрезной балки, свободно лежащей на двух опорах.

Постоянная нагрузка на 1 пог. м прогона:

1. Вес рельс и креплений . . . . . 48 кг.
2. Вес настила  $\frac{8 \times 9 + 3 \times 4,5}{2} = 43 \text{ кг.}$
3. Вес поперечин ( $d = 26 \text{ см}$ ), считая, что на 1 пог. м помещаются 3 поперечины: одна длинная  $l = 5,8$  и 2 коротких  $l = 3,20 \text{ м}$ ;

$$\frac{(5,8 \times 37,5) + (2 \times 3,2 \times 37,5)}{2} = 229 \text{ кг.}$$

4. Собственный вес прогонов ( $d = 30 \text{ см}$ )  $4 \times 52,1 = 209 \text{ кг.}$
5. Вес охранных брусев  $\frac{27 \times 2}{2} = 27 \text{ кг.}$
6. Вес перил . . . . . 38 кг.
7. Вес болтов, распорок и т. д. . . . . 26 кг

Итого 620 кг.

Изгибающий момент от постоянной нагрузки

$$M_1 = \frac{Pl^2}{8} = \frac{620 \times 2,70^2}{8} = 56\,500 \text{ кгсм.}$$

Изгибающий момент от временной нагрузки имеет наибольшее значение при установке одного из грузов в середине пролета:

$$M_2 = \frac{Pl}{4} = \frac{12\,250 \times 2,70}{4} = 827\,000 \text{ кгсм.}$$

Полный изгибающий момент

$$M = M_1 + M_2 = 56\,500 + 827\,000 = 883\,500 \text{ кгсм.}$$

Момент сопротивления 4-х бревен  $d = 30 \text{ см}$ , при стеске с двух сторон на ширину  $\frac{d}{3}$ :

$$W_{\text{брутто}} = 4 \times 2641 = 10\,564 \text{ см}^3.$$

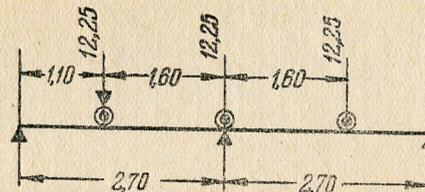


Рис. 68.

Момент сопротивления ослабления прогона вертикальным болтом. Диаметр отверстия для болта  $d = 2 \text{ см}$ .

$$W = 4 \frac{bh^2}{6} = 4 \frac{2 \times 28^2}{6} = 1046 \text{ см}^3.$$

Момент сопротивления 4-х бревен прогона с учетом ослабления сечений отверстиями для болтов:

$$W_{\text{нетто}} = 10\,564 - 1046 = 9\,518 \text{ см}^3.$$

Напряжение на изгиб:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{883\,500}{9\,518} = 92,8 \text{ кг/см}^2 < 95 \text{ кг/см}^2.$$

Насадка. Проверяем насадку на смятие в месте сопряжения ее со сваями. Давление от временной нагрузки (рис. 68):

$$P_1 = 12,25 + \frac{2 \times 12,25 \times 1,10}{2,70} = 22,22 \text{ т.}$$

От постоянной нагрузки (собственными весами подбалок и насадок пренебрегаем):

$$P_2 = 620 \times 2,70 = 1,675 \text{ т.}$$

Полное давление на насадку в месте соприкосновения со сваей, считая давление от одного прогона распределенным на 2 сваи:

$$P = \frac{22,22 + 1,675}{2} = 11,95 \text{ т.}$$

Площадь передачи давления от насадки на сваю  $d = 26 \text{ см}$  при учете ослабления вырубкой гнезда для шипа размером  $7 \times 7 \text{ см}$ :

$$\omega = 531 - 7 \times 7 = 482 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{11950}{482} = 24,9 \text{ кг/см}^2 < 25,2 \text{ кг/см}^2.$$

Принимаем насадку сечением  $22 \times 26 \text{ см}$  из сосны 1 сорта.

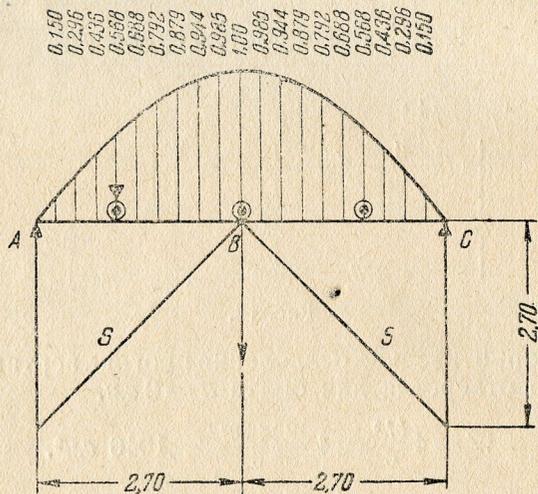


Рис. 69.

Подкосы в пролетах 5,4 м. Для расчета подкосов прогона рассматриваем, как неразрезные 2-х пролетные балки.

Опорная реакция на среднюю опору от постоянной нагрузки

$$B_1 = 1,25 \times 620 \times 2,70 = 2,1 \text{ т.}$$

Опорную реакцию от временной нагрузки получаем, загружая линию влияния (рис. 69):

$$B_2 = (2 \times 0,568 + 1) \times 12,25 = 26,1 \text{ т.}$$

Полная опорная реакция:

$$B = 2,1 + 26,1 = 28,2 \text{ т.}$$

Расчетная длина подкосов:

$$l = \sqrt{2,7^2 + 2,7^2} = 3,82 \text{ м.}$$

При угле наклона подкоса к вертикали  $\alpha = 45^\circ$ :

$$\cos \alpha = \cos 45^\circ = 0,707.$$

Усилие в подкосе:

$$S = \frac{B \cos 45^\circ}{2} = \frac{28,2 \times 0,707}{2} = 9960 \text{ кг.}$$

При диаметре подкоса  $d = 24 \text{ см}$ .

Площадь поперечного сечения:

$$\omega = 452 \text{ см}^2.$$

Гибкость  $\frac{l}{r} = \frac{382}{6} = 64$ , где радиус инерции

$$r = \frac{d}{4} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см.}$$

Коэффициент уменьшения допускаемых напряжений при продольном изгибе  $\varphi = 0,554$ .

Напряжение на сжатие:

$$\sigma = \frac{S}{\omega \varphi} = \frac{9960}{452 \times 0,554} = 40 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка подушки на смятие. Площадь поперечного сечения подкоса:

$$F_{\text{брутто}} = 452 \text{ см}^2.$$

Площадь уменьшения сечения шипом, размером  $7 \times 7 \text{ см}$ :

$$\omega_{\text{шипа}} = 7 \times 7 = 49 \text{ см}^2.$$

Площадь передачи давления на подушку:

$$F_{\text{нетто}} = 452 - 49 = 403 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{9960}{403} = 24,7 \text{ кг/см}^2 < 25,2 \text{ кг/см}^2.$$

Подушку принимаем из сосны 1 сорта.

Проверка прирубов. Вертикальная составляющая усилия в подкосе:

$$V = S \sin 45^\circ = 9960 \times 0,707 = 7050 \text{ кг.}$$

Усилие воспринимается двумя зубьями прируба из бруса сечением  $23 \times 19$ , врубленного на 4 см в сваи (рис. 70).

Площадь передачи давления на два зуба прируба при диаметре сваи  $d = 26 \text{ см}$ :

$$\omega = 2 \times 51,8 = 103,6 \text{ см}^2 \text{ (площадь сегмента взята из таблиц).}$$

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{7050}{103,6} = 68 \text{ кг/см}^2 < 70 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка на скалывание:

Длина скалывания зуба — 23 см.  
 Ширина скалывания — 19 см.  
 Площадь скалывания  $2 \times 23 \times 19 = 875 \text{ см}^2$ .  
 Напряжение на скалывание:

$$\sigma = \frac{7050}{875} = 8 \text{ кг/см}^2 < 10 \text{ кг/см}^2.$$

Сопряжение нижней подушки с прирубам. Площадь передачи давления с подушки на прируб:

$$\omega = 19 \times 19 = 361 \text{ см}^2.$$

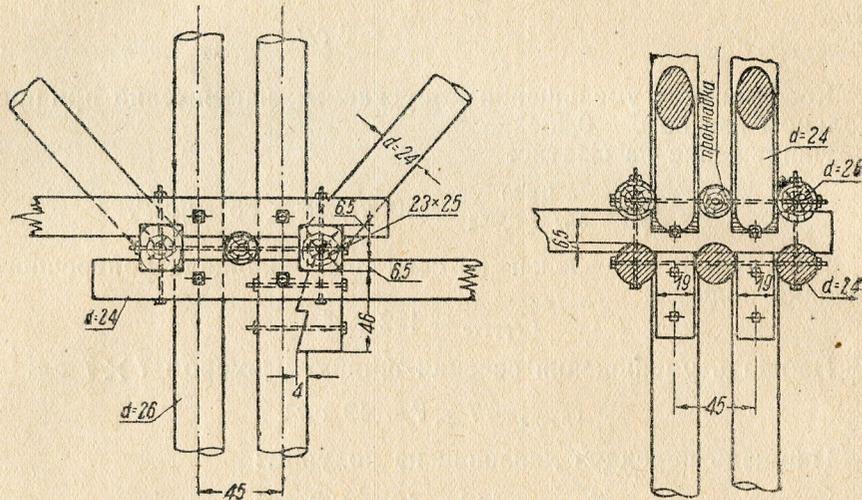


Рис. 70. Нижний узел.

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{7050}{360} = 19,5 \text{ кг/см}^2 < 21 \text{ кг/см}^2.$$

Затяжка. Усилие в затяжке:

$$H = \frac{1}{2} \frac{l}{h} \cdot B = \frac{1 \cdot 2,7}{2 \cdot 2,7} \cdot 28,2 = \frac{28,2}{2} \cdot 1,0 = 14,1 \text{ т} = 14100 \text{ кг}.$$

Затяжка состоит из 3-х бревен  $d = 24 \text{ см}$  ( $\omega_{\text{брутто}} = 452 \text{ см}^2$ ).  
 Площадь ослабления 1 бревна болтом и врубкою составит:

$$\omega_{\text{осл.}} = 17,5 \times 2 + 99,0 = 134 \text{ см}^2.$$

$$\omega_{\text{нетто}} = 452 - 134 = 318 \text{ см}^2.$$

Напряжение:

$$\sigma = \frac{14100}{3 \times 318} = 15 \text{ кг/см}^2.$$

Бревна затяжки врубаются в подушки на 6,5 см.  
 Площадь врубок, работающих на смятие (где 99 — площадь сегмента из таблиц):

$$\omega = 6 \times 99,0 = 594 \text{ см}^2.$$

$$\sigma = \frac{14100}{594} = 24 \text{ кг/см}^2.$$

Необходимая длина конца затяжки, работающего на скалывание:

$$l = \frac{14100}{21,3 \times 6 \times 10} = 11,0 \text{ см}.$$

Подкосы в пролетах  $l = 8,1 \text{ м}$ . Расчет подкосов производится в предположении наличия неразрезных прогонов. Линия влияния давления на узел В трехпролетной неразрезной балки приведена на рис. 71.

Площадь линии влияния:

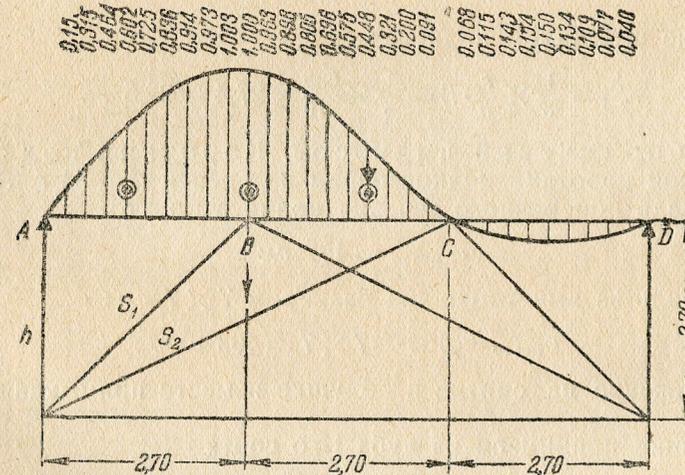


Рис. 71.

Положительный участок.

$$1. \omega_1 = \frac{2 \times 1,006 \times 5,4}{3} = +3,62.$$

Отрицательный участок.

$$2. \omega_2 = \frac{2 \times 0,1536 \times 2,7}{3} = 0,276.$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 3,62 - 0,276 = +3,344.$$

Давление от временной нагрузки определяем по линии влияния. Значения ординат под грузами определены графически. Наибольшее давление от паровоза:

$$B_{\text{вр}} = 12,25(1,0056 + 0,5404 + 0,500) = 25,3 \text{ т}.$$

От постоянной нагрузки

$$B_n = 620 \times 3,344 = 2080 \text{ кг.}$$

Суммарное давление на узел В:

$$B = B_{вр} + B_n = 25\,300 + 2080 = 27\,380 \text{ кг} = 27,4 \text{ т.}$$

Свободная длина короткого подкоса:

$$s_1 = \sqrt{2,70^2 + 2,70^2} = 3,82 \text{ м.}$$

Свободная длина длинного подкоса:

$$s_2 = \sqrt{5,40^2 + 2,70^2} = 6,05 \text{ м.}$$

Усилие в коротком подкосе:

$$S_1 = \frac{2}{3} \times \frac{s_1}{h} \cdot B = \frac{2}{3} \times \frac{3,82}{2,70} \times 27,4 = 25,9 \text{ т.}$$

Усилие в длинном подкосе:

$$S_2 = \frac{1}{3} \times \frac{s_2}{h} \cdot B = \frac{1}{3} \times \frac{6,05}{2,70} \times 27,4 = 20,5 \text{ т.}$$

Подбор сечений подкосов. Короткий подкос.

1) Двойной короткий подкос берем из бревен  $d = 24 \text{ см}$ .

Площадь поперечного сечения подкоса брутто:

$$\omega_{брутто} = 452 \text{ см}^2.$$

Площадь за вычетом шипа размером  $7 \times 7 \text{ см}$ :

$$\omega_{нетто} = 454 - 7 \times 7 = 403 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие в подушке в месте примыкания подкосов.

Подушки принимаем из дуба 1-го сорта

$$\sigma = \frac{S}{2\omega_{нетто}} = \frac{25\,900}{403 \times 2} = 32 \text{ кг/см}^2 < 42 \text{ кг/см}^2.$$

Проверяем подкосы на сжатие.

Радиус инерции:

$$r = \frac{d}{4} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см.}$$

$$\text{Гибкость } \frac{l}{r} = \frac{375}{6} = 62,5; \varphi = 0,563.$$

Напряжение на сжатие с учетом продольного изгиба:

$$\sigma = \frac{S_1}{2\omega\varphi} = \frac{25\,900}{2 \cdot 452 \times 0,563} = 51 \text{ кг/см}^2.$$

2) Одиночный короткий подкос принимаем  $d = 28 \text{ см}$ .

Площадь поперечного сечения подкоса брутто:

$$\omega_{брутто} = 615,7 \text{ см}^2.$$

В целях увеличения площади передачи давления в месте примыкания подкоса к подушке, вместо шипа устанавливается штырь  $d = 2 \text{ см}$ :

$$\omega_{нетто} = 615,7 - 3,2 = 612,5 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие в подушке:

$$\sigma = \frac{S_2}{\omega_{нетто}} = \frac{25\,900}{612,5} = 42 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка подкосов на сжатие:

$$r = \frac{d}{4} = \frac{28}{4} = 7 \text{ см.}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{375}{7} = 53,5; \varphi = 0,625.$$

Напряжение на сжатие с учетом продольного изгиба

$$\sigma = \frac{25\,900}{615,7 \times 0,625} = 67 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

3) Длинный одиночный подкос принимаем сечением  $d = 28 \text{ см}$ .

$$\omega_{брутто} = 615,7 \text{ см}^2.$$

Площадь за вычетом шипа размером  $7 \times 7 \text{ см}$ :

$$\omega_{нетто} = 615,7 - (7 \times 7) = 566,7 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие в подушке:

$$\sigma = \frac{20\,500}{566,7} = 36 \text{ кг/см}^2 < 42 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка подкоса на сжатие.

Радиус инерции:

$$r = \frac{d}{4} = \frac{28}{4} = 7 \text{ см.}$$

Гибкость:

$$\frac{l}{r} = \frac{600}{7} = 85; \varphi = 0,405.$$

Напряжение при продольном изгибе

$$\sigma = \frac{20\,500}{615,7 \times 0,405} = 82,0 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

4) Длинные двойные подкосы принимаем из леса  $d = 24 \text{ см}$ .

$$\omega_{брутто} = 452 \text{ см}^2; \omega_{нетто} = 452 - (7 \times 7) = 403 \text{ см}^2.$$

Напряжение на смятие подушки:

$$\sigma = \frac{20\,500}{403 \times 2} = 25 \text{ кг/см}^2 < 42 \text{ кг/см}^2.$$

$$r = \frac{d}{4} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см.}$$

Гибкость  $\frac{l}{r} = \frac{600}{6} = 100; \varphi = 0,300.$

Напряжение при продольном изгибе

$$\sigma = \frac{20\,500}{2 \times 452 \times 0,300} = 76 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

Определение усилий в затяжке. В невыгодных условиях затяжка будет находиться в случае, когда большой пролет ( $l=8,10 \text{ м}$ ) граничит с меньшим пролетом ( $l=5,40$ ), причем временной нагрузкой загружен только большой пролет.

Распор от действия постоянной нагрузки в пролете 5,40 м:

$$H_n = \frac{1}{2} \frac{l}{h} \times B_n = \frac{1}{2} \times \frac{2,7}{2,7} \times 2,1 = 1050 \text{ кг.}$$

В двухподкосной ферме (пролета  $l=8,1 \text{ м}$ ) величину распора определяем по линии влияния. Имея линии влияния давления  $B$

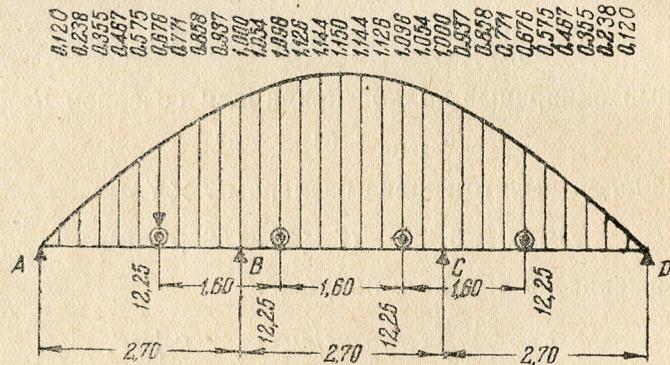


Рис. 72.

и  $C$ , строим суммарную линию влияния и по ней определяем  $(B+C)$  (рис. 72).

Площадь линии влияния:

$$\omega = \frac{2}{3} 8,10 \times 1,15 = 6,2 \text{ м}^2.$$

Давление на оба узла  $(B+C)$  от постоянной нагрузки:

$$p\omega = 620 \times 6,2 = 3850 \text{ кг.}$$

Распор:

$$H_p = \frac{2}{3} \frac{l}{h} (B+C) = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,7}{2,7} \cdot 3850 = 2570 \text{ кг.}$$

Давление на узлы  $(B+C)$  от временной нагрузки:

$$12\,250 (0,708 + 1,097) \times 2 = 44\,200 \text{ кг.}$$

Распор от временной нагрузки:

$$H_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,7}{2,7} 44\,200 = 29\,500 \text{ кг}$$

Полный распор;

$$H_{p+k} = 2570 + 29\,500 = 32\,070 \text{ кг.}$$

Расчетное усилие в затяжке

$$H = 32\,070 - 1050 = 31\,020 \text{ кг.}$$

Затяжка состоит из 2 бревен  $d=26 \text{ см}$ , врубленных в подушки и сосновую прокладку на 8 см (рис. 73).

$\omega_{\text{брутто}} = 452 \text{ см}^2$ ; площадь ослабления  $\Delta\omega = 139 + 18 \times 2 = 175 \text{ см}^2$ ;

$$\omega_{\text{нетто}} = 452 - 175 = 277 \text{ см}^2.$$

$$\sigma = \frac{31\,020}{277 \times 2} = 56 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

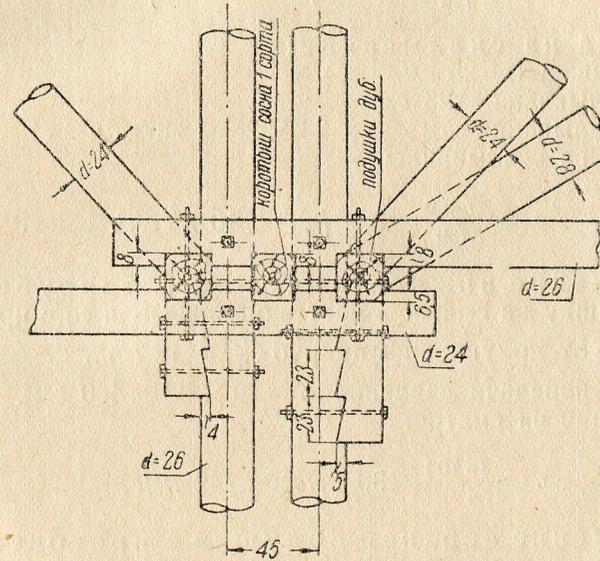


Рис. 73. Нижний узел.

Расчет врубок. Каждое бревно затяжки врублено на 8 см в 2 подушки из дуба 1-го сорта и среднюю прокладку из сосны 1 сорта.

Усилие, выдерживаемое всеми врубками:

$$139 \times 4 \times 42 + 139 \times 25,2 \times 2 = 30\,350 \text{ кг} < 31\,020 \text{ кг,}$$

где 139 — площадь сегмента при диаметре затяжки 26 см и глубине врубки 8 см.

Перенапряжение во врубках 20%.

Вертикальные составляющие усилий в подкосах:

$$V_1 = S_1 \cos \beta = 25,9 \times \frac{2,70}{3,82} = 18,30 \text{ т.}$$

$$V_2 = S_2 \cos \beta = 20,5 \times \frac{2,70}{6,05} = 9,100 \text{ т.}$$

Полное давление:

$$V = 18,30 + 9,10 = 27,4 \text{ т.}$$

Давление передается на прирубы из бруса сеч.  $23 \times 25 \text{ см.}$

Площадь, воспринимающая это усилие при врубке прирубов в сваи ( $d = 26 \text{ см.}$ ) на глубину  $5 \text{ см}$  тремя зубьями, равна:

$$\omega = 2 \times 3 \times 71,5 = 429 \text{ см}^2,$$

где  $71,5$  площадь сегмента.

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{27\,400}{429} = 64 \text{ кг/см}^2 < 70 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка на скалывание:

Длина скалывания —  $25 \text{ см.}$

Ширина скалывания —  $23 \text{ см.}$

Площадь скалывания —  $2 \times 3 \times 23 \times 25 = 3450 \text{ см}^2.$

Напряжение на скалывание:

$$\sigma = \frac{27\,400}{3450} = 8 \text{ кг/см}^2 < 10 \text{ кг/см}^2.$$

Сопряжение нижней подушки с прирубам. Поверяем подушку на смятие в месте соприкосновения ее с прирубам.

Давление от подушки на прируб  $\frac{27,4}{2} = 13,7 \text{ т.}$

Площадь передачи давления  $\omega = 20 \times 23 = 460 \text{ см}^2.$

Напряжение на смятие:

$$\sigma = \frac{13\,700}{460} = 30 \text{ кг/см}^2 < 42 \text{ кг/см}^2.$$

Сопряжение верхней подушки с прогонами. Наибольшее давление прогона на подушку  $\frac{27,4}{2} = 13,7 \text{ т.}$

Необходимая площадь передачи давления, определяемая из величины допустимого напряжения на смятие в прогоне =  $21 \text{ кг/см}^2$ :

$$\omega = \frac{13\,700}{21} = 652 \text{ см}^2.$$

При ширине площадки передачи давления (для бревна прогона  $d = 30 \text{ см}$  при врубке на глубину  $5 \text{ см}$ ) =  $22,4 \text{ см}$ , необходимая длина площадки:

$$l = \frac{652}{22,4} = 29,2 \text{ см} \approx 30 \text{ см.}$$

Коренные сваи. Расчет свай средней промежуточной опоры между пролетами  $l = 8,10 \text{ м.}$

Постоянная нагрузка на 8 коренных свай:

- 1) Проезжая часть и прогоны  $2 \times 620 (8,1 + 0,45) = 10.600 \text{ кг.}$
- 2) Насадка  $2 \times 3,0 \times 0,22 \times 0,26 \times 750 = \dots \dots \dots 260 \text{ кг.}$
- 3) Подбалки  $1,8 \times 4 \times 0,0706 \times 750 = \dots \dots \dots 380 \text{ кг.}$
- 4) Верхние подушки  $2 \times 0,36 \times 0,22 \times 750 \times 3 = \dots \dots \dots 360 \text{ кг.}$
- 5) Одиночные подкосы  $d = 28 \text{ см}$  длиной  $3,82 \text{ м}$  и  $6,05 \text{ м}$ :  $2 \times 0,0615 \times (3,82 + 6,05) 750 = \dots \dots \dots 910 \text{ кг.}$
- 6) Двойные подкосы  $d = 24 \text{ см}$  той же длины:  $4 \times 0,0452 (3,82 \times 6,05) 750 = \dots \dots \dots 1350 \text{ кг.}$
- 7) Нижние дубовые подушки  $0,23 \times 0,25 \times 2 \times 4 \times 900 = 410 \text{ кг.}$
- 8) Поперечные короткие, продольные и диагональные схватки в пределах коренных свай  $53 \text{ пог. м}$ :  $53 \times 0,0314 \times 750 = \dots \dots \dots 1250 \text{ кг.}$
- 9) Затяжки  $d = 24 \text{ см}$   $3 \times (8,1 + 0,8) 0,0452 \times 750 = \dots \dots \dots 900 \text{ кг.}$
- 10) Болты, хомуты и проч.  $\dots \dots \dots 620 \text{ кг.}$
- 11) Коренные сваи  $8 \times 0,0531 \times 7,7 \times 750 \dots \dots \dots 2460 \text{ кг.}$

Итого . . 19500 кг.

На одну сваю  $\frac{19\,500}{8} = 2,44 \text{ т} \approx 2,5 \text{ т.}$

Давление на 1 сваю от временной нагрузки в предположении прогона, разрезанного на опорах, и без учета передачи давления через подкосы (рис. 74):

$$P_{\text{вр}} = \frac{12,25}{2} \left( 1 + \frac{1,7 + 3,3 + 4,9 + 6,5}{8,1} \right) = 18,5 \text{ т.}$$

Полное давление

$$P = 18,50 + 2,5 = 21,0 \text{ т}$$

Наибольшая свободная длина сваи принимается в  $0,75$  высоты от затяжки до грунта  $l = 0,75 \times 5,10 = 3,82 \text{ м.}$

Принимаем сваю  $d = 26 \text{ см.}$

$$r = \frac{d}{4} = 6,5 \text{ см.}$$

$$\text{Гибкость } \frac{l}{r} = \frac{382}{6,5} = 59; \quad \varphi = 0,58.$$

Площадь поперечного сечения  $\omega = 531 \text{ см}^2.$

Напряжение на сжатие с учетом продольного изгиба:

$$\sigma = \frac{21\,000}{531 \times 0,58} = 69 \text{ кг/см}^2 < 85 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка на устойчивость. Проверяем на устойчивость наиболее высокую опору при пролетах  $l = 8,1 \text{ м}$  (рис. 75). Расчет производится при наличии временной нагрузки на мосту.

Давление ветра принимается равным  $125 \text{ кг/м}^2.$

1) Давление на подвижной состав высотой  $3 \text{ м}$ :

$$3 \times (8,1 + 0,45) \cdot 125 = 3200 \text{ кг.}$$

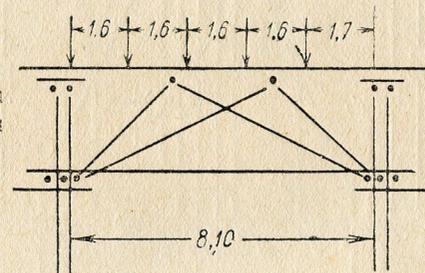


Рис. 74.

2) Давление на проезжую часть:

$$0,90 (8,1 + 0,45) \cdot 125 = 960 \text{ кг.}$$

3) На пролетное строение двухподкосной системы (коэффициент сплошности 0,4):

$$3,10 (8,1 + 0,45) \cdot 125 \times 0,4 = 1325 \text{ кг.}$$

4) На опору высоту (от низа затяжки до грунта) 5,10 м:

$$5,10 \times 0,8 \times 125 = 510 \text{ кг.}$$

Опрокидывающий момент вокруг точки А:

$$M_0 = 3200 \times 11,1 + 960 \times 965 + 1325 \times 6,65 + 510 \times 2,55 = 53\,900 \text{ кгм.}$$

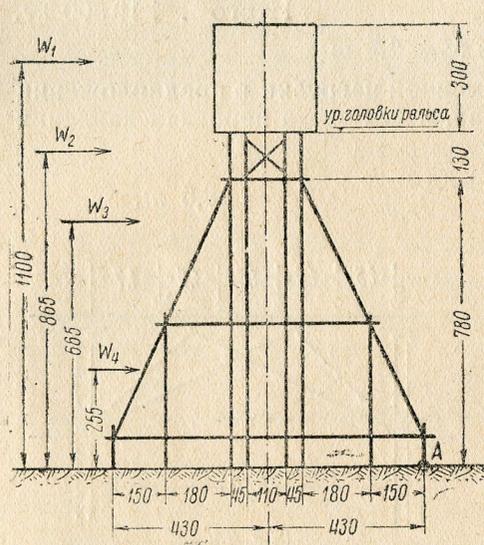


Рис. 75.

Удерживающий момент при весе подвижного состава (порожняка) в 1,0 т/м пути:

$$M_y = (8,1 + 0,45) \cdot 1000 \times 4,3 + 19\,500 \times 4,3 = 120\,800 \text{ кгм.}$$

Коэффициент устойчивости:

$$\frac{M_y}{M_0} = \frac{120\,800}{53\,900} = 2,4 > 1,3.$$

## § 12. СВЕДЕНИЯ О ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ С ФЕРМАМИ

Для перекрытия пролетов более 10 м подкосные системы, вследствие значительного усложнения конструкции, непригодны. В этих случаях употребляются пролетные строения с фермами, воспринимающими нагрузку от проезжей части и передающими ее на опоры. Наиболее распространенными в мостах под железную дорогу являются фермы Гау. Фермы Гау (рис. 76) состоят из двух поясов (верхний и нижний), вертикальных стержней и перекрещивающихся раскосов. Пояса и раскосы устраиваются из дерева, вертикальные стержни — из металлических тяжей. При нагрузке, равномерно распределенной по всему пролету, восходящие (от концов к середине) раскосы сжимаются. При загрузке половины пролета восходящие раскосы, расположенные в свободной от нагрузки половине пролета, испытывают сжатие, а в загруженной половине растяжение. Если собственный вес фермы невелик, то растягивающие напряжения в ра-

скося средних панелей, возникающие при загрузке половины пролета временной нагрузкой, могут оказаться больше сжимающих напряжений от постоянной нагрузки, и раскос окажется растянутым. При принятых способах соединения раскосов с поясами они не могут воспринимать растягивающие усилия, вследствие чего при этом вступает в работу встречный раскос данной панели, воспринимающий сжатие. В крайних панелях, как правило, раскосы всегда сжаты и, следовательно, надобности в устройстве встречных раскосов для разгрузки основных нет. При наличии этих раскосов они используются только как элементы, уменьшающие длину сжатого раскоса и, тем самым, увеличивающие его устойчивость.

Фермы Гау в железнодорожных местах употребляются для пролетов до 34 м. Высота ферм принимается в  $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$  пролета. Длина панели от 2-х до  $3\frac{1}{2}$  м выбирается с таким расчетом, чтобы угол наклона раскосов находился в пределах  $45-60^\circ$ .

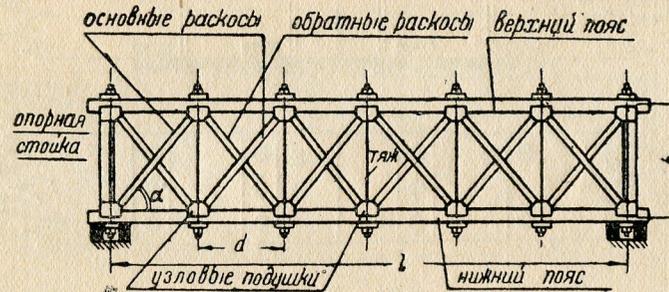


Рис. 76. Ферма Гау.

Фермы Гау строятся как из брусчатого леса, так и из бревен. Круглый лес имеет преимущества при обработке материала на месте работ — применение его в этом случае значительно уменьшает количество необходимой для обработки материала рабочей силы. В то же время применение круглого леса усложняет устройство сопряжений и особенно стыков растянутых поясов. При заводском изготовлении элементов наиболее целесообразным является применение брусчатого леса, между прочим, еще и потому, что в пиломатериалах легче обнаружить пороки дерева, невидимые в круглом лесе. Сборка фермы из брусьев проще и может быть произведена быстрее, нежели бревенчатой. Типовые проекты Гипротранса при пролетах до 18 м применяют фермы из бревен, при пролетах больше 18 м все элементы фермы брусчатые.

Пояса ферм устраиваются из нескольких брусьев (от 2-х до 5-ти). Брусья располагаются в один ярус с просветом между ними от 2 до 8 см. Просвет необходим для проветривания и для расположения тяжей, пропускаемых между брусьями поясов. Число брусьев в поясах и расстояние между осями их принимаются одинаковыми, с тем чтобы зазоры между брусьями были распо-



циальные продольные лежни, которые принято называть прогонами. Прогон, располагаемый по оси главных ферм, прерывается в узлах, где они опираются на парные брусчатые схватки, соединяющие обе фермы. Эти схватки используются для крепления тяжей фермы и распределения давления на все брусчатые фермы. Передача давления через поперечины и продольные лежни обеспечивает центральность передачи временной нагрузки на фермы.

При расчетном пролете 21,12 м, ферма разбита на 11 панелей. Длина каждой панели 1,92 м. Высота фермы между осями поясов 3,5 м, т. е.  $\frac{1}{6}$  пролета. Пояса по всей длине ферм сохраняют постоянное сечение. Каждый пояс состоит из 4-х брусчатых; сечения брусчатых 20×24 для верхнего и 20×30 см для нижнего. Стыки брусчатых пояса расположены вразбежку — в каждой панели стыкуется один брус. Стыки перекрываются металлическими накладками со шпонками.

Брусчатые пояса располагаются с просветом в 2 см. Для связи брусчатых поясов между ними установлены по две дубовые шпонки на панель и горизонтальные болты.

Раскосы восходящие — парные, а обратные — одиночные. Все раскосы брусчатые сечением от 20×18 см до 28×28 см. Раскосы примыкают к подушкам впритык на штырях. Подушки дубовые, различной ширины в зависимости от горизонтальной составляющей усилия в подкосе. Подушки цельные по всей ширине пояса; длина их принята в 1,0 м. Глубина врубки подушек в пояса принята для всех подушек в 4 см. В крайних узлах (верхнем и нижнем) подушки, вследствие значительных размеров, приняты составными из двух частей, связанных четырьмя болтами и тремя штырями.

Тяжи тройные из круглого железа диаметром от 30 до 50 мм. Под гайки тяжей подложены подгаечники из швеллерной стали № 24, длиной 80 см. Тонкая стенка швеллера, во избежание изгиба вдоль фермы, усилена плоской подкладкой, общей для всех тяжей. Швеллера уложены на парные брусчатые подушки, пропущенных по всей ширине моста и связанных по концам двумя парами горизонтальных болтов.

Горизонтальные связи (рис. 79), расположенные в плоскостях верхних и нижних поясов, состоят из пересекающихся диагоналей и стяжек. Роль стяжек выполняют поперечные брусчатые, к которым притянуты тяжи. Связи представляют собою в плане ферму Гау с сжатыми диагоналями и растянутыми стяжками. Диагонали — одиночные; концы их в верхних связях упираются в дубовые подушки, а в нижних связях врублены в пояса и притянуты болтами к поперечным узловым брускам.

В плоскости опорных стоек имеются вертикальные поперечные связи, передающие на опоры давление ветра на верхние связи. Пересекающиеся диагонали врублены в поперечные брусчатые, уложенные на опорные узловые подушки.

В пролете в 4-х местах поставлены вертикальные поперечные связи, диагонали которых врублены в поперечные брусчатые, зажа-

тые между узловыми подушками и прикрепленные болтами вместе с диагоналями горизонтальных связей к поперечным брускам. При езде понизу фермы могут быть закрытого типа (рис. 80а)

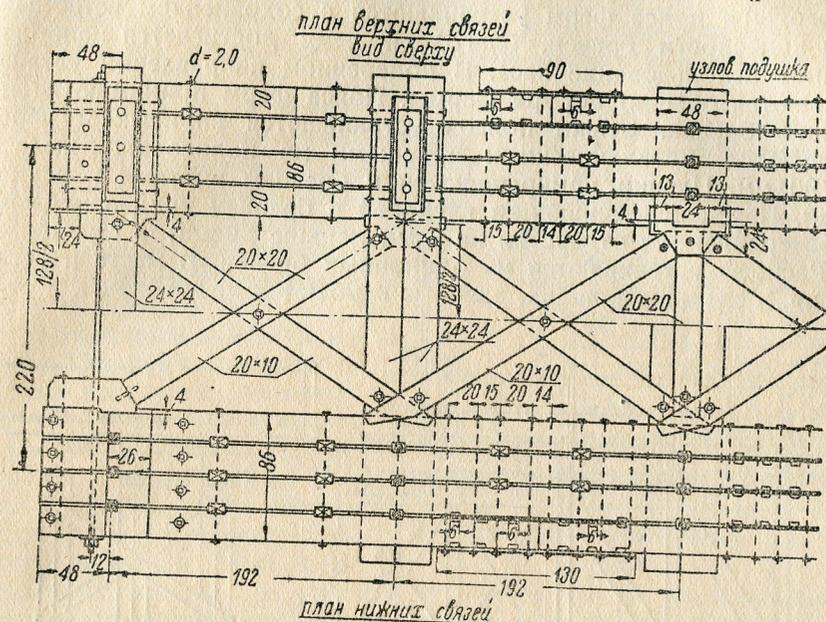


Рис. 79. Связи.

в том случае, когда высота ферм позволяет поставить верхние связи, либо открытого при невозможности установить верхние горизонтальные связи (рис. 80 б). В открытых мостах требуется устройство жестких связей в виде полурам, обеспечивающих устойчивость верхнего пояса.

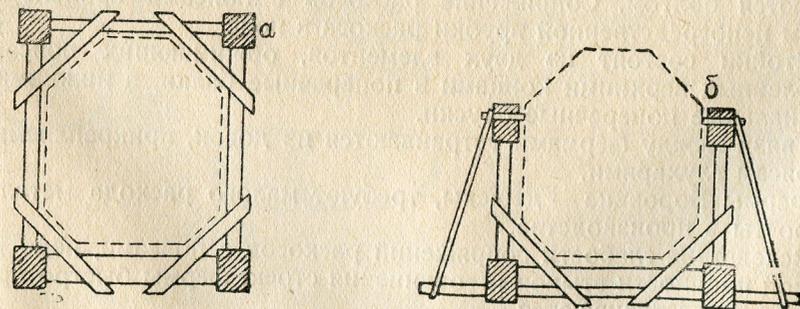


Рис. 80.

**Фермы Боровика.** При малых пролетах и легких нагрузках могут найти применение фермы Боровика (рис. 81). Фермы имеют раскосную решетку с параллельными поясами. Все элементы (по-

яса, раскосы и стойки) делаются из круглого леса. Встречные раскосы устанавливаются только в средних панелях, где возможно появление растягивающих усилий в основных раскосах. Прогон и пояса ферм устраиваются с сохранением естественной конечности бревен, благодаря чему достигается наиболее полное использование леса. В поперечном направлении устанавливаются обычно четыре фермы. Пояса ферм принимаются из одного бревна. Стыки поясов устраиваются впритык и перекрываются металлическими планками из полосового железа  $8 \times 90$  мм. Планки прикрепляются к бревнам винтами и глухарями. Перед завинчиванием глухарей в бревна предварительно просверливаются отверстия на 3 мм меньше диаметра глухаря.

Раскосы устраиваются из одиночных бревен. В месте пересечения, в средних панелях, раскосы врубаются друг в друга и стя-

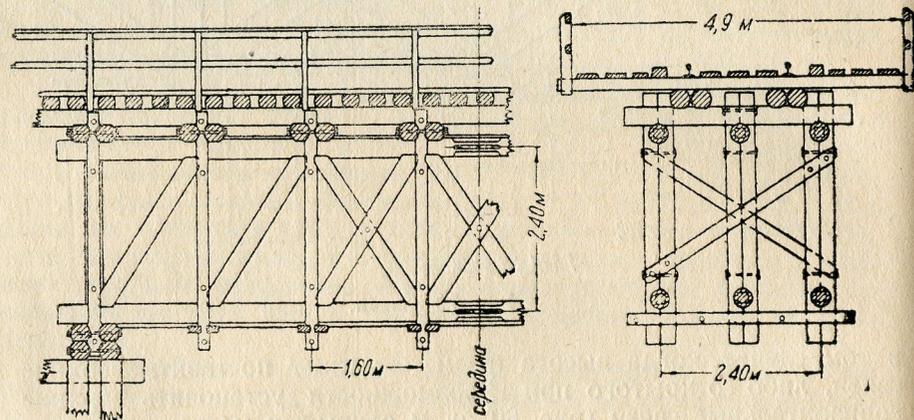


Рис. 81. Ферма Боровика.

гиваются болтом. Сопряжение раскосов с поясами происходит путем непосредственной врубки раскоса в пояс.

Стойки состоят из двух элементов, обжимающих пояса и врубленных верхними концами в поперечные балки, а нижними в специальные поперечные бруски.

Связи между фермами устраиваются из досок, прикрепляемых к поясам глухарями.

Фермы Боровика — дешевы, требуют малого расхода металла и просты в производстве.

Вследствие слабости сопряжений раскосов с поясами, недостаточной прочности стыков и соединения стоек, фермы быстро провисают и расстраиваются.

**Фермы Тауна.** Фермы Тауна имеют параллельные пояса и многораскосную решетку (рис. 82). Все элементы ферм устраиваются из досок. Число систем раскосов, на которые можно разложить решетку, равно количеству раскосов, пересекаемых разрезом, проведенным по направлению одного из раскосов. Число

систем в многораскосной решетке колеблется от 6 до 10. Угол наклона раскосов принимается от  $45^\circ$  до  $60^\circ$ . Длина панели принимается от половины до полутора метров. Высота ферм назначается от  $1/4$  до  $1/7$ . Пояса устраиваются из досок, расположенных с зазором для пропуска стенки. Пояса могут быть одноярусными или двухъярусными. При расположении досок в два яруса их следует располагать на линиях пересечений раскосов, что создает лучшие условия для прикрепления. Соединение досок пояса между собою и с раскосами устраивается при помощи дубовых нагелей диаметром от 3 до 6,5 см и болтов.

Нагели вытачиваются из дуба. Перед употреблением в дело нагели высушиваются в горячем песке, вывариваются в масле и смазываются свиным салом. После этих операций нагели приобретают способность сопротивляться атмосферным воздействиям, не усыхая, не разбухая и не растрескиваясь. Дыры для нагелей сверлятся сразу во всех досках, стянутых для этого сжимами. Дыры сверлятся диаметром несколько меньше нагеля. Забивка нагелей производится деревянными молотками.

Болты, вследствие вызываемого ими трения между досками, облегчают работу нагелей. Стыки досок пояса располагаются вразбежку — не более двух досок в одном сечении. Растянутые стыки перекрываются специальными досками, вводимыми для этой цели в пояс. Сжатые стыки перекрываются накладками.

Для предохранения сжатых досок от выпучивания через 1—2 м устанавливаются парные вертикальные брусья, стянутые болтами.

Фермы Тауна дешевле и требуют меньше железа, чем фермы Гау, но менее долговечны.

Провес ферм Тауна, проявляющийся довольно быстро после постройки, устранить невозможно.

При расположении досок раскосов вплотную друг к другу фермы Тауна принято именовать фермами Лембеке. Фермы

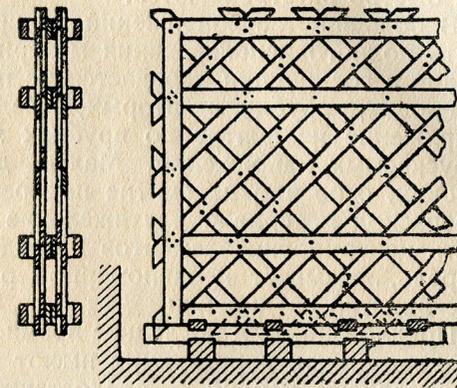


Рис. 82. Ферма Тауна.

Кольцо Тухшерера

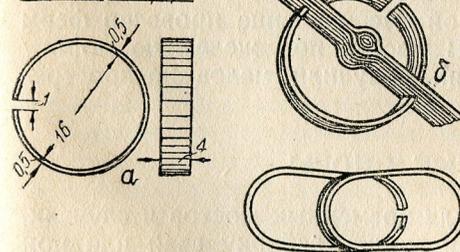


Рис. 83.

Лембке недолговечны, вследствие быстрого загнивания внутренних досок.

**Фермы на кольцевых соединениях.** Фермы, соединения элементов которых устраивается при помощи врубок, имеют ряд существенных недостатков. Устройство врубок, способных передавать растягивающие усилия, сопряжено с значительным ослаблением элементов; кроме того, вследствие усушки дерева, соединения быстро расстраиваются.

В большинстве сопряжений на врубках исключается возможность полного использования материала, во-первых, потому, что усилие в соединении передается не по всей площади элемента, а по площади врубки, во-вторых, вследствие того, что допускаемое напряжение на смятие во врубках значительно ниже основных допускаемых напряжений. Малые допускаемые напряжения во врубках, особенно на смятие поперек волокон, влекут за собою перерасход материала и утяжеление конструкции. Загруднительность центрировки элементов в соединениях на врубках, в свою очередь, вызывает неравномерное распределение напряжений и расстройство соединения.

Предложенные в последнее время способы соединений элементов деревянных конструкций имеют своей целью улучшить условия передачи усилий и предоставить возможность правильной центрировки элементов.

Наиболее широкое распространение получили соединения на кольцевых шпунках Тухшерера, представляющих собою металлические кольца, согнутые из полосового железа с разрезом в одном сечении (рис. 83 а). Построено также несколько мостов под железную дорогу на кольцах инж. Квятковского (рис. 83 б).

Фермы на кольцевых соединениях имеют меньший вес, чем фермы Гау, и требуют меньшего расхода металла. Решетки могут устраиваться различных систем, так как кольцевые соединения с успехом передают растягивающие усилия.

Фермы на кольцах должны изготовляться из высокосортного леса с тщательной его обработкой. Исправление провесов ферм при эксплуатации невозможно. В мостах под железную дорогу фермы на кольцевых соединениях получили малое распространение.

### § 13. РЯЖЕВЫЕ ОПОРЫ

Ряжевые опоры устраиваются для временных мостов в случаях, когда грунты не позволяют производить забивку свай или при необходимости возведения опор значительной высоты под тяжелые нагрузки и на водотоках с серьезным ледоходом. Ряж представляет собою деревянный ящик, срубленный из бревен и загруженный камнями. Стены ряжа рубятся из бревен, уложенных вплотную друг к другу или с просветом в полдерева. Последний способ дает экономию в лесоматериале, но влечет за собою значительную осадку и связан с необходимостью загрузки ряжа крупным камнем. При укладке венцов вплотную следует, для луч-

шей передачи вертикального давления, притесывать их друг к другу. Углы стен ряжа могут рубиться с остатком или в лапу (рис. 84). При устройстве углов с остатком выступающие концы бревен сильно стесняют живое сечение. Дно ряжа устраивается из бревен, врубленных между венцами ряжа, и располагается на высоте 2—4 венцов в зависимости от грунта, на который устанавливается ряж. При слабых грунтах дно ряжа полезно устраивать повыше, с таким расчетом, чтобы нижние венцы вошли в грунт. Вследствие трения на наружных стенках ряжа, давление на грунт немного уменьшается. Для того, чтобы дно ряжа при загрузке камнем не оторвалось, нижние венцы соединяются с верхними посредством металлических хомутов. Дно ряжа в боль-

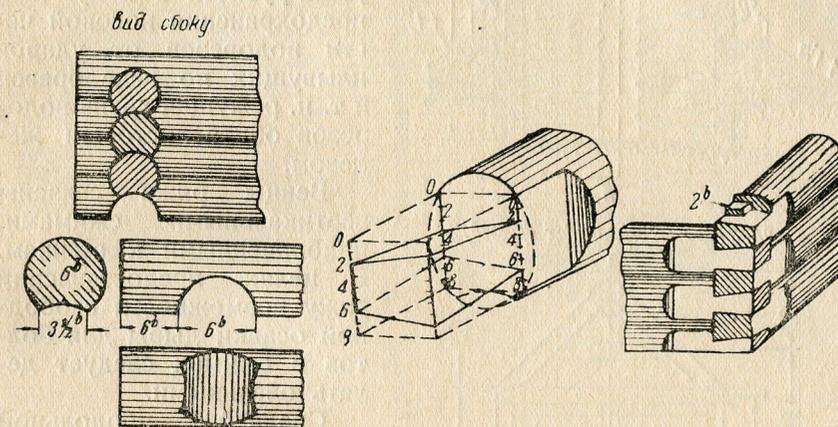
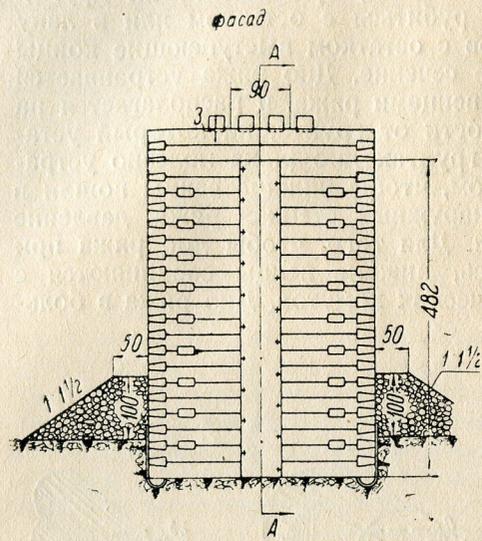


Рис. 84.

шинстве случаев устраивается не сплошным, а с зазорами. Величина зазоров зависит от качества грунта: чем плотнее грунт, тем больше могут быть сделаны зазоры. При скалистых грунтах ряжи могут устраиваться совсем без дна.

Для удержания стен ряжа от выпучивания между ними на расстоянии 2—3 м устанавливаются перегородки. Перегородки располагаются по направлению вдоль и поперек ряжа так, чтобы стороны клеток, образуемых ими, не превышали 2—3 м. Для экономии лесоматериалов перегородки можно заменить распорками, высотой в несколько венцов, расставленными в шахматном порядке. В углах ряжа и в местах примыкания перегородок располагаются сжимы из вертикально поставленных бревен, стянутых с венцами болтами. Сжимы необходимы для укрепления ряжа против действия горизонтальных сил (удары льда). Размеры ряжей определяются из условия их устойчивости и допускаемого давления на грунт.

При наличии сильного течения требуется обтекаемая форма ряжевых быков с двух сторон или только с верхней стороны.



план (без мауэрлатных брусьев)

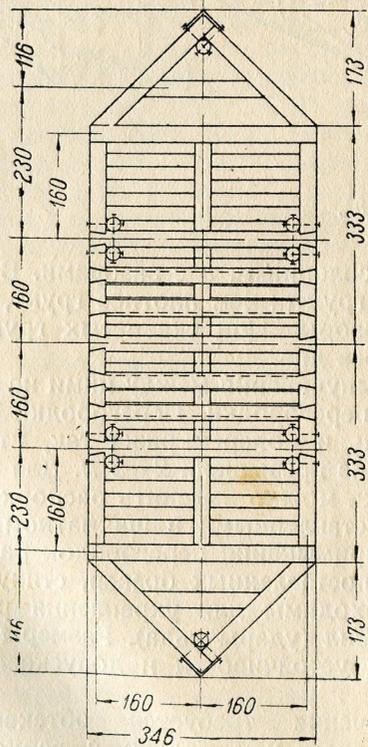


Рис. 85а. Ряжевый бык.

Ряжевый бык в мосту через реку Нюд (рис. 85 а, б) служит опорой для ферм Гау с расчетным пролетом 14 м. Ряж состоит из прямоугольной части размером в плане  $6,66 \times 3,45$  м и двух водорезов, имеющих в плане треугольную форму с верхней и нижней стороны моста. В целях наименьшего стеснения русла углы ряжа рубятся в лапу. Для предохранения носовой части водорезов от ударов плывущих по реке бревен и т. п. режущая грань водорезов обита листовым железом.

Венцы ряжа связаны вертикальными сжимами, приболченными к стенкам. В целях предоставления ряжу возможности свободной осадки дыры для болтов в сжимах следует делать овальными.

Средней продольной стенкой и поперечными стенками ряж разбит на клетки размером  $1,6 \times 1,6$  м. Дно ряжа устроено из бревен, расположенных в шахматном порядке между вторым и третьим, и третьим и четвертым венцами. Во избежание отрыва дна, нижние венцы скреплены металлическими хомутами. Ряж доверху заполнен камнем. С целью предохранения ряжа от подмыва вокруг него сделана каменная наброска.

Ряжевые опоры являются одним из громоздких, дорогих и недолговечных типов мостовых опор. Для постройки ряжевых опор требуется большое количество

лесоматериалов, камня и рабочей силы. Вследствие значительной усушки бревен в поперечном направлении, ряжи дают значительную осадку, достигающую 5% от высоты ряжа. В пре-

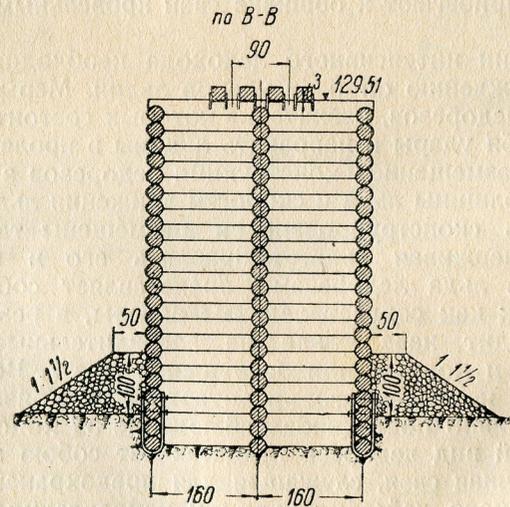
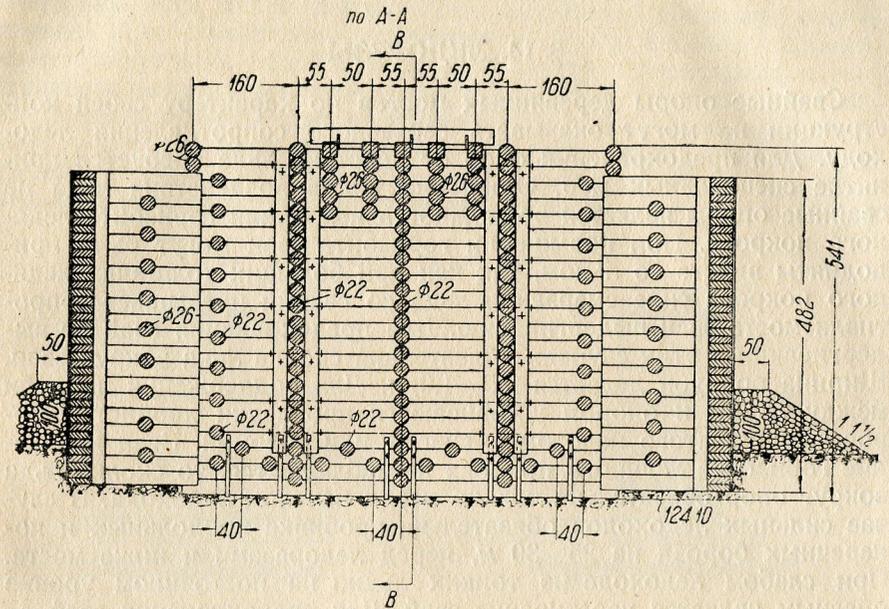


Рис. 85б. Ряжевый бык.

делах колебания горизонта воды стенки ряжа быстро загнивают. Для экономии и уменьшения осадки целесообразно устраивать ряжевую часть только в пределах горизонтов воды; над гори-

зонтом высоких вод следует ставить рамы, опирая их на стенки ряжей. К устройству ряжей на всю высоту опоры следует прибегать в случае, когда от горизонта высоких вод до опорных частей ферм остается незначительный промежуток.

#### § 14. ЛЕДОРЕЗЫ

Свайные опоры деревянных мостов по характеру своей конструкции не могут оказывать серьезного сопротивления ледоходу. Для предохранения опор от действия льда требуется принятие специальных мер. Одним из видов воздействия льда на свайные опоры является возможность изменения горизонта ледяного покрова. При повышении горизонта сваи могут быть приподняты вместе со льдом, так как при больших толщинах ледяного покрова сила смерзания льда со сваями превышает сопротивляемость сваи выдергиванию. Для предохранения свай от выдергивания в этих случаях обязательна сколка льда вокруг сваи. Ширина проруби делается 0,5—1,0 м. Для поддержания проруби между льдом и опорой устраиваются прокладки хвойного хвороста, прикрытого навозом и снегом или соломой. Если изменение горизонта ледяного покрова не наблюдается, то сколка льда вокруг опор обязательна только перед началом ледохода. В случае сильных ледоходов обязательна пробивка продольных и поперечных борозд на 25—30 м, перед ледорезами и ниже моста. При слабом ледоходе из тонких льдин на постоянном уровне опасным является перетирание свай. Для предохранения свай от перетирания прибегают к обшивке свай кровельным железом или досками.

При наличии интенсивного ледохода необходимо принимать меры по ограждению опор от ударов льдин. Меры заключаются в устройстве ледорезов, назначение которых состоит в том, чтобы принять на себя удары и направить льдины в пролет под мостом. Количество, размещение и конструкция ледорезов зависит от типа опор моста, толщины льда и скорости движения льдин. Ледорезы должны быть сконструированы и размещены таким образом, чтобы, не задерживая льда, направлять его в пролет моста. Задерживание льда ледорезами представляет собою большую опасность, так как создает ледяные заторы, в результате которых происходит навал льда на заградительные устройства, подъем воды и подмыв или разрушение моста. Во время ледохода с целью немедленного предотвращения появляющихся заторов обязательно постоянное наблюдение за ходом его.

Простейший вид ледореза представляет собою забитая перед опорой одиночная свая, служащая для предохранения опоры от непосредственного действия льдин и направления их в пролет. Установка одиночных свай достигает цели при незначительном ледоходе, малых скоростях течения и низком горизонте (1—1,5 м); дополнительные сваи предохраняют основные от истирания. Сваи забиваются на глубину 2—3 м и срезаются на уровне на 0,5—0,6 м выше горизонта самого высокого ледохода. При бо-

лее сильном ледоходе применяются кусты, состоящие из забитых вплотную друг к другу свай от 3-х до 15 штук, в зависимости от ширины опоры и силы ледохода.

Куст (рис. 86) обхватывается хомутами из полосового железа. Сопротивление куста движущимся льдинам — довольно значительно. Для повышения устойчивости куста полезно забивать сваи в некотором расстоянии друг от друга с последующим стягиванием голов свай вплотную друг к другу. В пределах горизонтов ледохода кусты следует обшивать листовым железом толщиной 1—2 мм. В целях предохранения торцов свай от гниения над кустом устраивается конусообразная крыша из досок или кровельного железа. Практика существования свайных кустов перед

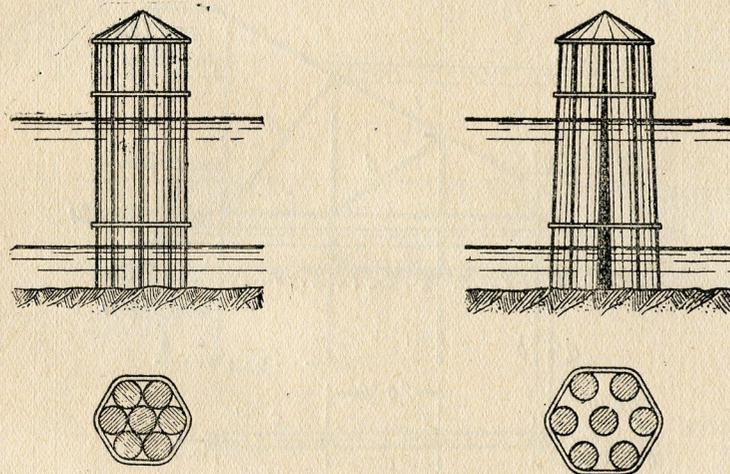


Рис. 86. Кусты свай.

опорами деревянных мостов в Ленинграде свидетельствует о том, что при ледоходах кусты могут служить достаточно надежной защитой.

Ледорезы специальной конструкции устраиваются при наличии крупных льдин и высоком горизонте ледохода.

Для того, чтобы предохранить опоры от расшатывания при ударах льдом, ледорезы устанавливаются независимо от опор, в некотором расстоянии от них. Расстояние между ледорезами и опорами назначается от 1 до 10 м, в зависимости от скорости течения и величин прслетов. Целесообразно удалять ледорезы от опор на значительное расстояние с тем, чтобы льдины при подходе к пролету успели развить достаточную скорость, не создавая заторов; однако, при малых пролетах и большом расстоянии от ледореза до опор льдина на пути следования может отклониться и ударить в свайный бык. Назначение расстояния должно быть произведено так, чтобы создать наиболее благоприятные

условия прохода льда. При больших скоростях ледохода расстояние между опорой и ледорезом принимается в 3—4 м, при малых скоростях оно может быть увеличено.

Ледорез простой конструкции (рис. 87), называемый плоским, состоит из нескольких свай, забитых по одной оси с опорой. Ледорез устроен из 4-х свай различной высоты; по головам свай уложено наклонно бревно, являющееся режущим ребром ледореза. Наклонное бревно прикреплено к сваям поковками из полосового железа. Сваи для устойчивости подперты подкосами; по низу сваи связаны поперечными схватками.

При достаточной продольной устойчивости подобного ледореза боковая устойчивость незначительна. Ледорезы этой кон-

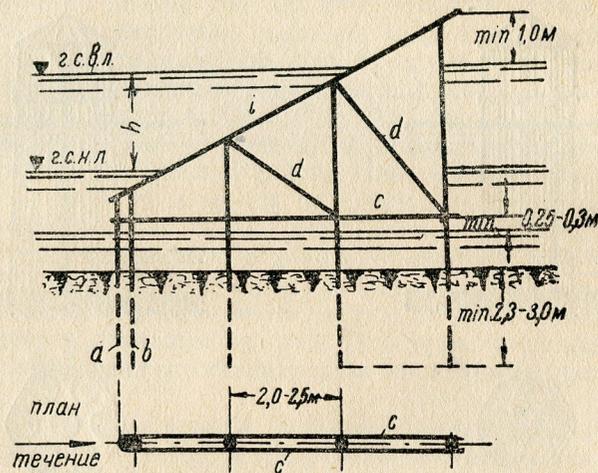


Рис. 87. Плоский ледорез.

струкции употребляются при однорядных свайных опорах и спокойном течении реки.

Двухрядные плоские ледорезы применяются при более широких опорах. Ряды свай располагаются вплотную друг к другу или, при широких опорах, могут быть раздвинуты. В условиях сильного ледохода требуется применение шатровых ледорезов. Ширина шатрового ледореза назначается не менее ширины опоры; в существующих ледорезах она колеблется от 2-х до 8,5 м. Наиболее часто шатровый ледорез состоит из трех продольных рядов свай, сходящихся к носу ледореза (рис. 88). По очертанию шатровые ледорезы бывают двух типов: в первом — пирамидальном — типе нож располагается на пересечении боковых наклонных граней; в другом типе, кроме двух боковых граней, вертикальных или слегка наклонных, имеется крыша, на пересечении граней которой устраивается нож. Последний тип сложнее в исполнении, но имеет более широкое распространение. Низ ножа

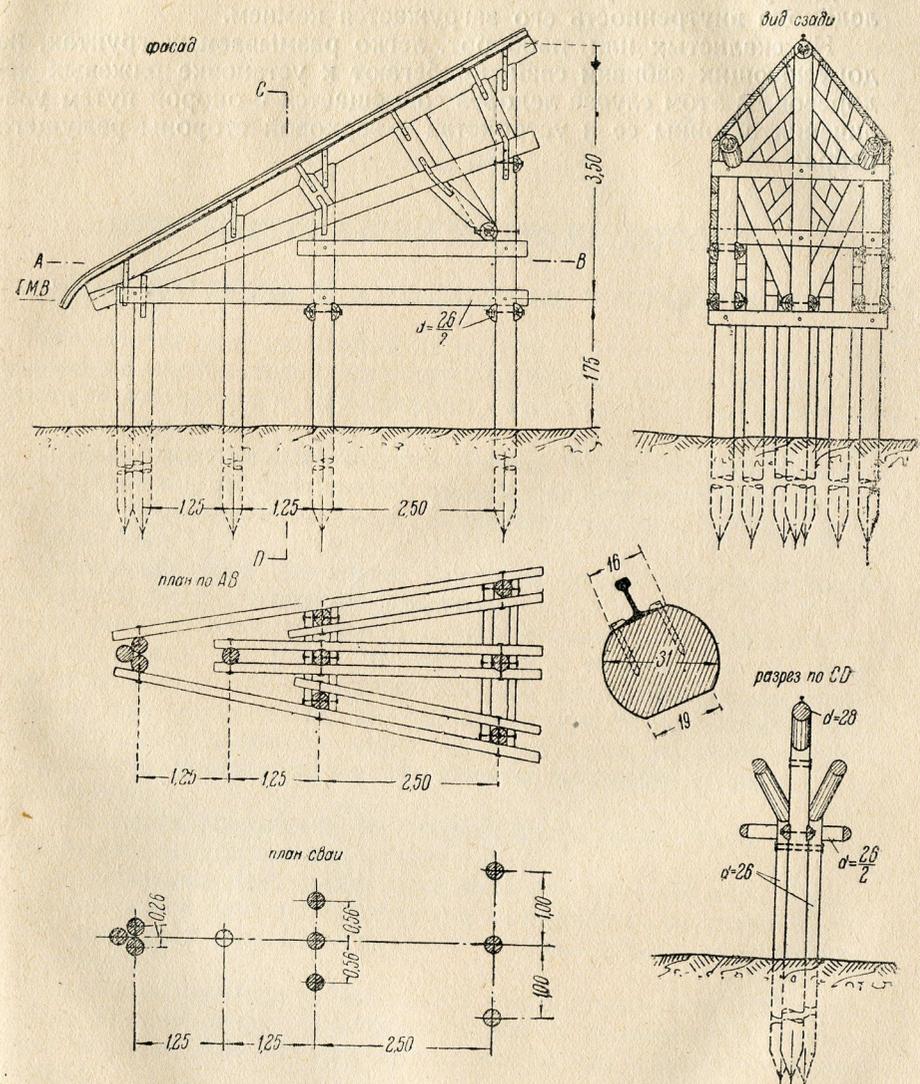


Рис. 88. Шатровый ледорез.

опускается на 0,5—0,75 м ниже самого низкого горизонта ледохода; верх ножа возвышается на 1—1,5 м над самым высоким горизонтом ледохода. Уклон ножа принимается так же, как и в плоских ледорезах, от 1:1,5 до 1:2.

Для увеличения устойчивости ледореза при значительной силе ледохода внутренность его загружается камнем.

На скалистых или, наоборот, легко размываемых грунтах, не допускающих забивки свай, прибегают к установке ряжевых ледорезов. В этом случае ледорез совмещается с опорой путем увеличения ширины ее и устройства с верховой стороны режущего ребра.

### Глава III

## МОСТЫ ПОД АВТОГУЖЕВУЮ ДОРОГУ

### § 15. НАГРУЗКИ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Для мостов под автогужевую дорогу установлено 6 классов подвижной вертикальной нагрузки. Нагрузка состоит из поезда грузовых автомобилей, вес которых определяется в зависимости от класса нагрузки.

Каждая нагрузка обозначается буквой  $H$ , за которой следует число (значок), обозначающее общий вес в тоннах одного из основных грузовиков в поезде, а именно:  $H_{10}$ ,  $H_8$ ,  $H_6$ ,  $H_4$ ,  $H_{2,5}$  и  $H_{1,5}$  (рис. 89).

Применение того или иного класса нагрузки зависит от технического класса и значения дороги.

При расчете поезд грузовиков устанавливается в невыгоднейшем положении как вдоль пролета, так и поперек моста; при этом продольная ось грузовика должна быть параллельна продольной оси моста. Если при установке грузовика остается на тротуаре полоса шириною менее 0,5 м, то толпа не учитывается. Возможность поворачивания грузовиков на мосту в расчет не принимается.

Число рядов грузовиков по ширине моста может быть любое, вызывающее максимальные усилия.

При установке двух рядов грузовиков расстояние между продольными осями двух соседних колес принимается не менее 1,1 м.

Грузовики на смежных путях считаются идущими в одном направлении.

В случае загрузки больше двух рядов грузовиков при определении максимальных усилий или момента производится уменьшение нагрузки как для поперечных балок, так и для пролетных строений:

а) при загрузке 3 рядами — на 15% от нагрузки всех рядов,

б) при загрузке 4 рядами — на 25% от нагрузки всех рядов.

Во всех мостах, рассчитываемых под нагрузку по классам  $H_8$  и  $H_{10}$ , устанавливается обязательная проверка поперечных балок и пролетных строений на нагрузку двумя полосами равномерно

| Род напряжения   | Направление напряжения<br>относит.<br>волокон | Допускаем. на-<br>пряжен. д/в-с леса |                              | Примечание  |  |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------|---|--|
|  |   | д/сосны<br>кг/см <sup>2</sup>        | д/дуба<br>кг/см <sup>2</sup> |   |  |
| Растяжение равномерное . . . . .   | 0°  | 110                                  | 130                          | 0° — вдоль волокон,<br>90° — поперек волок.<br>Высота подушки при сжатии под 90° пред-<br>полагается не более ширины. |  |
|  | 90°   | 2                                    | 6                            |   |  |
| Сжатие равномерное . . . . .   | 0°  | 100                                  | 120                          |   |  |
|  | 90°   | 15                                   | 25                           |   |  |
| Изгиб . . . . .  | 0°  | 110                                  | 130                          |   |  |
| Скалывание при изги-<br>бе и др. случаях уче-<br>та неравномерного<br>распределения ска-<br>лывающих напряже-<br>ний . . . . . | 0°  | 22                                   | 32                           |   | Только для макси-<br>мальных напряже-<br>ний.  |
|  | 90°   | 6                                    | 9                            |   | Допускаются лишь<br>при условии учета<br>длины скалыв. вдоль<br>волокон не свыше<br>семикратн. глубины<br>врубки, а поперек<br>волокон не свыше<br>четырех с полов.<br>глуб. врубки. |
| Скалывание равномер-<br>ное (без отдир. во-<br>локон) . . . . .  | 0°  | 12                                   | 18                           |   |  |
|  | 90°   | 6                                    | 9                            |   |  |
| Перерезывание воло-<br>кон . . . . .   | 90°   | 45                                   | 60                           |   |  |
| Смятие торца . . . . .   | 0°  | 80                                   | 110                          |   |  |
| Смятие первого рода<br>по всей ширине на<br>части длины . . . . .  | 90°   | 25                                   | 50                           | Сминаемая часть $\frac{1}{3}$   |  |
| Смятие второго рода,<br>частичное на части<br>ширины и длины . . . . .   | 90°   | 35                                   | 65                           | Сминаемая часть<br>ширины $\leq \frac{1}{2}$ Смин.<br>часть длины $\leq \frac{1}{2}$                                  |  |
| Смятие под шайбами<br>болтов . . . . .   | 90°   | 45                                   | 85                           |   |  |

распределенной нагрузки с давлением 3,0 тонны на погонный метр полосы, при длине полосы 3,3 м, ширине ее 0,46 м и расстоянии между осями полос 2,35 м. При этом основные допускаемые напряжения разрешается повышать на 50%.

Для упрощения расчета, вместо сосредоточенных грузов, разрешается пользование эквивалентными, равномерно распределенными нагрузками (Приложение II).

Основные допускаемые напряжения при расчете элементов деревянных мостов под автогужевую дорогу принимаются согласно таблице, приведенной на стр. 114.

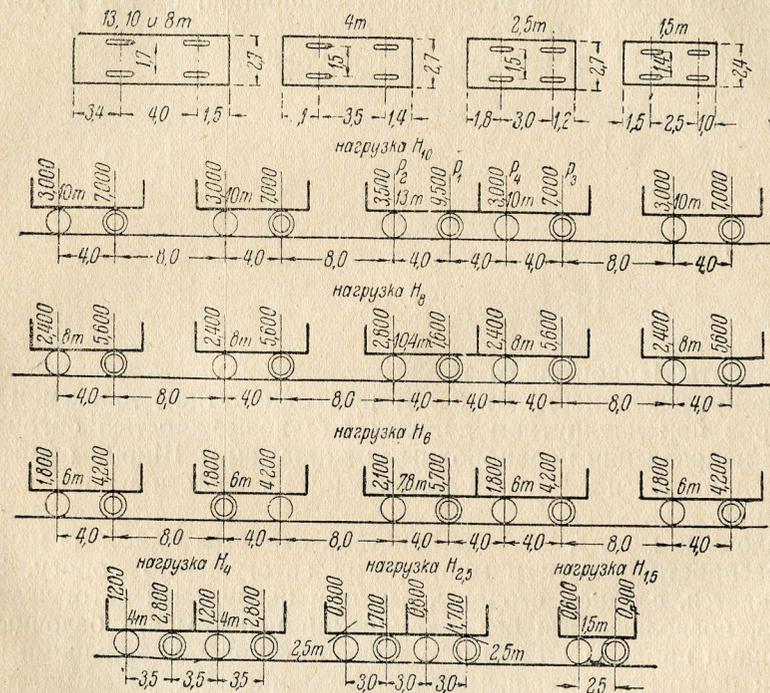


Рис. 89. Нагрузка автогужевых мостов.

## § 16. СИСТЕМЫ МОСТОВ ПОД АВТОГУЖЕВУЮ ДОРОГУ

**Общие замечания.** Нагрузки мостов под автогужевую дорогу, в зависимости от дороги, на которой устраивается мост, имеют большие пределы колебаний. Коэффициент соотношения наиболее тяжелой нагрузки к самой легкой достигает 10. С другой стороны, самая тяжелая нагрузка автогужевого моста значительно легче нормальной железнодорожной нагрузки. Эти обстоятельства позволяют применять в автогужевых мостах большое количество разнообразных систем, обладающих меньшей жесткостью, чем системы, применяемые в мостах под железную дорогу.

Подвижная нагрузка железнодорожных мостов может находиться только на определенных линиях моста — в местах распо-

ложения рельс; в автогужевых мостах нагрузка может быть расположена в любой точке в пределах ширины проезжей части моста. Это обстоятельство влияет на конструкцию моста. Расположение коренных свай, прогонов и элементов проезжей части должно быть произведено таким образом, чтобы придать конструкции способность воспринимать нагрузку, находящуюся в любой точке полотна моста.

Ширина мостов под автогужевую дорогу, в зависимости от назначения и места их расположения, имеет различную величину. Пешеходные мосты имеют ширину от 1,5 м, мосты на дорогах с грузовым движением устраиваются шириной от 3,5 м до нескольких десятков метров в тех случаях, когда мост строится в пределах города и является частью улицы.

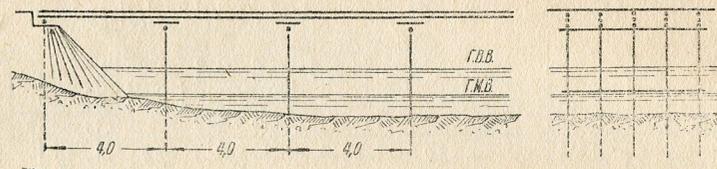


Рис. 90.

Габариты Цудортранса предусматривают шесть стандартных ширин проезжей части от 3,5 м при однопутном движении до 9 метров при двухпутном движении (с возможностью обгона в одном направлении неоднородными экипажами). Ширины тротуаров принимаются в зависимости от интенсивности пешеходного движения.

**Балочные мосты.** Балочная система является одной из наиболее распространенных в мостах под автогужевую дорогу. Это объясняется, с одной стороны, легкими нагрузками автогужевых мостов, позволяющими без затруднений перекрывать балочными прогонами пролеты до 6 м и, с другой стороны, небольшими высотами насыпей, применяемыми в большинстве случаев на трассах автогужевых дорог.

Основными элементами балочного моста (рис. 90) являются: настил, прогоны, насадки и сваи. В поперечном направлении коренные сваи располагаются равномерно по всей ширине с расстоянием 1,2—1,7 м между осями свай. В виду большой ширины мостов, откосные сваи, как правило, не устанавливаются. Поперечная устойчивость достигается установкой связей между коренными сваями.

**Трапециoidalно-подкосные мосты.** При необходимости увеличить пролет сверх нормальных пределов перекрытия простыми прогонами прибегают к созданию опор для прогона на концах подбалок.

Жесткость концов подбалок обеспечивается установкой подкосов, подпирающих концы подбалок (рис. 91). За расчетный пролет прогона принимается расстояние между центрами врубок

подкосов в подбалки. Систему принято называть трапециoidalно-подкосной. Вертикальное давление прогона разлагается на составляющие по направлению подкоса и подбалки. Подбалка стремится сдвинуться внутрь пролета. Для обеспечения неподвижности подбалки ее необходимо связывать с прогоном. Усилие в подкосе в нижнем узле разлагается на вертикальную и горизонтальную составляющие, на которых последняя стремится изгибать сваю. В виду небольших величин распоров в мостах под

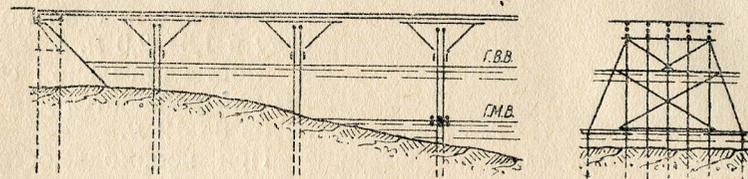


Рис. 91.

автогужевую дорогу, а также учитывая, что выпучиванию свай некоторое противодействие оказывает подкос смежного пролета, затяжки в мостах трапециoidalно-подкосной системы не устанавливаются. При высших классах нагрузки, для придания опорам большей продольной жесткости, их устраивают двухрядными.

Мосты трапециoidalно-подкосной системы устраиваются для пролетов 6—8 м. Угол наклона подкосов к горизонту принимается в пределах 45—60°. Пролет прогона между точками упора верхних концов подкосов колеблется в пределах 0,5—0,7 от пролета моста.

**Ригельные мосты.** Применение мостов трапециoidalно-подкосной системы при пролете около 10 м создает расчетный пролет прогона около 6 м, что при нагрузках высших классов является предельной величиной для прогонов из леса наиболее ходких размеров. С другой стороны, распределение материала прогонов в системе происходит нерационально: так, средний уча-

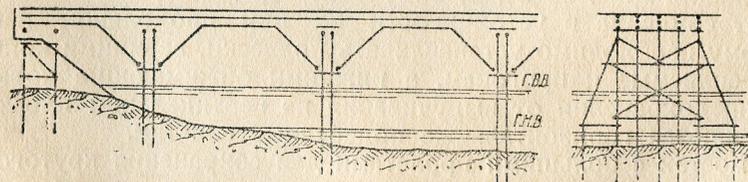


Рис. 92.

сток, имеющий наибольшие значения изгибающих моментов, имеет наименьшее сечение прогонов, наоборот, в крайних участках при меньших пролетах прогон усилен подбалкой. Более рациональное распределение материала достигается в ригельной системе (рис. 92). Средний участок прогона усилен дополнительным элементом, называемым ригелем, концы которого подперты

подкосами. Ригельная система является изменяемой; жесткость ее может быть обеспечена только при неподвижности точек верхних узлов. Для восприятия распора, передающегося на опоры, в местах примыкания нижних концов подкосов требуется устройство солидных опор. При высотах насыпи до 6—7 м ограничиваются устройством опор из двух рядов свай по фасаду с промежутком в 0,4—0,5 м между рядами. Если высота насыпи равна или превосходит 8 м, то следует опоры устраивать башенного типа с расстоянием между рядами свай по фасаду в 1,5—2,0 м.

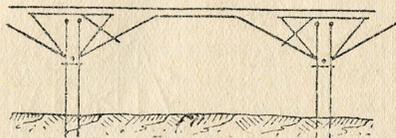


Рис. 93а.

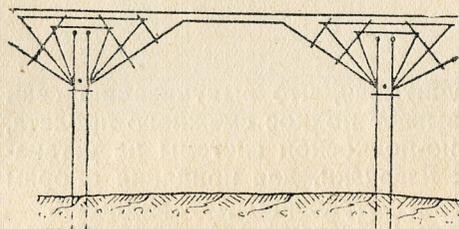


Рис. 93б.

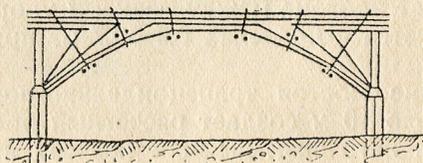


Рис. 93в.

комбинаций (рис. 93 б). В виду большой длины подкосов возникает сомнение в устойчивости их при продольном изгибе. Поэтому необходимо устанавливать подвески, верхними концами прикрепляемые к прогонам, а нижними обжимающие подкосы. Для предохранения от выпучивания из вертикальной плоскости применяются горизонтальные поперечные схватки.

В мостах с большими пролетами для сохранения крутого наклона подкосов приходится устраивать их с переломом (рис. 93 в). Длина леса, необходимого для подкосов, значительно сокращается. В местах перелома устанавливаются подвески. Систему принято называть арочно-подкосной.

**Арочные мосты.** Деревянные арки делают из досок или брусьев (рис. 94). В большинстве случаев плавное очертание арок принимается по дуге круга или по параболе. Заполнение между аркой и прогоном устраивается из вертикальных или радиальных стоек. Пологость арок принимается таким образом, чтобы отно-

шение стрелы к пролету колебалось в пределах от  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{10}$ . Изгиб досок из свежераспиленного леса производится без каких-либо особых мер. Сухие доски во избежание трещин необходимо перед изгибом пропарить или вымочить. Доски соединяются между собою деревянными нагелями или гвоздями. В арках из брусьев между брусьями устанавливаются шпонки или колодки.

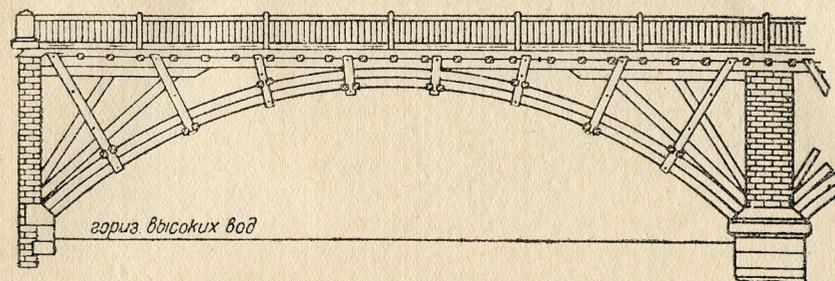


Рис. 94. Арочный мост.

Арочные мосты применяются довольно редко в виду сложности их изготовления и значительных величин распоров, требующих устройства солидных опор.

## § 17. БАЛОЧНЫЕ МОСТЫ

Мост через рукав р. Охты в Ленинграде (рис. 95) имеет длину поверху 22 м. Расстояние между осями крайних свай в 21 м разбито на 4 средних пролета по 3,8 м и 2 береговых по 2,9 м. В береговых пролетах в двух уровнях поставлены горизонтальные продольные схватки из пластин  $d = \frac{22}{2}$  см. Промежуточные опоры моста имеют высоту около 4 м. Опора состоит из одного ряда свай. В поперечном направлении в ряду имеется 6 коренных свай и пара откосных. Относительно высокий горизонт меженных вод определил отметку срезки откосных свай. Над горизонтом меженных вод установлены горизонтальные поперечные схватки из парных пластин, обжимающих сваи. Схватки, имеющие длину более 10 м, устроены из двух частей, расположенных в разных уровнях; таким образом, стык осуществляется путем захода схваток друг за друга на средних сваях. Для усиления поперечной устойчивости дополнительно установлены две пары диагональных полусхваток. Укосины — из бревен  $d = 23$  см. Коренные сваи расставлены на расстоянии 1,40 м; средняя пара свай сближена до 0,7 м. Подобное расположение средних свай вызвано необходимостью устройства стыка поперечин, который сделан навесу в середине проезжей части.

Пргоны расположены в плоскостях коренных свай. Сечение прогона состоит из двух бревен  $d = 29$  см, расположенных в 2 яруса. По прилегающим граням прогонов устроена стеска шири-

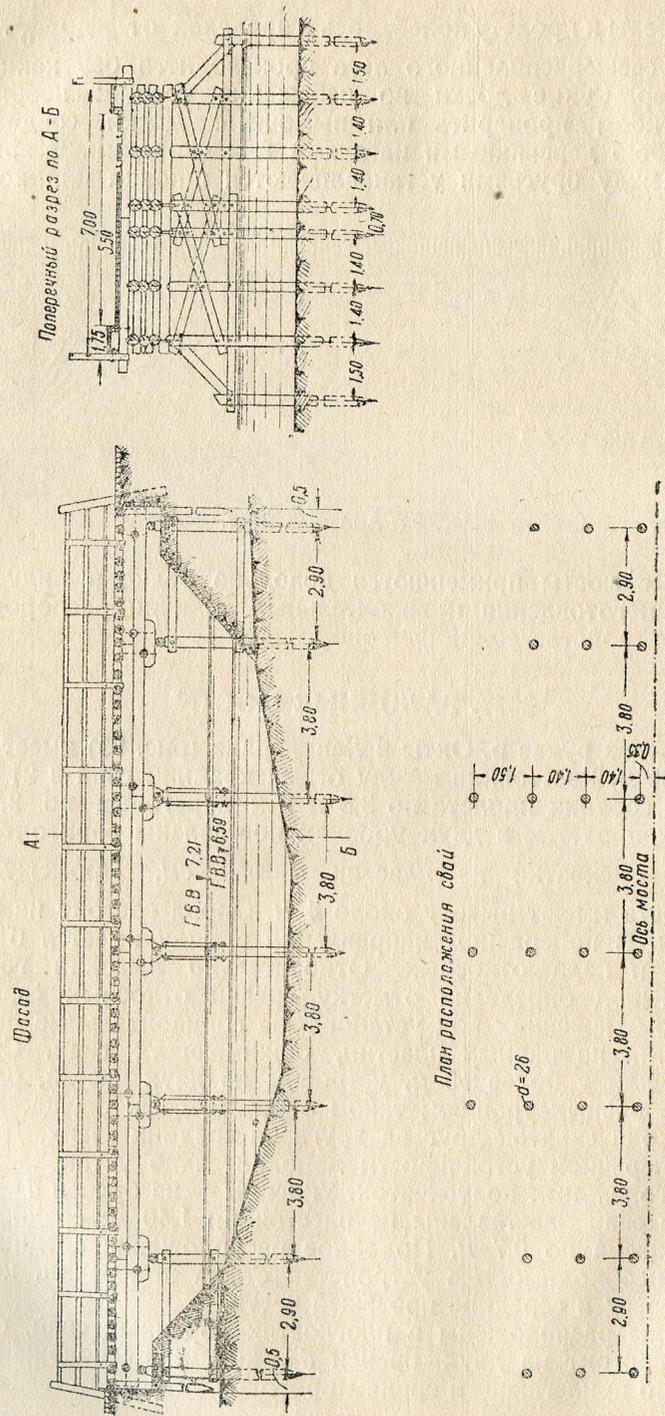


Рис. 95. Балочный мост.

ною  $\frac{d}{5}$ . Стыки прогонов расположены вразбежку над опорами. При принятом расположении стыков для прогонов требуется лес длиной в 7,60 м. Для усиления стыка над опорами уложены подбалки длиной в 1,20 м из бревен того же сечения, что и прогоны. Между подбалками и прогоном и между бревнами прогонов уложены шпонки (иначе называемые анкерами) из бревен  $d = 18$  см; в целях обеспечения поперечной неподвижности прогонов они пропущены на всю ширину моста. Через шпонки проходят вертикальные болты, стягивающие прогоны с подбалкой. Для связи пролетного строения с опорой применены поковки из полосового железа, прикрепленные болтами к свае и к подбалке. Проезжая часть состоит из поперечин и настила. Поперечины из бревен  $d = 25$  см уложены на прогоны, на расстоянии 38 см между осями. Благодаря наличию стыка на оси моста, поперечинам придан уклон от середины проезжей части к краям в 1,5%. Уклон достигается различной глубиной врубок в поперечинах в месте сопряжения с прогоном. Наличие стыка в середине удобно в отношении эксплуатации. Ремонт моста (смена настила и т. п.) можно производить, закрывая движение только на одной половине моста.

Настил двойной досчатый уложен по направлению вдоль моста. Нижний, настил из досок  $6 \times 22$  см уложен с зазором в 2 см между гранями, что улучшает условия отвода воды и проветривания. Верхний настил — из досок сечением  $5 \times 24$  см.

Тротуары — шириною по 0,75 м. Тротуарный настил укладывается по направлению поперек моста и опирается, с одной стороны, на доску, поставленную на ребро, а, с другой стороны, на стойный брус; таким образом ширина отбойного бруса входит в ширину тротуара. Тротуар имеет уклон внутрь пролета в 0,5%. Вода с настила, стекающая к отбойным брусам, выпускается в отверстия в настиле, устраиваемые через каждые 2 м.

Сопряжение моста с насыпью устроено посредством щита, опирающегося на специально забитые сваи.

Двухрусное расположение прогонов вызывает усложнение конструкции и увеличивает расход железа. Для упрощения сборки применяются конструкции балочных мостов с однорусным расположением прогонов. Мосты с однорусными прогонами при небольших пролетах и легких нагрузках не имеют существенных отличий от описанного выше примера. При тяжелых нагрузках или больших пролетах количество бревен в прогонах превышает число коренных свай в опоре. Бревна однорусных прогонов приходится укладывать не только над осями коренных свай, но и в промежутках между ними, причем нагрузка передается на сваи насадкой, которая, кроме смятия, работает на изгиб. Для более полного использования материала и упрощения обработки прибегают к обтеске бревен на 2 канта, с оставлением естественной коничности по двум другим сторонам.

Однако, мосты из круглого леса, даже при тщательной разработке проекта конструкции в отношении уменьшения количе-

ства врубок, все же требуют обработки и пригонки соединений на месте работ. Упрощения сборки можно достигнуть при постройке моста из пиломатериалов. При постройке большого количества мостов предварительная механизированная заготовка элементов в одном месте и упрощение сборки окупают разницу в стоимости пиломатериала и круглого леса, что делает применение мостов из пиломатериалов экономически более выгодным, нежели мостов из круглого леса.

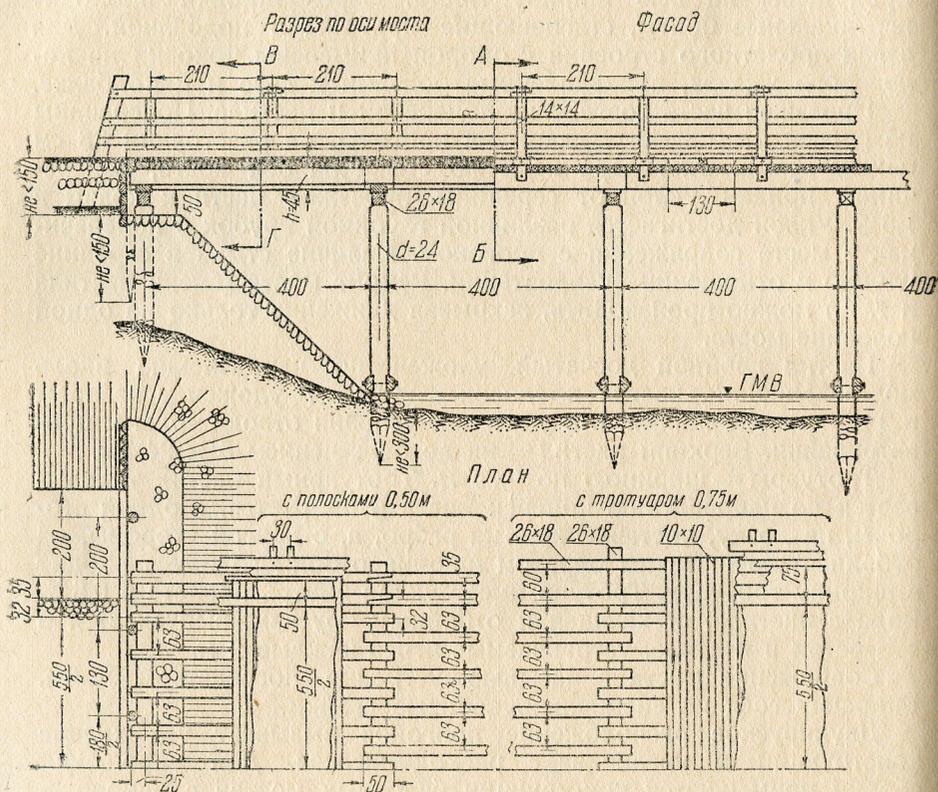


Рис. 96а.

Проекты мостов (так называемого, американского типа) балочной системы из пиломатериалов составлены для пролетов 4,0 и 6,5 м.

При пролетах 4,0 м под нагрузку  $H_s$  прогоны состоят из брусьев сечением  $18 \times 26$  см (рис. 96 а, б). При ширине проезжей части в 5,5 м укладывается 8 брусьев, не считая двух брусьев под колесоотбоями и двух под тротуарами. Стык брусьев прогона осуществляется на насадке путем размещения прогонов в разных плоскостях и выпуска концов их друг за другом; количество брусьев в одном из пролетов 8, а в смежном — 9. Брусья под колесоотбоями и под тротуарами расположены в одной плоскости

на всей длине моста; стыки их устраиваются путем стески впол-дерева в вертикальной плоскости. Расстояние между осями брусьев принято в 63 см, независимо от расстояния между коренными сваями, следовательно, насадка работает на изгиб. Укладка прогонов на насадку произведена не непосредственно, а при помощи подуклонок из брусьев, уложенных на насадки, имеющих толщину у концов насадок в 5 см, а на поперечной оси моста

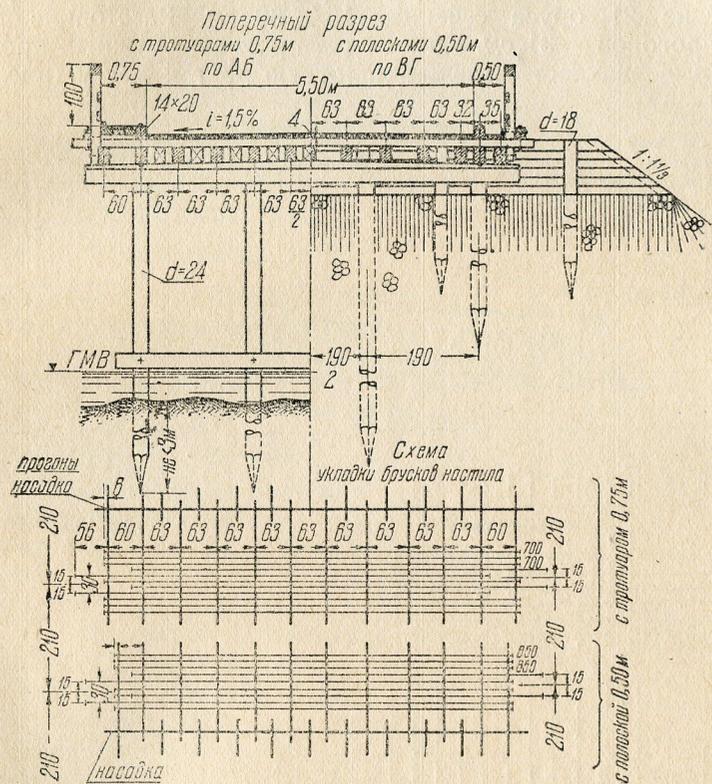


Рис. 96б.

10 см. Благодаря подуклонкам, осуществляется поперечный уклон проезжей части в обе стороны от оси моста в 1,5%.

По прогонам уложен настил из брусьев сечением  $10 \times 10$  см, расположенных вплотную друг к другу. Брусья настила прибиваются гвоздями к прогонам. Для создания монолитности настила каждый брусочек прибивается горизонтальными гвоздями к соседнему. По брускам укладывается слой асфальтобетона толщиной в 4 см.

Опоры свайные — обычного типа. Каждая опора состоит из 4-х коренных свай, расположенных на расстоянии 1,9 м между осями. В опорах при высоте более 4-х м над горизонтом меж-

них вод устанавливаются горизонтальные поперечные схватки из пластин  $d = \frac{20}{2}$  и диагональные схватки в одном направлении. При высоте более 5 м забивается пара откосных свай, устанавливаются укосины и перекрещивающиеся диагональные схватки.

Насадка из бруса сечением  $26 \times 18$  см прибивается к сваям стальными штырями  $d = 19$  мм длиной 50 см.

При пролете 6,5 м и ширине проезжей части 5,5 м прогоны состоят из 21 бруса сечением  $15 \times 30$  см. Расстояние между осями прогонов — 31 см. На насадке прогоны смежных пролетов, стыкуемые внахлестку, лежат вплотную друг к другу (рис. 97 а).

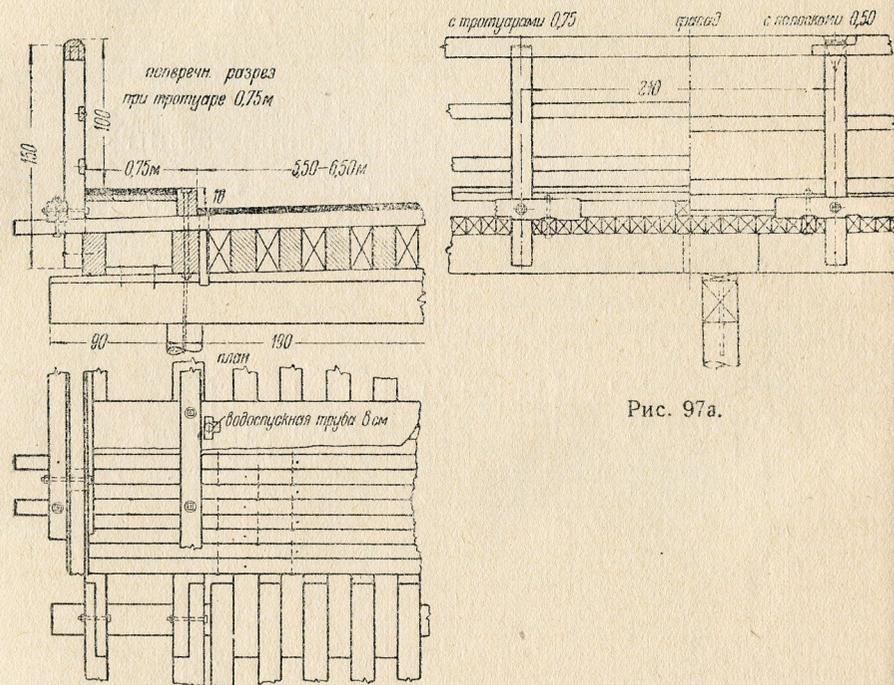


Рис. 97а.

Тротуары назначены шириною по 75 см. Тротуар отделяется от проезжей части колесоотбойным брусом сечением  $14 \times 20$  см. Ширина бруса входит в ширину тротуара; в остальной части тротуара уложен слой асфальтобетона по досчатому настилу.

При отсутствии тротуара устраиваются полосы безопасности шириною в 50 см (рис. 97 б).

Основная цель, преследуемая проектом моста, упрощение сборки и создание возможности заводского изготовления отдельных элементов — в значительной мере разрешена. К достоинствам проекта следует отнести малый расход железа на крепежные элементы.

Существенным недостатком проекта является недоработанность вопроса об удлинении срока службы дерева. По сравнению

с круглым лесом, в обработанных сечениях (бруски, доски, брусья) дерево в большей мере подвержено усушке, растрескиванию и разбуханию от действия атмосферных влияний. При применении пиломатериалов вопросы удлинения сроков службы дерева приобретают серьезное значение. В американской практике постройка деревянных мостов производится из леса, пропитанного антисептическими средствами.

Из конструктивных недостатков проекта следует отметить: изгиб насадок, значительный прогиб прогонов, что нарушает жесткость конструкции, вызывая расстройство асфальтобетонного настила, недостаточную связь между прогонами в поперечном направлении и слабую связь между пролетным строением и опорой.

## § 18. ПОДКОСНЫЕ МОСТЫ

Трапециально-подкосные мосты применяются для пролетов до 10 м. При легких нагрузках, проезжая часть моста устраивается без поперечин (рис. 98). Верхний настил из досок сечением  $6 \times 20$  см уложен по настилу из пластин  $d = \frac{22}{2}$ . Пластины, расположенные вплотную друг к другу, опираются непосредственно на прогоны, одновременно выполняя роль нижнего настила и поперечин. Вследствие тесной пригонки пластин, вода просочившаяся с досок верхнего настила, будет застаиваться и явится причиной быстрого развития гниения. Ремонт нижнего настила возможен при закрытии движения по мосту. Ширина проезжей части 3,5 м. Проезжая часть ограничена колесоотбойными из бревен  $d = 22$  см. Через 10 м в колесоотбойных устраиваются прорезы шириною 25 см для удаления воды и мусора с проезжей части. Тротуаров — нет. Для устранения возможности ударов кузова экипажа о перила расстояние между осями перил принято в 4,5 м. От внутренних граней колесоотбоев до перил остаются промежутки по 0,5 м, которые называются полосками безопасности. Перильные стойки из бревен  $d = 15$  см подперты подкосом  $d = 12$  см. Заполнение сделано из доски  $10 \times 5$  см, поручень — из бревна  $d = 15$  см. Длина пластин настила принята в 6 м, что при ширине проезжей части в 3,5 м и расстоянии между осями крайних прогонов 3,6 м создает свесы по 1,25 м с каждой стороны. Применение длинных пластин является излишним. Пластины длиной 6 м необходимы в местах установки перильных стоек; остальные пластины следовало принять длиной не более 5 м.

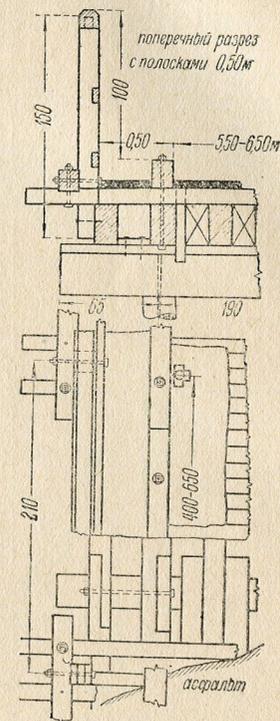


Рис. 97б.

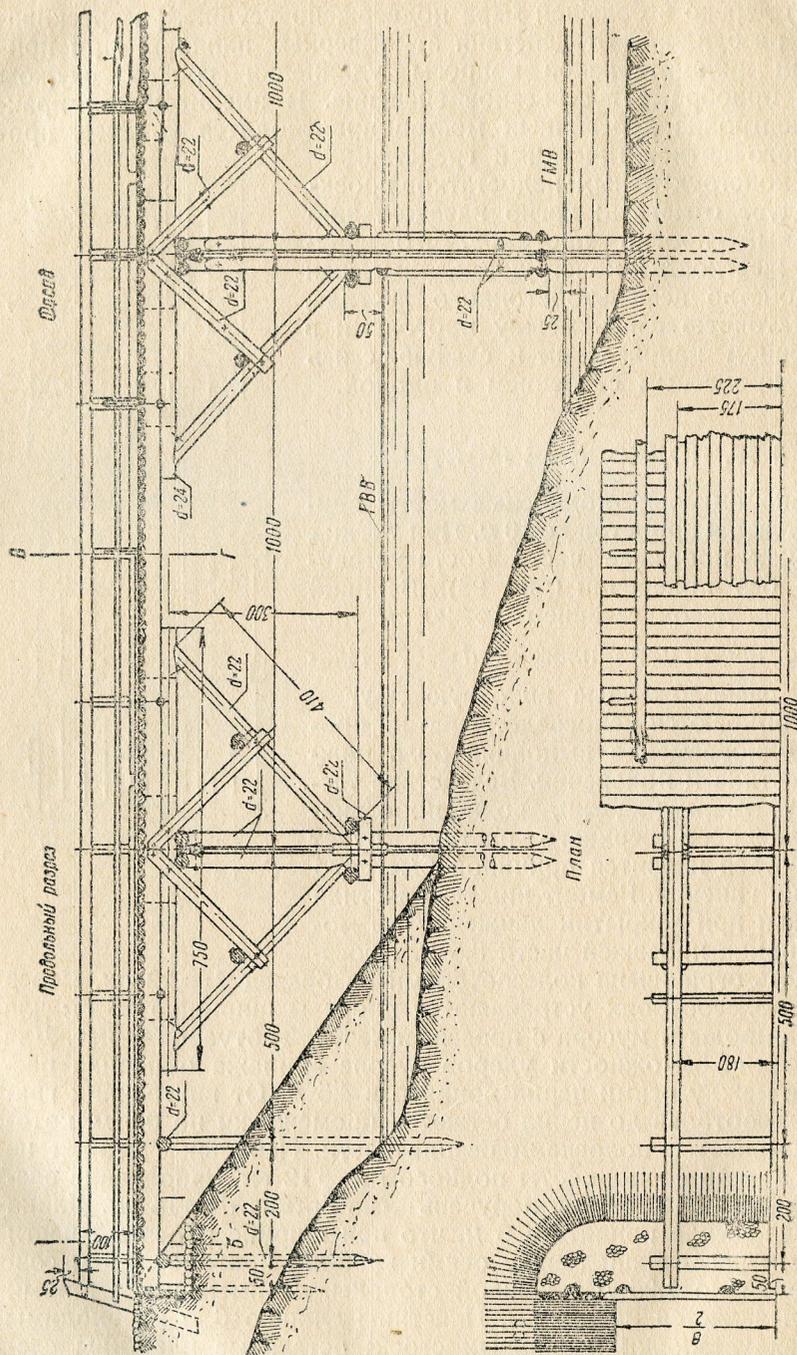


Рис. 98,

Вопрос отвода воды с настила не разработан. В виду отсутствия поперечных уклонов настила обязательно расположение моста на продольном уклоне.

Пргоны и подбалки — из бревен  $d = 24$  см. Длина подбалки 7,5 м. Средний участок прогона между вершинами подкосов имеет пролет 3,5 м. Стыки прогонов расположены в пределах подбалки с таким расчетом, чтобы полностью использовать стандартные длины леса. Подбалки связаны с прогонами болтами и шпонками.

Подкосы — из бревен  $d = 22$  см. В середине длины подкосы, связанные поперечной схваткой из бревна  $d = 20$  см, обжаты подвеской, прикрепленной верхними концами к прогонам. Верхним концом подкос врублен в подбалку одиночным зубом и связан

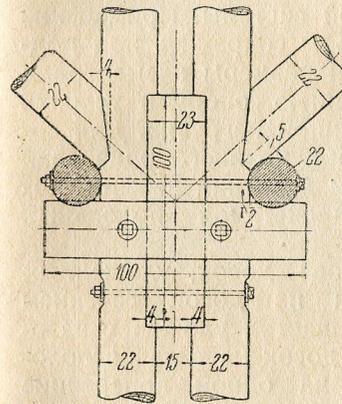


Рис. 99. Нижний узел.

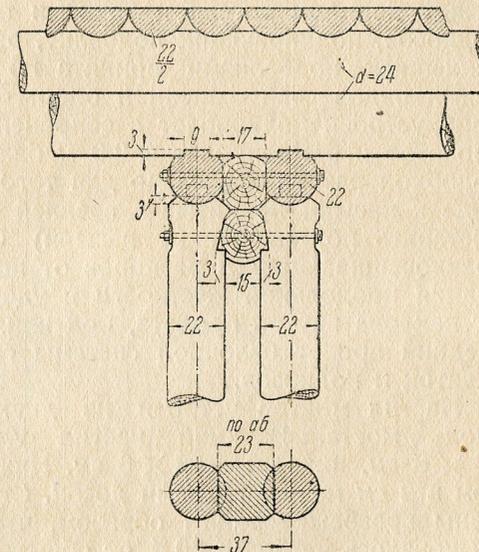


Рис. 100. Деталь опоры.

скобой. Нижним концом подкос врублен в коренную сваю (рис. 99) на глубину в 4 см. Концы подкоса прижаты к опоре поперечными схватками из бревен  $d = 22$  см. Для жесткости узла установлены короткие продольные схватки из пластин  $d = \frac{22}{2}$ .

Между сваями опоры установлена колодка длиной в 1,0 м, врубленная в сваи на 4 см. Оба ряда свай стянуты горизонтальными болтами.

Вверху опоры (рис. 100) насадки смежных рядов свай стянуты болтами, для чего между насадками уложено прокладное бревно. Для того, чтобы прокладное бревно не провисало, под него установлены коротыши, врубленные в сваи. Установка прокладного бревна создает условия для скопления воды в промежутках между насадками и бревном.

Опоры, двухрядные — по фасаду, в поперечном направлении состоят из 3-х коренных и пары откосных свай в ряду. Расстоя-

ние между откосными сваями, при высоте моста от горизонта межених вод до настила не более 8 м, принято в 11,6 м, что является излишним. Достаточно принять это расстояние в 8—8,5 м.

Проекты мостов комбинированной системы (из ригельной и трапециевидно-подкосной) в качестве общесоюзного стандарта составлены для пролетов 14,5 и 18,5 м и для различных классов нагрузок и габаритов.

Промежуточные опоры моста (рис. 101) — башенного типа. Расстояние между осями опор — 18,5 м; пролет между осями внутренних рядов свай составляет 17,0 м. Длина среднего участка прогона, усиленного ригелем, назначена в 5,20 м; расстояние между концами ригеля и точками примыкания верхних концов подкосов, подпирющих подбалку, равно 2,60 м; длина участков, усиленных подбалками принята по 3,30 м. Расстояние между осями рядов свай башенной опоры — 1,5 м. При подходе к насыпи устроен полупролет с сохранением всех размеров средних пролетов и один пролет в 2,0 м балочной системы. Применение подобной разбивки сделано для того, чтобы сохранить при подходе к насыпи принятые в средней части размеры элементов и поставить последнюю (к насыпи) башенную опору в условия уравновешивающихся распоров от постоянной нагрузки. Для создания продольной жесткости и удержания крайнего ряда свай от наклона внутрь пролета, под влиянием давления насыпи, последний пролет балочной системы связан системой продольных схваток и подкосов.

Настил мостов устроен из двух слоев досок, уложенных вдоль моста. Верхний настил уложен из досок сечением  $24 \times 6$  см, нижний —  $22 \times 6$  см. Нижний настил уложен с зазором в 2 см между гранями досок. Стыки досок настила расположены вразбежку таким образом, чтобы на одной поперечине стыковалось не более 30% от общего количества досок.

Поперечины из круглого леса  $d = 19$  см отесаны на 2 канта с шириною стески  $\frac{d}{3}$  при полном сохранении коничности. Стык поперечин устроен внахлестку на среднем прогоне. Благодаря коничности бревен поперечин при укладке их концами к середине, плоскости верхних граней поперечин располагаются с наклоном в обе стороны от оси моста. Используя коничность поперечин и предусматривая врубку их в крайние прогоны, можно придать настилу поперечный уклон в 1,5% в обе стороны от оси полотна. Расстояние между осями поперечин принято в 50 см.

Для устройства тротуара каждая четвертая поперечина имеет консоль в 1,25 м. Тротуар шириною в 0,75 м устраивается (рис. 102а) на 15 см выше настила в месте примыкания его к тротуару. Проезжая часть отделена от тротуара колесоотбойным брусом сечением  $14 \times 20$  см. Верхняя грань бруса находится в одной плоскости с тротуарным настилом и является частью тротуара. Настил из досок сечением  $24 \times 5$  см, уложенных вдоль моста, прибавается к особым коротышам, называемым кобылками. Кобылки опираются одним концом на нижний настил

проезжей части, а другим на так называемый прижим, используемый для прикрепления перильной стойки. Перильная стойка и поручень приняты из брусков  $14 \times 14$  см; заполнение устроено

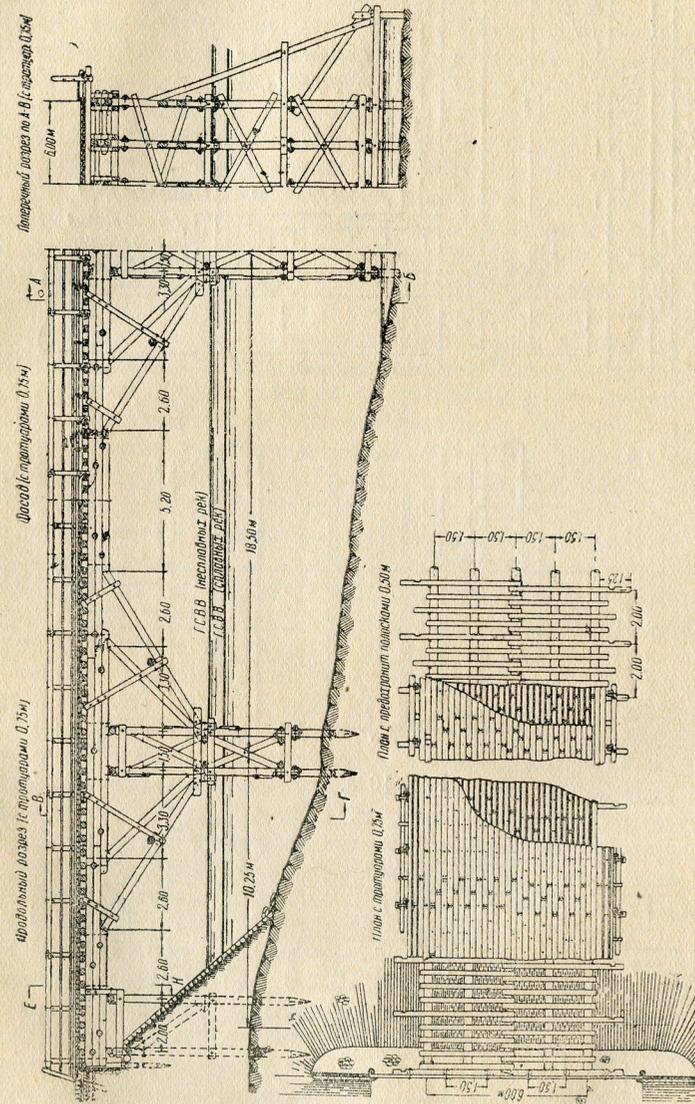


Рис. 101. Мост комбинированной системы.

из досок  $10 \times 5$  см, для укладки которых сделаны соответствующие пропилы в стойках. Перильная стойка связана врубками и болтами с прижимом и поперечиной.

При отсутствии тротуаров устраиваются предохранительные полосы шириною по 50 см. Проезжая часть ограничена колесоотбойными из бревен  $d = 22$  см. Конструкция перил — прежняя. Для



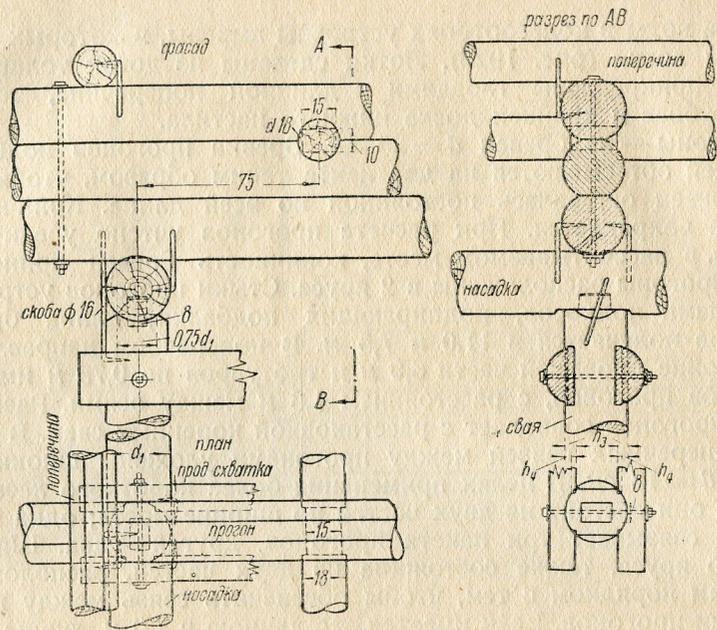


Рис. 103.

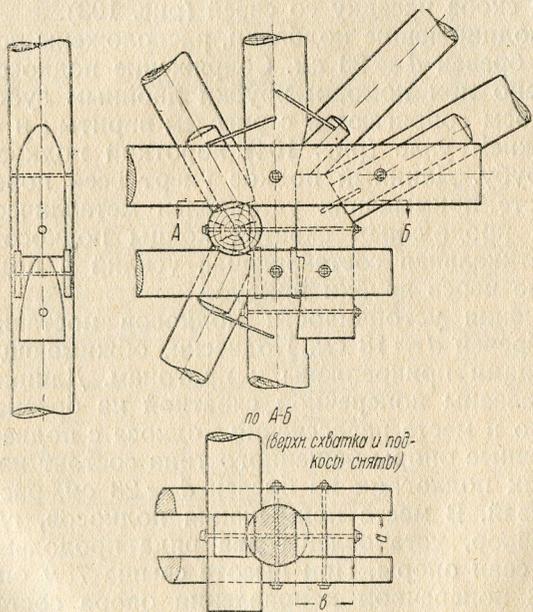


Рис. 104. Нижний узел.

принимается, в зависимости от высоты опоры, от 2-х до 3,5 м. Во всех ярусах устанавливаются диагональные схватки из пластин  $d = \frac{22}{2}$ . Забивка свай производится до отказа, но на глубину не менее 3 м. При глубине межених вод более 2 м предусмотрено устройство подводных связей (рис. 105), установка которых производится без помощи водолазов. К свае прибалчивается прируб таким образом, чтобы после забивки он оказался на уровне земли. После забивки сваи по ней опускается подкос со свободным хомутом. Как только подкос упрется в прируб,

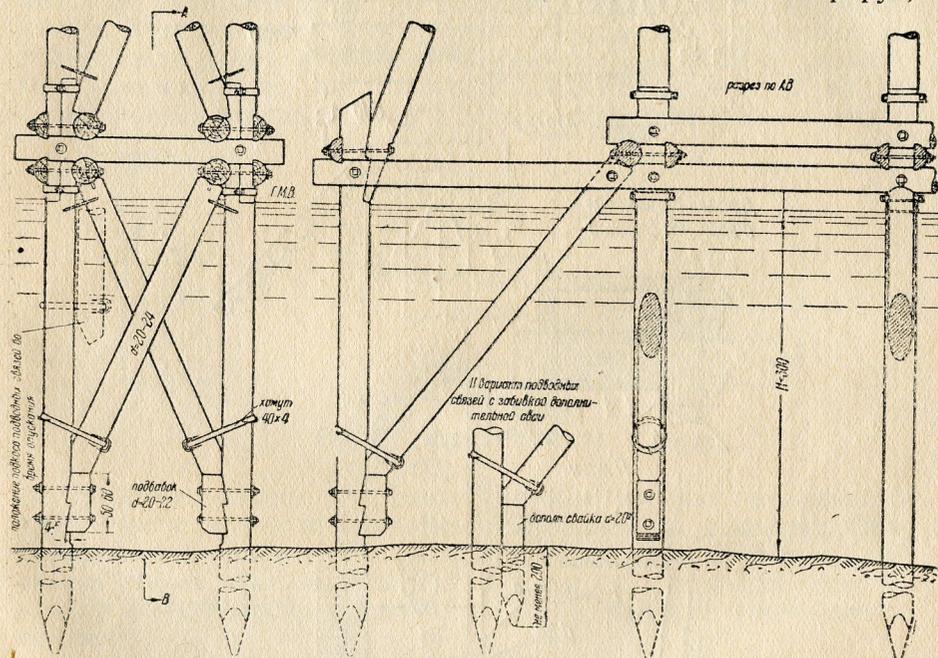


Рис. 105. Подводные связи.

его поворачивают, чтобы верхний конец его уперся в соседнюю сваю. В месте упора подкосов устанавливаются продольные и поперечные схватки. В тех случаях, когда глубина забивки свай изменяется, вместо прируба забивается дополнительная свая.

Сопряжение моста с насыпью (рис. 106) устраивается посредством заборной стенки из пластин, поддерживаемой специальными стойками. Последняя поперечина укладывается на головы свай, поддерживающих щит. На насыпи при сопряжении с мостом, на глубине 30 см от верха полотна, уложена мостовая длиной в 1 м. Для уменьшения возможности образования выбоин перед мостом верхний настил продолжен за заборную стенку на расстояние 50 см, где опирается на поперечину, уложенную непосредственно на насыпи.

## § 19. ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ

**Настил.** Настил служит для непосредственного восприятия подвижной нагрузки. В соответствии с этим требуется, чтобы настил обладал гладкой поверхностью и отличался прочностью. Наиболее распространенным для мостов под тяжелую нагрузку является двойной досчатый настил. Верхний настил из досок толщиной 5—7 см может укладываться вдоль моста, поперек его или в елку (рис. 107).

При расположении верхнего настила вдоль моста происходит быстрый износ тех досок, по которым наиболее часто проходит колеса. Хотя требуется частая смена досок, но при этом меняется только часть досок, наиболее изношенных. При настиле, уложенном поперек моста, все доски изнашиваются одинаково, но на определенных участках длины. Смена настила производится резе,

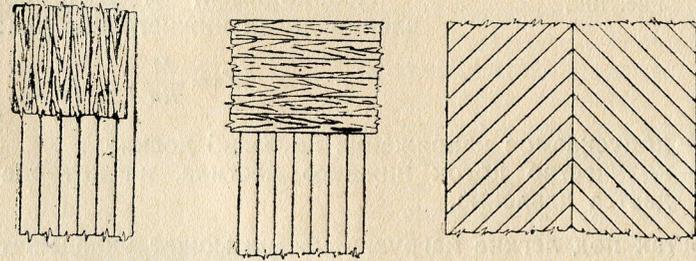


Рис. 107. Досчатый настил.

но требуется замена всех досок. Ремонт настила, уложенного вдоль моста, может производиться без перерыва движения. При поперечном настиле смена настила без перерыва движения возможна только при наличии стыка досок на оси моста. Настил в елку употребляется довольно редко и никаких преимуществ не имеет.

В большинстве случаев материалом для досок настила является сосна. Срок службы настила зависит от интенсивности движения и рода движущихся единиц, колеблясь от 6 месяцев до 4-х лет. Для отвода воды настилу должен придаваться поперечный, либо продольный уклон. Выпуск воды устраивается через особые отверстия. В целях отвода воды, просочившейся через верхний настил, и создания условий проветривания нижний настил укладывается с промежутком в 1,5—2 см между досками.

Сопrotивление досок верхнего настила при расчете не учитывается, так как износ его может достигать половины и даже больше толщины.

При расчете досок нижнего настила считается, что нагрузка от колеса передается через доску верхнего настила на несколько досок нижнего. В случае верхнего продольного настила количество досок нижнего настила, на которое передается давление от колеса, зависит от ширины сбода; по «Техническим Условиям»

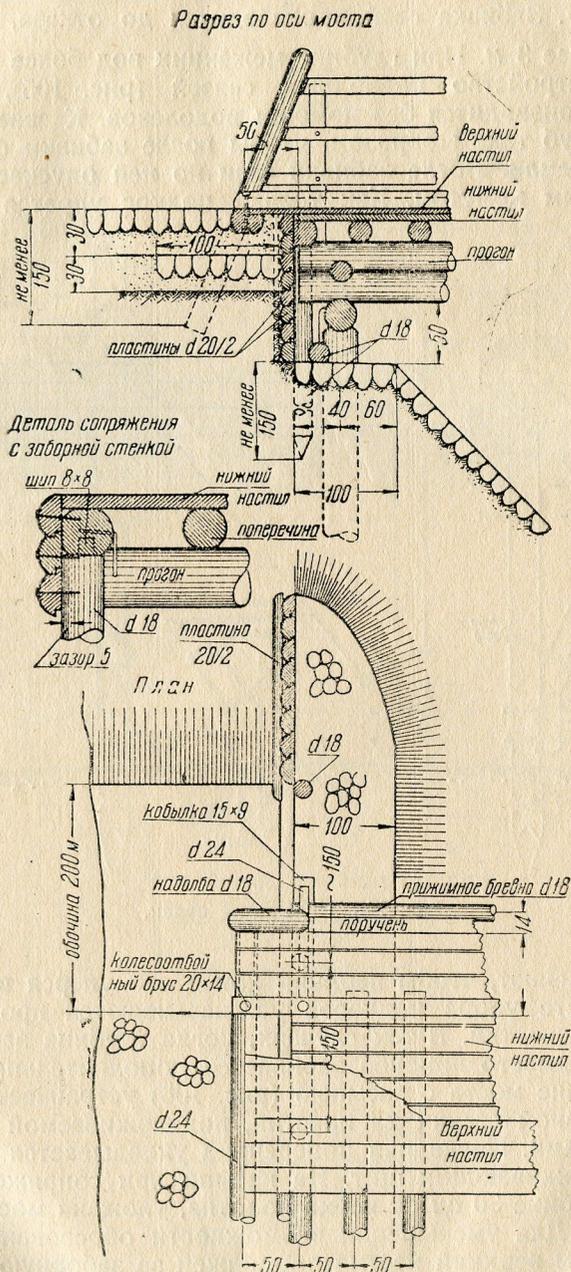


Рис. 106. Сопряжение с насыпью.

при ширине обода 20, 30 и 40 см давление принимается распределенным соответственно на 2, 2,5 и 3 доски нижнего настила. Для случая поперечного расположения верхнего настила давление принимается распределенным на две доски нижнего настила. Доски настила рассчитываются как разрезные балки с расчетным пролетом, равным расстоянию между опорами в свету, увеличенному на толщину доски.

Изгибающий момент в середине пролета доски (рис. 108):

$$M = \frac{Pl}{4},$$

где  $P$  — давление колеса;  
 $l$  — расчетный пролет доски.

Необходимый момент сопротивления доски нижнего настила:

$$W = \frac{M}{Rn},$$

где:  $R$  — допускаемое напряжение на изгиб доски;  
 $n$  — количество досок нижнего настила, на которое передается давление.

В мостах под легкие нагрузки настил может укладываться не на поперечины, а непосредственно на прогоны; в этом случае

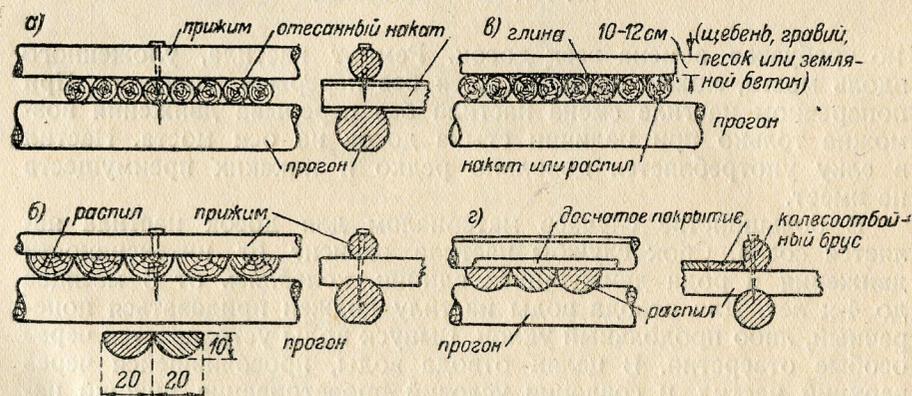


Рис. 109. Настилы.

нижний настил делается из наката пластин или бревен, обтесанных на 3 канта (рис. 109). Вместо верхнего досчатого настила, может быть устроено щебеночное полотно. Недостатками щебеночного полотна являются его большой вес и затруднительность ремонта как самого полотна, так и расположенного под ним настила. В последнее время, вместо щебеночного полотна, применяется асфальтобетон, укладываемый слоем в 4—5 см.

**Тротуары.** Во избежание ударов кузова машин о перила, на всех местах требуется устройство так называемых полосок безопасности шириною в 50 см от грани колесоотбойного бруска до перил. Для предотвращения от выскакивания колес из пределов проезжей части необходимо, чтобы колесоотбой возвышался над полотном на 12—15 см. Колесоотбой укладываются непосредственно на настил и пришиваются завершенными гвоздями через 1,5—2,0 м.

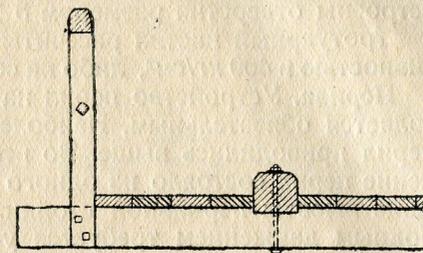


Рис. 110. Тротуар.

Тротуары устраиваются при интенсивном пешеходном движении. Ширина тротуаров колеблется от 0,75 до 2,5 м. Простым способом устройства тротуара является уширение проезжей части

и отделение тротуара колесоотбоем (рис. 110). Недостаток способа заключается в том, что вода, стекающая с проезжей части на тротуар, заносит его грязью. Ширина отбойного бруса не используется, так как она не входит ни в полезную ширину проезжей части, ни в полезную ширину тротуара, увеличивается ширина моста на ширину 2-х колесоотбоев.

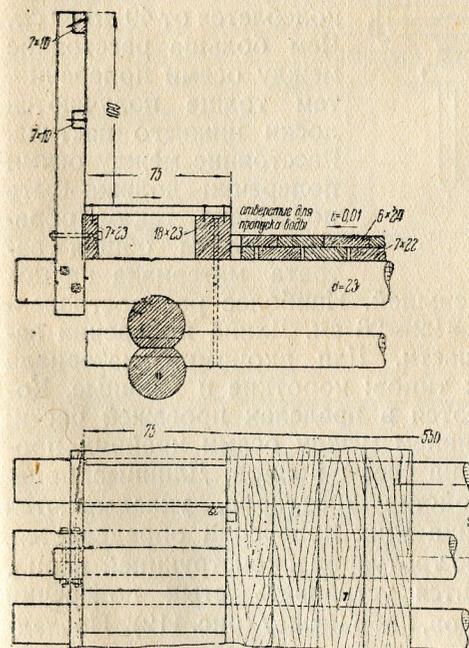


Рис. 111. Тротуар.

Целесообразнее устройство повышенного тротуара. Настил тротуара располагается в уровне верхней грани колесоотбоя, верхняя плоскость которого используется для пешеходного движения (рис. 102). Другим вариантом устройства повышенного тротуара является укладка настила на колесоотбойный брус (рис. 111). Тротуарные доски, уложенные по направлению поперек проезжей части, прибиваются одним концом к колесоотбойному брусу, другим — к уложенной на ребро доске, связанной болтами с перильными стойками. Перильные стойки состоят из брусков сечением 14 × 14 см, врезанных на половину в поперечины. Каждая стойка прикреплена к поперечине двумя болтами. Заполнение и поручень — из брусков 10 × 7 см. Для отвода воды тро-

туарному настилу придан уклон в сторону проезжей части. В настиле проезжей части у грани колесоотбоя через каждые 2 м устроены отверстия размером  $5 \times 5$  см для пропуска воды.

Тротуарный настил рассчитывается на нагрузку толпую интенсивностью в  $400 \text{ кг/см}^2$ , либо на сосредоточенную нагрузку в  $150 \text{ кг}$ .

**Перила.** Устройство перил на мостах под автогужевую дорогу является обязательным. Наиболее распространенные конструкции перил приводились выше. Во всех приведенных примерах заполнение перил состояло из одного бруска, расположенного на середине высоты перильной стойки. На мостах с интенсивным пешеходным движением требуется устройство перил с более густым заполнением. Иногда устройство густой решетки вызывает эстетическими соображениями.

**Поперечины.** Расстояние между осями поперечин принимается в зависимости от рода настила и нагрузки. При двойном досчатом настиле расстояние

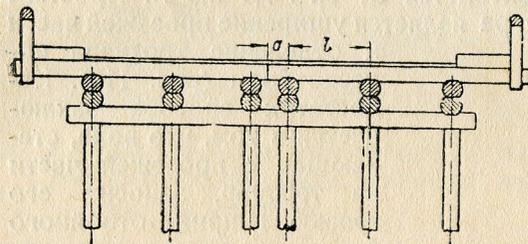


Рис. 112.

между осями поперечин колеблется от 40 до 60 см. Чем больше расстояние между осями поперечин, тем толще получаются доски нижнего настила. Расстояние между осями поперечин должно быть подобрано таким образом, чтобы общая затрата материала на поперечины и настил была наименьшей. Наиболее распространенными являются поперечины  $d = 22-26$  см. Длина поперечин зависит от ширины проезжей части. Для экономии материала поперечины устраиваются двух типов: короткие и длинные. Короткие поперечины располагаются в пределах проезжей части; длина их определяется расстоянием между осями крайних прогонов с прибавлением  $0,4-0,5$  на свесы концов. Длинные поперечины, служащие для устройства тротуаров, укладываются через несколько коротких; длина этих поперечин определяется, кроме проезжей части, шириною тротуаров и конструкцией перил.

В широких мостах приходится устраивать стык поперечин внахлестку на одном из прогонов, либо навесу (рис. 112). Последний способ требует более короткого леса и позволяет производить смену поперечин на половине ширины моста, без стеснения движения на второй половине. Отрицательным свойством стыка навесу является необходимость сближенной расстановки прогонов. Наибольший свес поперечины определяется из условия равенства моментов на консоли и в середине пролета поперечины:

$$Pa = \frac{Pl}{4}, \text{ откуда } a = \frac{l}{4},$$

т. е. величина свеса должна быть не больше  $\frac{1}{4}$  пролета поперечины. Следовательно, при устройстве стыка поперечин навесу расстояние между осями сближенных прогонов должно быть не более  $\frac{1}{2}$  от обычного. Поперечина рассчитывается как разрезная балка с пролетом, равным расстоянию между осями прогонов. Если стыки досок настила, уложенного по поперечным балкам, расположены вразбежку так, что над каждой поперечной балкой стыкуется не более 30% досок, то при определении давления на поперечную балку от сосредоточенных грузов разрешается учитывать упругое распределение нагрузки от сосредоточенного груза на несколько поперечин. В противном случае все давление сосредоточенного груза относится к одной поперечине.

Нагрузка от сосредоточенного груза передается на поперечины через доски нижнего настила. Изгибающий момент в середине поперечины от временной нагрузки (рис. 113):

$$M = \frac{P}{2} \left( \frac{l}{2} - \frac{a}{4} \right),$$

где:  $a$  — общая ширина досок, через которые передается давление;  
 $P$  — сосредоточенный груз;  
 $l$  — расчетный пролет поперечины.

Собственным весом настила и поперечины, вследствие его малой величины по сравнению с временной нагрузкой, можно пренебрегать.

**Отвод воды.** На мостах под автогужевую дорогу необходимо принимать меры для отвода воды. В мостах небольшой длины отвод воды достигается приданием мосту продольного уклона в  $1-2\%$ . На длинных мостах обязательно устройство поперечных уклонов, которые иногда устраиваются совместно с продольным уклоном. Вода, стекающая к краям проезжей части, выпускается через специальные лотки (рис. 102б) или отверстия в настиле. Устройство продольного уклона конструктивно достигается различными отметками срезки свай и наклонным расположением прогонов. Поперечный уклон при наличии стыка поперечин на оси моста может быть устроен при помощи различной глубины врубок в прогоны. При поперечинах без стыка поперечный уклон достигается при помощи специальных досок (подуклонок), прибываемых поверх насадок и стесанных в соответствии с требуемым уклоном.

**Прогоны.** Прогоны в большинстве случаев устраиваются из бревен диаметром  $23-28$  см. Применение бревен при обработке

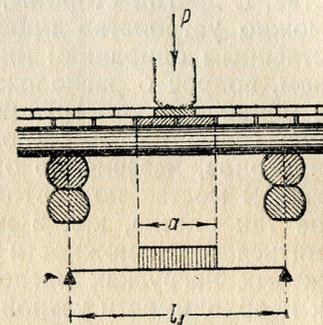


Рис. 113.

материала на месте работ является наиболее целесообразным. При массовом изготовлении элементов мостов следует переходить к брускам, благодаря простоте сборки моста из брусчатых элементов.

Расположение прогонов в поперечном сечении моста зависит от нагрузки, расположения свай и конструкции проезжей части. Сечение поперечины определяется расстоянием между осями прогонов. Для уменьшения сечения поперечин требуется уменьшение расстояния между осями прогонов, т. е. увеличение их количества. С другой стороны, при густом расположении прогонов возможно устройство проезжей части без поперечин, с непосредственным опиранием нижнего настила на прогоны. Таким образом, вопрос о расположении прогонов должен решаться в связи с вопросами конструкции проезжей части. Расположение прогонов связано с расстановкой коренных свай. При расположении прогонов, независимо от свай, неизбежна работа насадки на изгиб. В мостах под автогужевую дорогу работа насадки на изгиб не так опасна, как в железнодорожных, однако, следует стремиться по возможности освободить ее от этой работы. При тяжелых нагрузках расположение прогонов над сваями приводит к необходимости устройства многоярусных прогонов, так как количество бревен прогонов, определенное по расчету, превышает необходимое число коренных свай в ряду. Устройство многоярусных прогонов вызывает усложнение конструкции. Окончательный выбор способа расположения прогонов в поперечном сечении должен быть произведен с учетом вопросов конструирования проезжей части и расстановки коренных свай.

Стыки прогонов устраиваются впритык на подбалке или внахлестку на насадке.

Поперечные связи при одноярусных прогонах не требуются, так как поперечины и настил полностью обеспечивают взаимную неподвижность прогонов в поперечном направлении; в случае многоярусных прогонов устанавливаются поперечные связи в виде анкеров из бревен  $d = 16-20$  см.

Расчет прогонов балочных мостов производится как балок разрезанных над опорами. Расчетная временная нагрузка устанавливается в невыгоднейшее положение как в продольном, так и в поперечном направлении.

Вертикальное давление сосредоточенных грузов на каждый прогон зависит от расстояния между осями прогонов. Расчетные схемы нагрузок имеют расстояние между колесами на оси 1,7 м, а между ближайшими колесами рядом стоящих грузовиков 1,1 м. При расстоянии между осями прогонов в поперечном направлении менее 1,1 м на каждый прогон передается давление от одного колеса грузовика, т. е. значение его следует принимать в 0,5 от давления оси грузовика по схеме. При расстояниях между осями прогонов более 1,1 м на каждый прогон будет передаваться полное давление от одного колеса (установленного над прогоном) и некоторая часть давления соседнего колеса, расположенного между рассчитываемым прогоном и смежным.

Для определения наибольшего давления на прогон от осей грузовика необходимо найти коэффициент поперечной установки, указывающий, какая часть давления грузовика передается на прогон при невыгоднейшем расположении нагрузки в поперечном направлении. Для этого по поперечному разрезу моста устанавливаются расчетные схемы нагрузок (рис. 114). Исходя из разрезности поперечины над опорами, коэффициент поперечной установки может быть вычислен по формуле:

$$K = 0,5 + \frac{0,5a}{l_1} + \frac{0,5b}{l_2}$$

**Пример:** Расстояние между осями прогонов 2,0 м. Устанавливаем нагрузку в положение, показанное на рис. 115. Нагрузка на каждое колесо равна 0,5 давления оси грузовика. Коэффициент поперечной установки:

$$K = 0,5 + \frac{0,5 \times 0,9}{2} + \frac{0,5 \times 0,3}{2} = 0,8$$

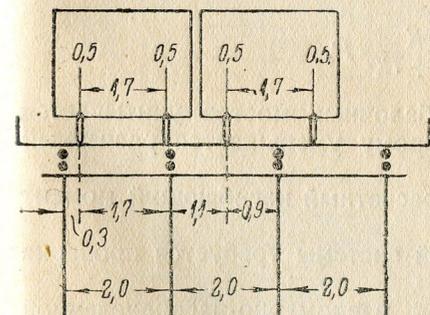


Рис. 115.

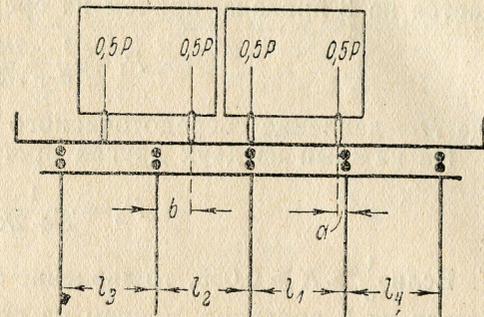


Рис. 114.

В значения расчетных величин нагрузок (сосредоточенных или эквивалентных) от одного поезда грузовиков необходимо вводить коэффициент поперечной установки. Установка грузов в продольном направлении и расчет прогона производится аналогично приведенному выше расчету прогонов в железнодорожных мостах. При частом расположении прогонов нагрузка, расположенная над прогоном на поперечине, вследствие изгиба

последней, будет передаваться не только на прогон, расположенный под грузом, но и на смежные прогоны. Количество прогонов, на которые передается нагрузка, зависит от соотношения пролетов и моментов инерции элементов и определяется при помощи коэффициента упругой передачи:

$$K = \frac{8 E_2 I_2}{E_1 I_1}$$

где  $l_1$  — пролет поперечины;  
 $E_1$  — модуль упругости поперечины;  
 $I_1$  — момент инерции поперечины;



средней опорой двухпролетной балки. Кроме момента, подбалка работает на растяжение от действия горизонтальной составляющей давления при разложении усилия в верхнем узле:

$$H = V \operatorname{ctg} \alpha.$$

В наиболее неблагоприятных условиях находятся верхние волокна подбалки, так как, вследствие отрицательного знака момента, растягивающие напряжения от изгиба суммируются с растягивающими напряжениями от растяжения:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{H}{\omega},$$

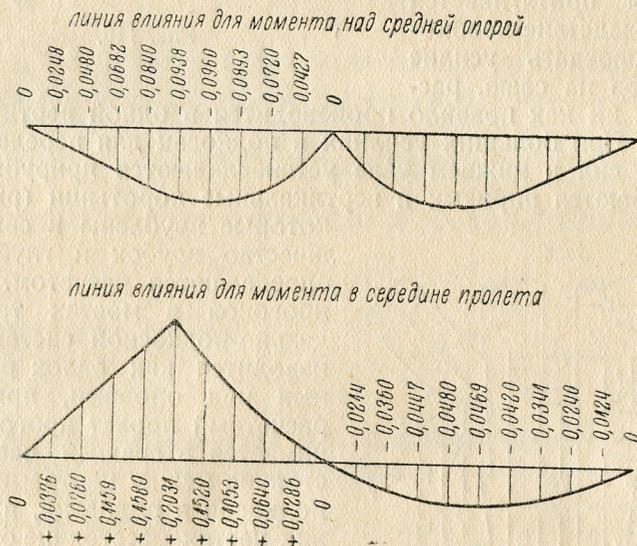


Рис. 118.

где  $M$  — изгибающий момент над опорой;  
 $W$  — момент сопротивления подбалки;  
 $\omega$  — площадь сечения подбалки.

Напряжения, определенные по этой формуле, преувеличены, так как одновременное значение максимума  $H$  и  $M$  не бывает. Растягивающая сила  $H$  приложена не по оси подбалки, а в месте врубки подкоса в подбалку. Момент от внецентренного приложения горизонтальной силы  $H$ :

$$M_n = H \left( \frac{h_1}{2} - \delta \right),$$

где  $h_1$  — высота подбалки;  
 $\delta$  — расстояние от нижней грани подбалки до центра врубки подкоса в подбалку.

Момент от горизонтальной силы сжимает верхнюю зону подбалки. Напряжения в подбалке с учетом влияния этого момента:

$$\sigma = \frac{M - M_n}{W} + \frac{H}{\omega}.$$

Вследствие неопределенности работы подбалки, расчет ее может быть произведен также в других предположениях.

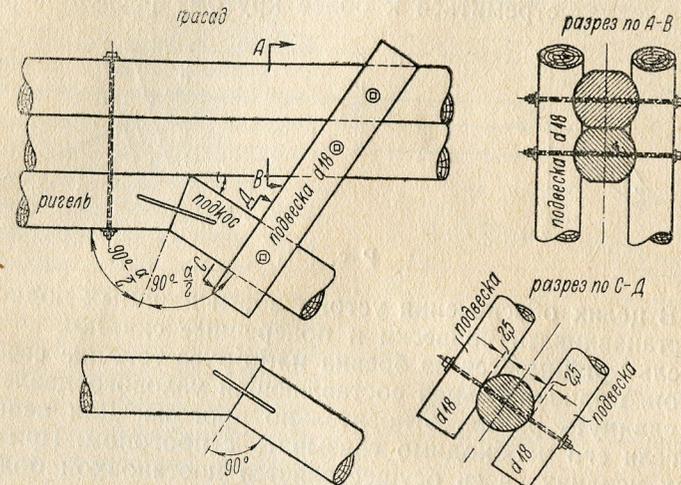


Рис. 119. Сопряжения подкоса с ригелем.

**Ригельно-подкосные мосты.** В мостах ригельной системы сопряжение верхних концов подкосов с ригелем устраивается впристык (рис. 119). Плоскость сопряжения может быть нормальной к оси подкоса, что обеспечивает равномерное распределение напряжений по площади примыкания, либо конец подкоса может быть срезан по биссектрисе угла между подкосом и ригелем — в этом случае обеспечена равнопрочность соединения, так как направление усилия составляет одинаковый угол с направлениями волокон обоих элементов, но равномерность распределения напряжений нарушается, вследствие разложения силы.

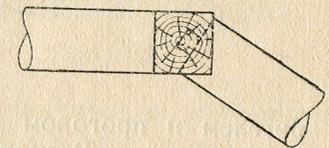


Рис. 120.

В узле подкос связывается с ригелем металлическими планками на болтах.

Иногда, в местах примыкания устанавливаются подушки (рис. 120), в которые упираются подкосы. Подушки пропускаются по всей ширине моста и используются в качестве поперечных схваток. Подушки сминаются поперек волокон, что ухудшает конструкцию узла по сравнению с непосредственным примыканием подкоса к ригелю.

Нижний конец подкоса при небольших усилиях может врубаться непосредственно в сваю. При значительных силах подкос упирается в подбабок или в подушку, уложенную на подбабки.

Подкосы устраиваются из бревен и реже из брусев. Угол наклона подкосов к горизонту принимается от  $35^\circ$  до  $55^\circ$ . Выбор угла зависит от местных условий — высоты моста и горизонтов воды. Для уменьшения величины распора, передающегося на опоры, следует стремиться к более крутому расположению под-

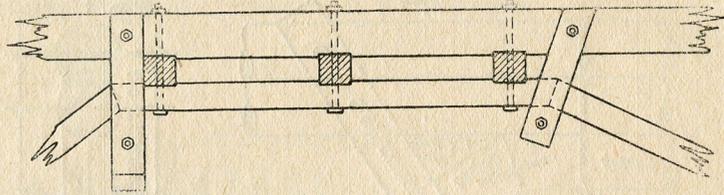


Рис. 121.

косов. В целях обеспечения устойчивости длинных подкосов следует устанавливать подвески и поперечные схватки.

Ригель принимается из бревна или бруса того же сечения, что и прогон. Горизонтальная составляющая узлового давления стремится сдвинуть ригель относительно прогона. Для неподвижности ригеля его необходимо связывать с прогоном. При незначительных усилиях связь осуществляется постановкой болтов, соединяющих ригель с прогоном. Если усилия велики, то между

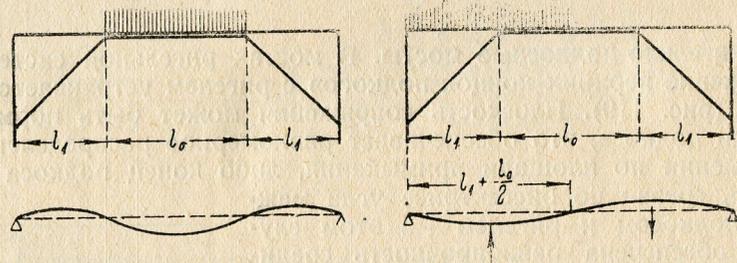


Рис. 122.

ригелем и прогоном устанавливаются шпонки, препятствующие сдвигу ригеля. Расположение ригелей и подкосов в поперечном направлении связано с расположением коренных свай и прогонов, так как по условиям неизменяемости требуется жесткое соединение ригеля с прогоном.

Конструктивное расположение ригелей, независимо от прогонов, возможно при помощи специально укладываемых на ригель поперечных брусев (рис. 121). Конструкция эта представляет интерес, так как при этом возможно более выгодное устройство проезжей части и связанное с нею расположение прогонов. Особо важным в данной конструкции является вопрос о надлежащей связи ригеля с прогонами. Осуществление этой связи вызывает

серьезные затруднения. Устройства стыков прогонов в пределах пролета ригельной системы следует избегать. В случае необходимости устройства стыков расположение их должно производиться в зависимости от принятого способа расчета.

В статическом отношении ригельная система представляет собою шарнирный четырехугольник. Неизменяемость этой системы зависит от неподвижности прогона и жесткости соединения его с ригелем.

Работа ригельной системы зависит от расположения нагрузки на пролете. При нагрузке, равномерно распределенной по всему пролету, прогон работает как неразрезная трехпролетная балка (рис. 122). При нагрузке половины пролета подкос поворачивается и опора опускается. Вследствие неизменяемости длины ригеля, второй подкос, поворачиваясь, поднимает опору. Таким образом при нагрузке половины пролета происходит прогиб этой половины и одновременно выпучивание вверх второй половины. Прогон работает как двухпролетная балка с опорой в середине длины ригеля.

Для работы ригеля в этом предположении необходимо свободное вращение подкосов в узлах, что вряд ли соответствует действительной работе конструкции.

Наибольшим распространением пользуется расчет ригельной системы как статически неопределимой в следующих предположениях:

- 1) в узлах  $A$ ,  $C$ ,  $D$  и  $B$  возможно вращение подкосов и ригеля;
- 2) опоры  $A$  и  $B$  — абсолютно тверды;
- 3) изменением длины подкосов и ригеля при сжатии их пренебрегают;
- 4) сечение прогона принимается постоянным по всей длине;
- 5) при изгибе ригель принимается упругим.

При отношении крайнего пролета к среднему  $\frac{l_1}{l_0} = m$  ординаты линии влияния давления на узел  $C$  (рис. 123) могут быть определены по следующим формулам:

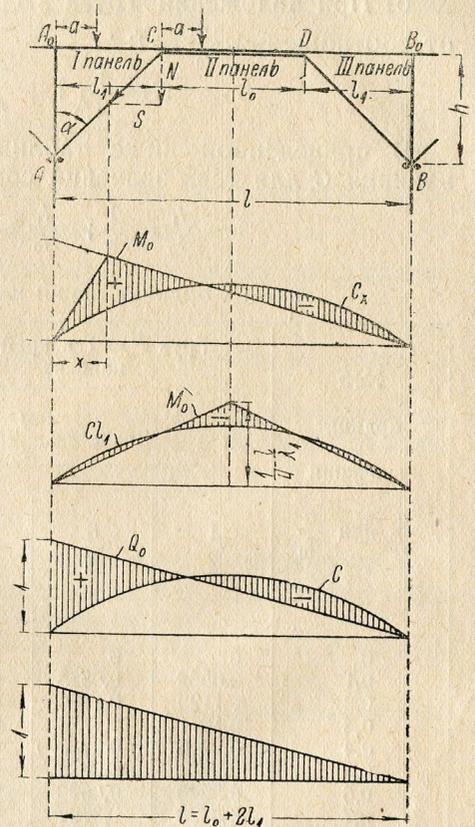


Рис. 123.

а) При положении груза в первой панели, в зависимости от соотношения  $\frac{a}{l_1} = k$ :

$$C = \frac{1}{2} \left[ k + \frac{mk(1-k^2)}{3+2m} \right].$$

б) При положении груза в средней панели, в зависимости от соотношения  $\frac{a}{l_0} = t$ :

$$C = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{3t}{m} \cdot \frac{1-t}{3+2m} \right).$$

В приведенной ниже таблице вычислены ординаты линий влияния  $C$  для трех значений соотношения:

$$\frac{l_1}{l_0} = \frac{1}{2}; \quad \frac{l_1}{l_0} = \frac{3}{4}; \quad \frac{l_1}{l_0} = 1.$$

Таблица ординат линии влияния давления на узел  $C$

| №№<br>ординат<br>значения           | Груз $P = 1$ в крайних панелях |               |        | Груз $P = 1$ в средней панели |               |        |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|--------|-------------------------------|---------------|--------|
|                                     | Значение $\frac{l_1}{l_0}$     |               |        | Значение $\frac{l_1}{l_0}$    |               |        |
|                                     | $\frac{1}{2}$                  | $\frac{3}{4}$ | 1      | $\frac{1}{2}$                 | $\frac{3}{4}$ | 1      |
| $\frac{a}{l_1}$ или $\frac{a}{l_0}$ |                                |               |        |                               |               |        |
| 0                                   | 0                              | 0             | 0      | 0,5                           | 0,5           | 0,5    |
| 0,1                                 | 0,0562                         | 0,0583        | 0,0599 | 0,5675                        | 0,540         | 0,5270 |
| 0,2                                 | 0,1120                         | 0,1160        | 0,1192 | 0,6200                        | 0,5711        | 0,5480 |
| 0,3                                 | 0,1671                         | 0,1728        | 0,1773 | 0,6575                        | 0,5933        | 0,5630 |
| 0,4                                 | 0,2210                         | 0,2280        | 0,2336 | 0,6800                        | 0,6067        | 0,5720 |
| 0,5                                 | 0,2734                         | 0,2812        | 0,2875 | 0,6875                        | 0,6111        | 0,5750 |
| 0,6                                 | 0,3240                         | 0,3320        | 0,3384 | 0,6800                        | 0,6067        | 0,5720 |
| 0,7                                 | 0,3723                         | 0,3797        | 0,3857 | 0,6575                        | 0,5933        | 0,5630 |
| 0,8                                 | 0,4180                         | 0,4240        | 0,4288 | 0,6200                        | 0,5711        | 0,5480 |
| 0,9                                 | 0,4607                         | 0,4642        | 0,4671 | 0,5675                        | 0,540         | 0,5270 |
| 1,0                                 | 0,5                            | 0,5           | 0,5    | 0,5                           | 0,5           | 0,5    |

Площади линий влияния соответственно равны:

$$\omega = 0,4453 l; \quad \omega = 0,3920 l; \quad \omega = 0,3667 l.$$

Пользуясь линией влияния, определяют наибольшее давление на узел  $C$ . Вследствие равенства давлений в узле  $C$  и  $D$ , наибольшие усилия в подкосах равны друг другу и определяются разложением давления  $C$  по направлениям подкоса и ригеля:

$$S = \frac{C}{\cos \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол подкоса с вертикалью.

Обозначая длину подкоса через  $s$  и высоту фермы через  $h$ , имеем:

$$S = \frac{C}{\cos \alpha} = C \cdot \frac{s}{h}.$$

Значения ординат линии влияния для усилия в подкосе могут быть вычислены путем умножения ординат линии влияния давления  $C$  на  $\frac{s}{h}$ .

Усилие, сжимающее ригель:

$$N = C \operatorname{tg} \alpha = C \frac{l_1}{h}.$$

Значения ординат линии влияния усилия  $N$  вычисляются путем умножения ординат линии влияния давления  $C$  на  $\frac{l_1}{h}$ . Напряжения в ригеле следует определять как сумму напряжений от сжатия и изгиба.

Распор фермы  $H$  равен горизонтальной составляющей усилия в подкосе; значение его равно усилию, сжимающему ригель, и определяется по той же формуле.

Усилие в стойке равно давлению на опору  $A_0$ , исчисленному как реакция простой балки с пролетом  $l$ , за вычетом давления в узле  $C$ , передаваемого на опору через подкос:

$$V = Q_0 - C.$$

Линия влияния  $Q_0$  имеет вид треугольника с основанием  $2l$  и высотой, равной единице. Линия влияния для давления  $C$  строится по данным, приведенным в таблице на стр. 148.

Разность между ординатами линий влияния  $Q_0$  и  $C$  дает значение ординат линии влияния усилия в стойке  $V$ .

При соотношениях  $\frac{l_1}{l_0} = \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$  и 1 площади линий влияния усилия соответственно равны:

$$\omega = 0,1094 l, \quad 0,2160 l \quad \text{и} \quad 0,2667 l.$$

Линия влияния усилия в коренной свае на участке ниже узла  $B$  имеет вид треугольника, с основанием равным  $2l$  и высотой равной единице.

Изгибающие моменты в прогоне вне пределов ригеля:

$$M_x = M_0 - Cx,$$

где:  $M_0$  — изгибающий момент в прогоне, рассматривая его как простую балку на опорах  $A - B$ ;

$C$  — давление на узел  $C$ ;

$x$  — расстояние сечения от опоры.

Изгибающий момент в пределах ригеля:

$$M_x = M_0 - Cl_1,$$

где  $l_1$  — величина панели  $A_0C$ .



диаметра) поперечных рядов стоек распор определяется для всей ширины моста и распределяется поровну между всеми коренными стойками опоры, причем определение изгибающих моментов производится, рассматривая стойку как балку, свободно опертую по концам (один у подбалки прогона, а другой в месте наращивания свай) и нагруженную сосредоточенным грузом от распора подкосов. В виду наличия распора опоры мостов подкосной системы следует устраивать двухрядными. При небольших высотах при-

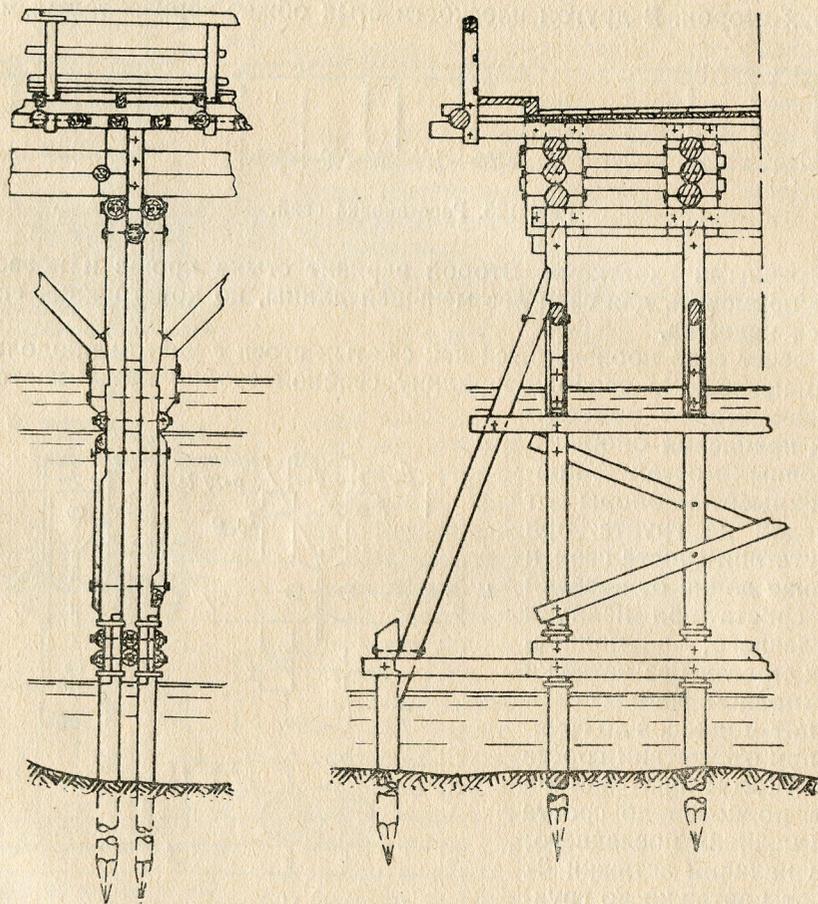


Рис. 127.

нимается сближенная расстановка рядов, с расстоянием 0,4—0,5 м между осями (рис. 127). Оба ряда связываются вверху горизонтальной схваткой из бревна (рис. 128) и болтами. Для связи пролетного строения с опорами между насадками свай полезно поместить обжимку. Обжимка связана с насадками болтом; насадки в свою очередь скреплены со сваями скобами. В месте примыкания нижних концов подкосов (рис. 127) между рядами пропущен

вертикальный коротыш длиной 85 см, врубленный в обе свай. Под прирубами установлены горизонтальные схватки из пластин, расположенные с наружной стороны свай и стянутые общим болтом. Над горизонтом меженних вод установлены двухъярусные поперечные схватки из пластин и бревен, стянутые болтами, пропущенными через оба ряда свай; таким образом, оба ряда свай жестко связаны. При больших высотах расстояние между рядами

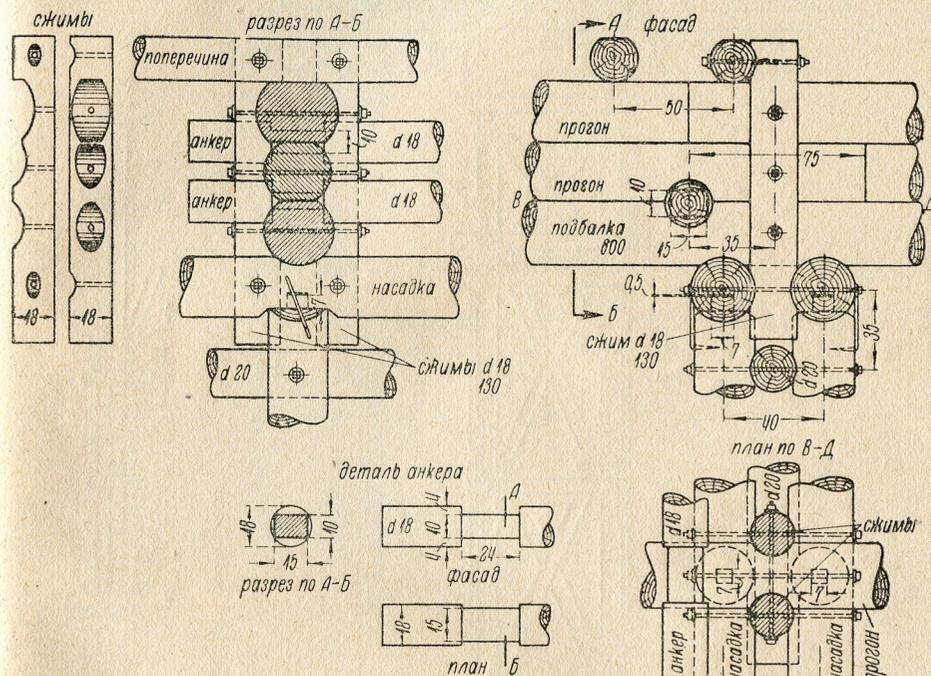


Рис. 128.

свай принимается в 1,5—2,0 м и между сваями устанавливаются распорные кресты и продольные схватки (рис. 129). Распорные кресты упираются в поперечные бревна. Башенная опора в вертикальной плоскости представляет собой ферму. При расчете опор распор распределяется поровну между всеми фермами опоры, считая их свободно опертными у прогонов и в нижних концах.

В мостах подкосной системы усилия передаются на опоры главным образом через подкосы. Опора на участке от места примыкания подкосов к сваям до насадки воспринимает незначительную часть вертикального давления. Учитывая это обстоятельство, устраивают опоры с меньшим количеством стоек в верхней части (рис. 130). Применение этой конструкции дает некоторую экономию в лесоматериале и улучшает условия примыкания нижних концов подкосов, часть которых упирается непосред-

ственно в торцы свай. Недостатком конструкции является сложность закрепления стоек и уменьшение жесткости опоры в целом.

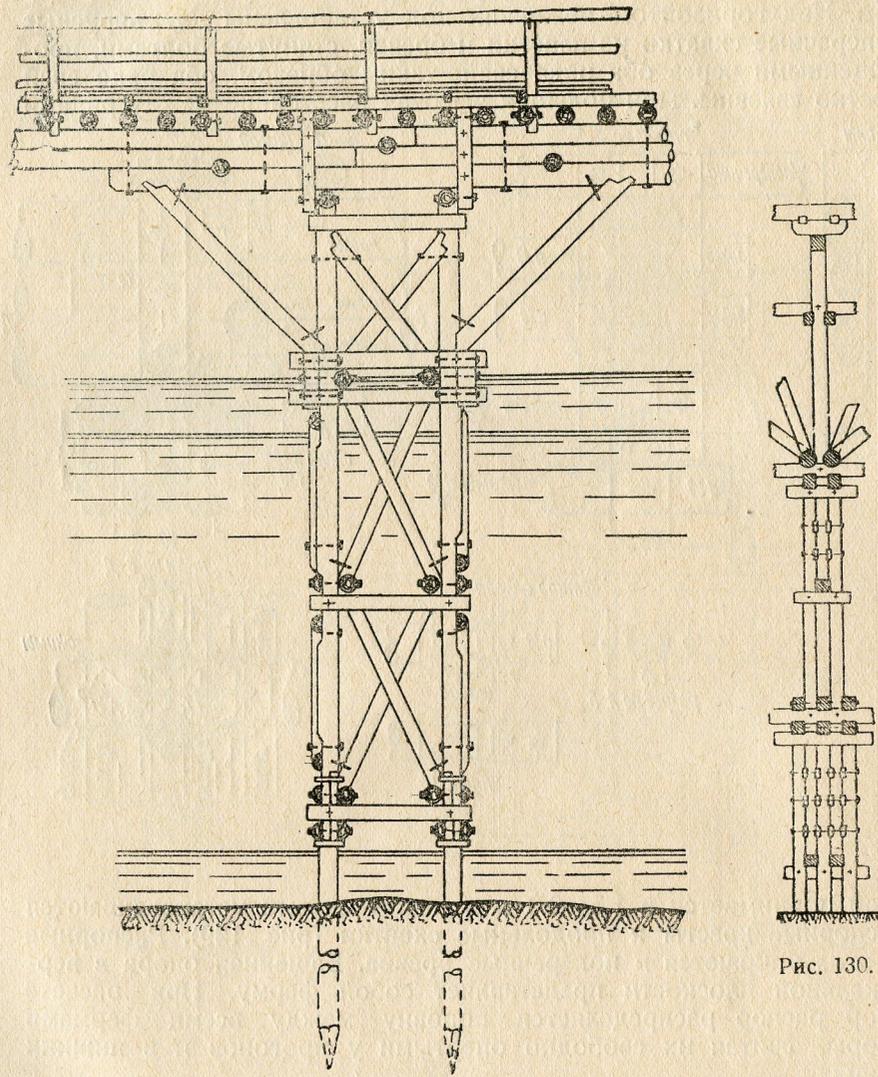


Рис. 129. Башенная опора.

### § 20. ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ВАРИАНТОВ

**Задание.** Отверстия по дну 31,0 м; высота насыпи 6 м; габарит  $\Gamma_2$ , тротуары по 1,5 м; нагрузка  $H_8$ ; горизонт меженных вод 2,0 м; горизонт высоких вод 4,0 м.

Первый вариант моста ригельной системы (рис. 131а) имеет пролеты по 10,0 м. При сопряжении с насыпью устроены про-

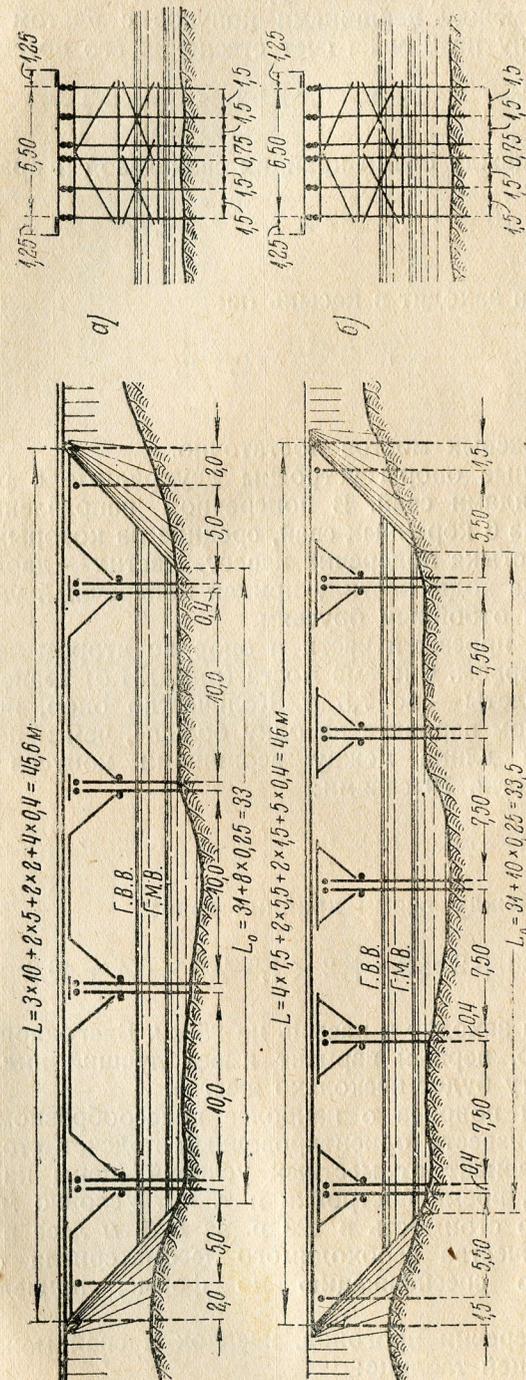


Рис. 131. Варианты.

леты по 5,0 м, перекрытые полуригелем, и балочные по 2,0 м.

Расстояние между вершинами конусов с учетом увеличения отверстия по дну на 2 м за счет стеснения его восемью сваями:

$$L = 31,0 + 8 \times 0,25 + 6 \times 2 = 45,0 \text{ м.}$$

Расстояние между осями крайних свай левой и правой опоры:

$$3 \times 10 + 2 \times 5 + 2 \times 2 + 4 \times 0,4 = 45,6 \text{ м.}$$

Крайние сваи заходят в насыпь на:

$$\frac{45,6 - 45,0}{2} = 0,3 \text{ м,}$$

что для автогужевых мостов достаточно.

Промежуточные опоры устроены двухрядные с расстоянием 0,4 м между рядами свай. В поперечном направлении каждая опора состоит из 6 коренных свай, средние из которых сближены для устройства стыка поперечин навесу. Настил — двойной досчатый. Для отвода воды настилу придан поперечный уклон от середины моста к отбойным брускам.

Конструкция проезжей части и опор во втором варианте такая же, как в первом. Система моста (рис. 131,б) трапециевидно-подкосная. Пролеты — по 7,5 м. Количество опор, попадающих в воду, во втором варианте на одну больше, чем в первом.

Необходимая длина между вершинами конусов с учетом стеснения отверстия 10 сваями:

$$L = 31,0 + 10 \times 0,25 + 6 \times 2 = 45,5 \text{ м.}$$

Расстояние между осями крайних свай:

$$4 \times 7,50 + 2 \times 5,5 + 2 \times 1,5 + 5 \times 0,4 = 46,0 \text{ м.}$$

Крайние сваи заходят в насыпь на 25 см. Благодаря меньшему количеству опор, первый вариант имеет лучший вид. Мост по второму варианту будет несколько жестче.

Для решения вопроса о наиболее целесообразном варианте необходимо произвести ориентировочный подсчет стоимости.

Стоимость зависит от местных условий (цены на лесоматериал, транспорт, время постройки и т. п.). Условно можно принимать среднюю стоимость в 120 р. за куб. м леса в деле. Для исчисления количества необходимого лесоматериала составляют предварительную спецификацию по форме, приведенной на стр. 82.

Диаметр поперечин прогонов, насадок и свай можно принимать по следующей таблице:

| Габарит    | Нагрузка | Пролет | Прогоны           |                             |         | Диаметр свай | Диаметр насадки | Диаметр поперечин |
|------------|----------|--------|-------------------|-----------------------------|---------|--------------|-----------------|-------------------|
|            |          |        | Раст. между осями | Количество бревен в прогоне | Диаметр |              |                 |                   |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 4,0    | 1,6               | 2                           | 27      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 4,0    | 1,6               | 2                           | 25      | 24           | 25              | 20                |
| $\Gamma_2$ | $H_8$    | 4,0    | 1,6               | 2                           | 27      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_5$ | $H_8$    | 4,0    | 1,5               | 1                           | 30      | 24           | 25              | 19                |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 5,0    | 1,6               | 2                           | 30      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 5,0    | 1,6               | 2                           | 28      | 24           | 25              | 20                |
| $\Gamma_2$ | $H_8$    | 5,0    | 1,6               | 2                           | 30      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_5$ | $H_8$    | 5,0    | 1,5               | 2                           | 25      | 24           | 25              | 19                |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 6,5    | 1,6               | 3                           | 28      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_4$ | $H_8$    | 6,5    | 1,6               | 3                           | 26      | 24           | 25              | 20                |
| $\Gamma_2$ | $H_8$    | 6,5    | 1,6               | 3                           | 28      | 24           | 25              | 21                |
| $\Gamma_5$ | $H_8$    | 6,5    | 1,5               | 2                           | 27      | 24           | 25              | 19                |

Двойной досчатый настил принимается из досок  $24 \times 5$  см (верхний) и  $24 \times 7$  см (нижний).

Размеры поперечных сечений ригельно-подкосных мостов, по данным Цудортранса, приведены в следующей таблице:

| Количество прогонов в поперечном сечении | Расстояние между осями прогонов | Пролет между осями опор | Нагрузка | Габарит    | Диаметр  |        |        |                  |                   |
|--|---------------------------------|-------------------------|----------|------------|----------|--------|--------|------------------|-------------------|
|  |                                 |                         |          |            | Подбалки | Прогон | Ригеля | Длинного подкоса | Короткого подкоса |
| 5  | 1,6                             | 13,5                    | $H_8$    | $\Gamma_2$ | 29       | 29     | 27     | 25               | 25                |
| 4  | 1,6                             | 13,5                    | $H_8$    | $\Gamma_5$ | 28       | 28     | 26     | 24               | 24                |
| 4  | 1,6                             | 13,5                    | $H_6$    | $\Gamma_4$ | 27       | 27     | 25     | 23               | 23                |
| 5  | 1,6                             | 16,0                    | $H_8$    | $\Gamma_2$ | 26       | 24     | 24     | 24               | 22                |
| 4  | 1,6                             | 16,0                    | $H_8$    | $\Gamma_5$ | 24       | 23     | 23     | 23               | 22                |
| 4  | 1,6                             | 16,0                    | $H_6$    | $\Gamma_5$ | 26       | 26     | 24     | 22               | 22                |
| 3  | 1,6                             | 16,0                    | $H_4$    | $\Gamma_5$ | 22       | 22     | 20     | 18               | 18                |
| 5  | 1,6                             | 18                      | $H_8$    | $\Gamma_2$ | 26       | 25     | 26     | 25               | 24                |
| 4  | 1,6                             | 18                      | $H_8$    | $\Gamma_5$ | 25       | 24     | 25     | 24               | 24                |
| 4  | 1,6                             | 18                      | $H_6$    | $\Gamma_4$ | 24       | 23     | 25     | 23               | 21                |
| 4  | 1,6                             | 18                      | $H_4$    | $\Gamma_5$ | 20       | 23     | 21     | 20               | 18                |
| 4  | 1,6                             | 20                      | $H_6$    | $\Gamma_4$ | 26       | 24     | 25     | 24               | 22                |
| 4  | 1,6                             | 20                      | $H_6$    | $\Gamma_5$ | 26       | 22     | 24     | 24               | 22                |

Разбивка на панели и длины элементов при этом принимаются по следующей таблице (обозначения см. рис. 132).

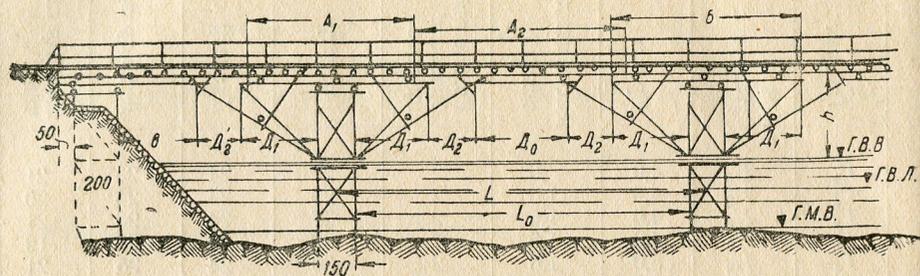


Рис. 132. Схема.

| Пролет между осями опор | Расст. между осями свай | $D_0$<br>м | $D_1$<br>м | $D_2$<br>м | $B$<br>м | Длина прогона |            | Длина подбалки<br>$B$<br>м | $h_m$ | Примечание  |
|-------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|----------|---------------|------------|----------------------------|-------|---|
|                         |                         |            |            |            |          | $A_1$<br>м    | $A_2$<br>м |                            |       |   |
| 13,5                    | 12,0                    | 3,50       | 2,50       | 1,75       | 1,75     | 5,00          | 8,50       | 7,50                       | 2,67  | Прогон<br>однору-<br>сные<br>$H_3, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_5$<br>прогоны<br>двухру-<br>сые;<br>$H_6, \Gamma_4, \Gamma_5, H_4,$<br>$\Gamma_4, \Gamma_5$ про-<br>гоны одно-<br>ру-<br>сые<br>$H_3, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_5,$<br>$H_6, \Gamma_4$ двух-<br>ру-<br>сые; $H_6,$<br>$\Gamma_5, H_4, \Gamma_5, \Gamma_6,$<br>однору-<br>сые<br>Прогон<br>двухру-<br>сые |
| 16,0                    | 14,5                    | 4,20       | 3,05       | 2,10       | 2,10     | 7,00          | 9,00       | 8,50                       | 3,22  |   |
| 18,0                    | 16,5                    | 5,00       | 3,25       | 2,50       | 2,50     | 11,00         | 7,00       | 9,00                       | 3,42  |   |
| 20,0                    | 18,50                   | 5,20       | 4,05       | 2,60       | 2,60     | 11,00         | 9,00       | 11,00                      | 3,42  |   |

Размеры элементов трапецидально-подкосных мостов по тем же данным приведены в таблице на стр. 159.

По данным, приведенным в таблицах, может быть составлена ориентировочная спецификация лесоматериалов и подсчитана стоимость моста по каждому из вариантов.

Практически стоимость мостов подкосных систем при различной разбивке на пролеты колеблется мало.

| Количество про-<br>гонов в попереч-<br>ном сечении | Расстояние между<br>осями прогонов | Пролет между<br>осями опор | Нагрузка | Габарит    | Диаметр  |        |        |                 |      | Примечание                        |
|--|------------------------------------|----------------------------|----------|------------|----------|--------|--------|-----------------|------|-----------------------------------|
|  |                                    |                            |          |            | Подбалки | Прогон | Подкос | Попере-<br>чины | Сваи |                                   |
| 5  | 1,60                               | 8,5                        | $H_3$    | $\Gamma_2$ | 28       | 30     | 26     | 21              | 28   | Прогон<br>двухру-<br>сые<br>То же |
| 4  | 1,60                               | 8,5                        | $H_3$    | $\Gamma_4$ | 28       | 30     | 26     | 21              | 28   |                                   |
| 4  | 1,60                               | 8,5                        | $H_5$    | $\Gamma_5$ | 25       | 27     | 23     | 21              | 28   | "                                 |
| 4  | 1,60                               | 8,5                        | $H_6$    | $\Gamma_4$ | 25       | 27     | 24     | 20              | 28   |                                   |
| 4  | 1,60                               | 8,5                        | $H_6$    | $\Gamma_5$ | 22       | 25     | 20     | 19              | 27   | "                                 |
| 4  | 1,60                               | 8,5                        | $H_4$    | $\Gamma_5$ | 25       | 27     | 22     | 18              | 25   |                                   |
| 3  | 1,60                               | 8,5                        | $H_4$    | $\Gamma_6$ | 26       | 28     | 23     | 18              | 25   | Прогон<br>однору-<br>сые<br>То же |

Окончательный выбор варианта должен быть сделан с учетом технических качеств каждого из вариантов и местных условий.

Глава IV

ЛОТКИ И ТРУБЫ

При малых отверстиях от 0,5 до 1,5 м и низких насыпях (до 1,5 м) для пропуска воды, вместо моста, может быть устроен лоток,

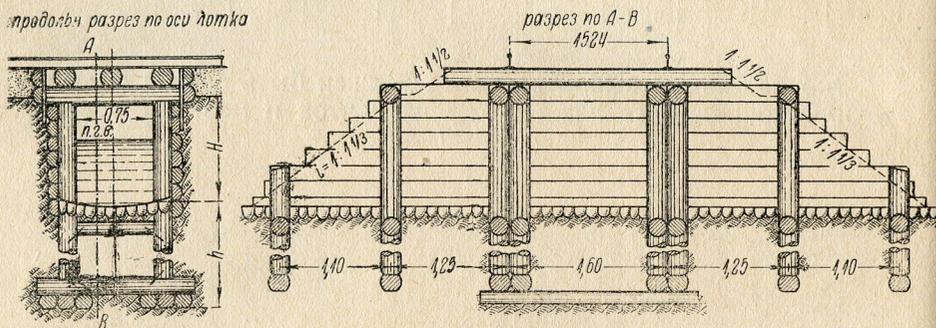


Рис. 133. Лоток.

ток, огражденный с двух сторон стенками из пластин, поддерживающими насыпь. Пластины прибиваются к стойкам, установленным на расстоянии 1,0—1,5 м между осями. При плотных грунтах стойки устанавливаются на лежни (рис. 133). Для распределения давления на большую площадь под лежни подкладываются коротыши. Количество коротышей определяется допустимым давлением на грунт. В местах расположения пути установлены 4 стойки, по две на каждый рельс. По стойкам, в продольном направлении, уложены прогоны. Сопряжение прогонов со стойками устраивается так (рис. 134), чтобы прогон одновременно являлся распоркой, удерживающей сваи от наклона внутрь лотка под влиянием давления земли. Несколько ниже дна лотка в грунте устанавливается специальная распорка из бревна. Дно лотка за-

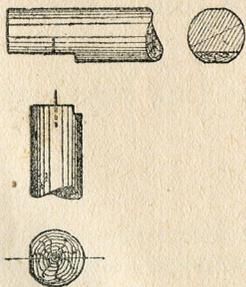


Рис. 134.

распоркой, удерживающей сваи от наклона внутрь лотка под влиянием давления земли. Несколько ниже дна лотка в грунте устанавливается специальная распорка из бревна. Дно лотка за-

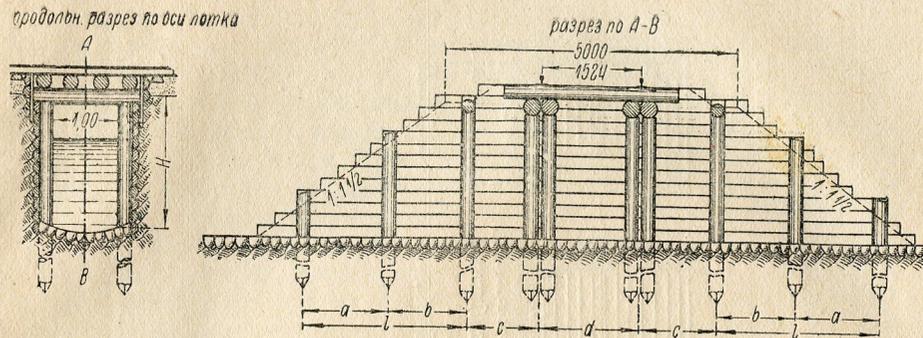


Рис. 135. Лоток.

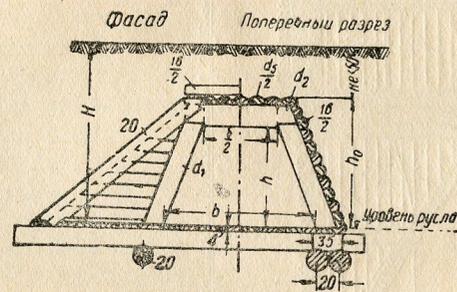


Рис. 136.

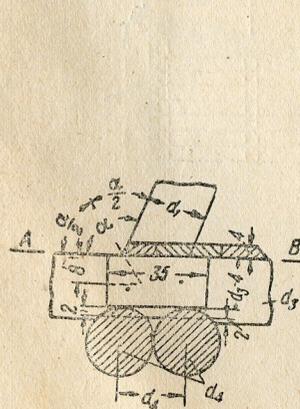


Рис. 137.

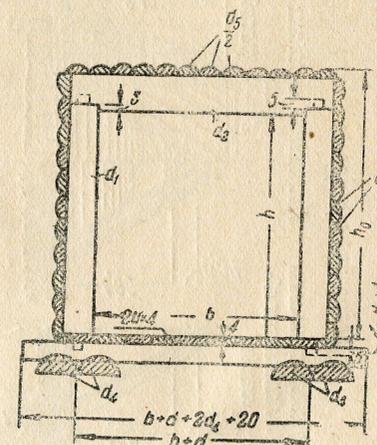


Рис. 138.



Таблица  
эквивалентных нагрузок схемы  $H_1$  — 1931 г. для железнодорожных мостов

| Длина загруз. участка | Левая опора  |             | Четверть     |             | Середина     |             | Три четверти |             | Правая опора |             | Длина загруз. участка |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------|
|                       | Эквив. нагр. | Сумма груз. |                       |
| 1                     | 7,00         | 3,5         | 7,00         | 3,5         | 7,00         | 3,5         | 7,00         | 3,5         | 70,00        | 3,5         | 1                     |
| 2                     | 4,20         | 7,0         | 3,50         | 3,5         | 3,50         | 3,5         | 3,50         | 3,5         | 4,20         | 7,0         | 2                     |
| 3                     | 3,42         | 7,0         | 3,01         | 7,0         | 3,51         | 7,0         | 3,10         | 7,0         | 3,42         | 7,0         | 3                     |
| 4                     | 3,15         | 10,5        | 2,57         | 7,0         | 2,45         | 10,5        | 2,57         | 7,0         | 3,15         | 10,5        | 4                     |
| 5                     | 2,91         | 14,0        | 2,41         | 10,5        | 2,41         | 10,5        | 2,41         | 10,5        | 2,91         | 14,0        | 5                     |
| 6                     | 2,80         | 14,0        | 2,26         | 10,5        | 2,26         | 14,0        | 2,26         | 10,5        | 2,20         | 14,0        | 6                     |
| 7                     | 7,71         | 17,5        | 2,26         | 17,5        | 2,26         | 17,5        | 2,26         | 17,5        | 2,71         | 17,5        | 7                     |
| 8                     | 2,63         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,63         | 17,5        | 8                     |
| 9                     | 2,51         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,28         | 17,5        | 2,51         | 17,5        | 9                     |
| 10                    | 2,42         | 20,5        | 2,16         | 17,5        | 2,16         | 17,5        | 2,16         | 17,5        | 2,39         | 20,5        | 10                    |
| 12                    | 2,29         | 23,5        | 2,05         | 20,5        | 1,98         | 17,5        | 2,02         | 20,5        | 2,25         | 23,5        | 12                    |
| 14                    | 2,18         | 23,5        | 1,97         | 23,5        | 1,88         | 23,5        | 1,93         | 23,5        | 2,13         | 23,5        | 14                    |
| 16                    | 2,03         | 26,5        | 1,88         | 23,5        | 1,82         | 26,5        | 1,84         | 23,5        | 2,00         | 26,5        | 16                    |
| 18                    | 1,95         | 29,5        | 1,77         | 23,5        | 1,79         | 29,5        | 1,57         | 23,5        | 1,91         | 29,5        | 18                    |
| 20                    | 1,88         | 31,0        | 1,69         | 23,5        | 1,74         | 29,5        | 1,69         | 29,5        | 1,85         | 29,5        | 20                    |
| 25                    | 1,77         | 40,0        | 1,60         | 34,0        | 1,59         | 32,5        | 1,81         | 35,5        | 1,75         | 40,0        | 25                    |
| 30                    | 1,73         | 47,0        | 1,54         | 41,0        | 1,52         | 41,5        | 1,56         | 46,0        | 1,72         | 47,0        | 30                    |
| 35                    | 1,70         | 53,0        | 1,52         | 50,0        | 1,46         | 47,0        | 1,55         | 53,0        | 1,64         | 47,0        | 35                    |
| 40                    | 1,65         | 60,0        | 1,49         | 53,0        | 1,44         | 55,0        | 1,52         | 53,0        | 1,58         | 53,0        | 40                    |
| 45                    | 1,61         | 65,0        | 1,46         | 60,0        | 1,44         | 63,0        | 1,46         | 56,0        | 1,51         | 53,0        | 45                    |

Эквивалентные нагрузки  
в тонно/метрах для одного поезда автомобилей по схеме  $H_{10}$   
для статически определимых систем

| Пролет или длина загр. в м | Для моментов в простых балках |                      | Для поперечных сил | Пролет или длина загр. в м |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|
|                            | В середине пролета $k$ (т/м)  | В четверти $k$ (т/м) |                    |                            |
| 1                          | 19,00                         | 19,00                | 19,00              | 1                          |
| 2                          | 9,50                          | 9,50                 | 9,50               | 2                          |
| 3                          | 6,33                          | 6,33                 | 6,33               | 3                          |
| 4                          | 4,75                          | 4,75                 | 4,75               | 4                          |
| 5                          | 3,80                          | 3,80                 | 4,08               | 5                          |
| 6                          | 3,17                          | 3,17                 | 3,56               | 6                          |
| 7                          | 2,71                          | 2,96                 | 3,14               | 7                          |
| 8                          | 2,38                          | 2,67                 | 2,82               | 8                          |
| 9                          | 2,27                          | 2,43                 | 2,65               | 9                          |
| 10                         | 2,16                          | 2,23                 | 2,54               | 10                         |
| 11                         | 2,05                          | 2,05                 | 2,43               | 11                         |
| 12                         | 1,95                          | 2,00                 | 2,31               | 12                         |
| 13                         | 1,85                          | 1,93                 | 2,20               | 13                         |
| 14                         | 1,75                          | 1,86                 | 2,09               | 14                         |
| 15                         | 1,67                          | 1,80                 | 2,00               | 15                         |
| 16                         | 1,60                          | 1,73                 | 1,91               | 16                         |
| 18                         | 1,55                          | 1,65                 | 1,78               | 18                         |
| 20                         | 1,48                          | 1,57                 | 1,67               | 20                         |

Примечания: 1. Таблица составлена для одного поезда автомобилей по схеме  $H_{10}$ . Для определения величины нагрузки, передающейся на один прогон или ферму, табличные значения нагрузок следует умножить на коэффициент поперечной установки. Коэффициент поперечной установки показывает, какая часть давлений передается на расчетный прогон от автомобиля при невыгоднейшей установке его поперек моста, и вычисляется в зависимости от расположения прогонов ферм.

2. Для изгибающих моментов в сечениях между опорой и четвертью пролета эквивалентные нагрузки определяются прямолинейной интерполяцией между табличными значениями нагрузок для опоры и четверти пролета с округлением до сотых долей тонны на пог. метр.

Для моментов в сечениях между четвертью пролета и серединой, эквивалентные нагрузки определяются прямолинейной интерполяцией между табличными значениями нагрузок для четверти и половины пролета.

3. Эквивалентные нагрузки для момента по середине пролета действительны для всех линий влияния в виде равнобедренного треугольника, а для моментов у опор — соответственно для линий влияния в виде прямоугольных треугольников.

4. Для расчета по схемам  $H_8$  и  $H_6$  табличные значения эквивалентных нагрузок умножаются соответственно на 0,8 и на 0,6.

Эквивалентные нагрузки  
для двух полос равномерной нагрузки по нормам для проверки  
при повышенных допускаемых напряжениях

| Пролет<br>или длина<br>загрузки<br>(м) | Нагрузка<br>(т/м) | Пролет<br>или длина<br>загрузки<br>(м) | Нагрузка<br>(т/м) | Пролет<br>или длина<br>загрузки<br>(м) | Нагрузка<br>(т/м) |
|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| 1                                      | 6,00              | 9                                      | 3,59              | 18                                     | 2,0               |
| 2                                      | 6,00              | 10                                     | 3,31              | 20                                     | 1,82              |
| 3                                      | 6,00              | 11                                     | 3,06              | 22                                     | 1,67              |
| 4                                      | 5,81              | 12                                     | 2,84              | 24                                     | 1,54              |
| 5                                      | 5,30              | 13                                     | 2,66              | 26                                     | 1,43              |
| 6                                      | 4,79              | 14                                     | 2,49              | 28                                     | 1,33              |
| 7                                      | 4,32              | 15                                     | 2,35              |  |                   |
| 8                                      | 3,92              | 16                                     | 2,22              |  |                   |

Примечания: 1. Эквивалентные нагрузки вычислены для двух полос. Вычисления произведены только до длины загрузки 28 м, так как для больших длин проверочная нагрузка от полос не может быть больше нагрузки автомобилей  $H_{10}$  и  $H_8$  при учете повышения допускаемых напряжений.

2. Для всех видов линий влияния эквивалентная нагрузка от двух полос одинакова.

3. При расчете давления на прогон или ферму табличные значения умножаются на коэффициент поперечной установки, который вычисляется с учетом ширины полосы.

Приложение IV  
Длины хорд в см и площади сегментов в см<sup>2</sup> для различных глубин врубков в см

| Длин.<br>Орвна<br>см | Стежка              |                     | Глубина в рубки в см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
|                      | до<br>$\frac{d}{3}$ | до<br>$\frac{d}{2}$ | 0,5                  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 5,0  | 5,5  | 6,0  | 6,5  | 7,0  | 7,5  | 8,0   | 8,5  | 9,0  |
| 20                   | s 0,57              | 1,34                | 6,25                 | 8,7  | 10,5 | 12,0 | 13,2 | 14,3 | 15,2 | 16,0 | 16,7 | 17,3 | 17,9 | 18,3 | 18,7 | —    | —    | —     | —    | —    |
| 21                   | ω 2,56              | 1,41                | 2,09                 | 5,87 | 10,7 | 16,3 | 22,6 | 29,6 | 36,9 | 44,7 | 52,9 | 61,4 | 70,2 | 79,3 | 88,5 | —    | —    | —     | —    | —    |
| 22                   | s 0,60              | 1,47                | 6,40                 | 8,9  | 10,8 | 12,3 | 13,6 | 14,7 | 15,6 | 16,5 | 17,2 | 17,9 | 18,5 | 19,0 | 19,4 | 19,8 | —    | —     | —    | —    |
| 23                   | ω 2,82              | 1,54                | 2,14                 | 6,00 | 11,0 | 16,8 | 23,3 | 30,4 | 37,9 | 46,0 | 54,4 | 63,2 | 72,3 | 81,6 | 91,2 | 101  | 104  | —     | —    | —    |
| 24                   | s 0,63              | 1,61                | 6,55                 | 9,2  | 11,1 | 12,6 | 14,0 | 15,1 | 16,1 | 17,0 | 17,7 | 18,4 | 19,1 | 19,6 | 20,1 | 20,5 | 21,2 | 21,6  | —    | —    |
| 25                   | ω 3,10              | 1,68                | 2,20                 | 6,17 | 11,3 | 17,2 | 23,9 | 31,1 | 38,9 | 47,2 | 55,9 | 64,9 | 74,3 | 84,0 | 93,9 | 104  | 118  | 122,2 | 132  | 142  |
| 26                   | s 0,66              | 1,74                | 6,70                 | 9,4  | 11,4 | 12,9 | 14,3 | 15,5 | 16,5 | 17,4 | 18,2 | 19,0 | 19,6 | 20,2 | 20,7 | 21,2 | 21,8 | 22,6  | 23,3 | 24,0 |
| 27                   | ω 3,48              | 1,81                | 2,24                 | 6,31 | 11,5 | 17,6 | 24,4 | 31,9 | 39,9 | 48,4 | 57,4 | 66,6 | 76,3 | 86,2 | 96,5 | 107  | 118  | 124   | 135  | 151  |
|                      | s 0,69              | 1,88                | 6,85                 | 9,6  | 11,6 | 13,3 | 14,7 | 15,9 | 16,9 | 17,9 | 18,7 | 19,5 | 20,2 | 20,8 | 21,3 | 21,8 | 22,2 | 22,9  | 24,0 | 25,4 |
|                      | ω 3,68              | 1,95                | 2,30                 | 6,44 | 11,8 | 18,0 | 25,0 | 32,6 | 40,9 | 49,5 | 58,8 | 68,3 | 78,2 | 88,4 | 99,0 | 110  | 121  | 132   | 142  | 154  |
|                      | s 0,72              | 2,02                | 7,00                 | 9,8  | 11,9 | 13,6 | 15,0 | 16,2 | 17,3 | 18,3 | 19,2 | 20,1 | 20,7 | 21,4 | 21,9 | 22,4 | 22,9 | 23,6  | 24,6 | 25,1 |
|                      | ω 3,87              | 2,09                | 2,34                 | 6,58 | 12,0 | 18,4 | 25,5 | 33,4 | 41,8 | 50,7 | 60,1 | 69,9 | 80,1 | 90,5 | 101  | 113  | 124  | 135   | 146  | 167  |
|                      | s 0,74              | 2,14                | 7,14                 | 10,0 | 12,1 | 13,8 | 15,3 | 16,6 | 17,7 | 18,8 | 19,7 | 20,5 | 21,2 | 21,9 | 22,5 | 23,1 | 23,6 | 24,0  | 24,6 | 25,4 |
|                      | ω 4,00              | 2,21                | 2,39                 | 6,71 | 12,2 | 18,8 | 26,0 | 34,0 | 42,6 | 51,8 | 61,4 | 71,5 | 81,9 | 92,7 | 104  | 115  | 127  | 139   | 151  | 167  |
|                      | s 0,77              | 2,27                | 7,27                 | 10,2 | 12,4 | 14,1 | 15,7 | 17,0 | 18,1 | 19,2 | 20,1 | 21,0 | 21,7 | 22,5 | 23,1 | 23,7 | 24,2 | 24,6  | 25,1 | 25,4 |
|                      | ω 4,32              | 2,34                | 2,45                 | 6,85 | 12,5 | 19,1 | 26,6 | 34,7 | 43,6 | 52,9 | 62,7 | 73,0 | 84,0 | 94,7 | 106  | 118  | 130  | 142   | 154  | 167  |
|                      | s 0,77              | 2,45                | 2,45                 | 6,85 | 12,5 | 19,1 | 26,6 | 34,7 | 43,6 | 52,9 | 62,7 | 73,0 | 84,0 | 94,7 | 106  | 118  | 130  | 142   | 154  | 167  |
|                      | ω 4,66              | 2,54                | 2,45                 | 6,85 | 12,5 | 19,1 | 26,6 | 34,7 | 43,6 | 52,9 | 62,7 | 73,0 | 84,0 | 94,7 | 106  | 118  | 130  | 142   | 154  | 167  |

Г л у б и н а в р у б к и в с м

| Диам. бревна в см | Слеска до $\frac{d}{3}$ |        | Слеска до $\frac{d}{2}$ |      | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 5,0  | 5,5  | 6,0  | 6,5  | 7,0  | 7,5  | 8,0  | 8,5  | 9,0  |      |
|-------------------|-------------------------|--------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   | 28                      | s 0,80 | ω                       | 1,88 | 14,0 | 7,41 | 10,4 | 12,6 | 14,4 | 16,0 | 17,3 | 18,5 | 19,6 | 20,6 | 21,4 | 22,2 | 23,0 | 23,6 | 24,2 | 24,8 | 25,3 | 25,7 | 26,2 |
| 29                | s 0,83                  | ω      | 1,94                    | 14,5 | 7,55 | 10,6 | 12,8 | 14,7 | 16,3 | 17,7 | 18,9 | 20,0 | 21,0 | 21,9 | 22,7 | 23,5 | 24,2 | 24,8 | 25,4 | 25,9 | 26,4 | 26,8 | 26,8 |
| 30                | s 0,86                  | ω      | 2,10                    | 15,0 | 7,67 | 10,8 | 13,0 | 15,0 | 16,6 | 18,0 | 19,3 | 20,4 | 21,4 | 22,4 | 23,2 | 24,0 | 24,7 | 25,4 | 26,0 | 26,5 | 27,0 | 27,5 | 27,5 |
| 31                | s 0,89                  | ω      | 2,08                    | 15,5 | 7,80 | 11,0 | 13,3 | 15,2 | 16,9 | 18,3 | 19,6 | 20,8 | 21,8 | 22,8 | 23,7 | 24,5 | 25,2 | 25,9 | 26,6 | 27,1 | 27,7 | 28,1 | 28,1 |
| 32                | s 0,92                  | ω      | 2,14                    | 16,0 | 7,93 | 11,2 | 13,5 | 15,5 | 17,2 | 18,6 | 20,0 | 21,2 | 22,2 | 23,2 | 24,1 | 24,9 | 25,7 | 26,4 | 27,1 | 27,7 | 28,3 | 28,8 | 28,8 |
| 33                | s 0,94                  | ω      | 2,21                    | 16,5 | 8,06 | 11,3 | 13,7 | 15,7 | 17,5 | 19,0 | 20,3 | 21,5 | 22,6 | 23,7 | 24,6 | 25,4 | 26,3 | 27,0 | 27,7 | 28,3 | 28,9 | 29,4 | 29,4 |
| 34                | s 0,97                  | ω      | 2,28                    | 17,0 | 8,17 | 11,5 | 14,0 | 16,0 | 17,7 | 19,3 | 20,7 | 21,9 | 23,0 | 24,1 | 25,0 | 25,9 | 26,7 | 27,5 | 28,2 | 28,8 | 29,4 | 30,0 | 30,0 |
| 35                | s 1,00                  | ω      | 2,35                    | 17,5 | 8,30 | 11,7 | 14,2 | 16,2 | 18,0 | 19,6 | 21,0 | 22,3 | 23,4 | 24,5 | 25,5 | 26,4 | 27,2 | 28,0 | 28,7 | 29,4 | 30,0 | 30,6 | 30,6 |
| 36                | s 1,00                  | ω      | 2,78                    | 27,8 | 7,80 | 14,3 | 21,9 | 30,5 | 39,9 | 50,1 | 60,9 | 72,3 | 84,3 | 96,8 | 110  | 123  | 137  | 151  | 166  | 181  | 196  | 196  | 196  |

Моменты инерции и сопротивления для различных профилей бревна

| Диам. бревна в см | Профили |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   |         |       |       |       |       |       |       |
| 18                | I 5153  | 4635  | 4995  | 4145  | 4840  | 2576  | 720   |
| 19                | W 572   | 529   | 559   | 531   | 570   | 286   | 139   |
| 20                | I 6397  | 5754  | 6201  | 5146  | 6009  | 3198  | 894   |
| 21                | W 673   | 622   | 658   | 625   | 670   | 336   | 163   |
| 22                | I 7854  | 7064  | 7613  | 6318  | 7378  | 3927  | 1098  |
| 23                | W 785   | 726   | 767   | 729   | 785   | 392   | 190   |
| 24                | I 9547  | 8586  | 9253  | 7680  | 8967  | 4773  | 1334  |
| 25                | W 909   | 840   | 888   | 844   | 905   | 454   | 220   |
| 26                | I 11499 | 10343 | 11146 | 9251  | 10801 | 5749  | 1607  |
| 27                | W 1045  | 1021  | 1021  | 971   | 1042  | 522   | 253   |
| 28                | I 13737 | 12355 | 13315 | 11051 | 12903 | 6868  | 1920  |
| 29                | W 1194  | 1104  | 1167  | 1110  | 1190  | 5970  | 290   |
| 30                | I 16286 | 14648 | 15786 | 13102 | 15298 | 8143  | 2276  |
| 31                | W 1357  | 1255  | 1326  | 1261  | 1352  | 678   | 329   |
| 32                | I 19175 | 17246 | 18586 | 15426 | 18012 | 9587  | 2680  |
| 33                | W 1534  | 1418  | 1499  | 1425  | 1528  | 767   | 372   |
| 34                | I 22432 | 20175 | 21743 | 18046 | 21071 | 11216 | 3135  |
| 35                | W 1726  | 1595  | 1686  | 1603  | 1719  | 863   | 419   |
| 36                | I 26087 | 23463 | 25286 | 20987 | 24505 | 13043 | 3641  |
| 37                | W 1932  | 1786  | 1888  | 1795  | 1925  | 966   | 469   |
| 38                | I 30172 | 27137 | 29245 | 24273 | 28342 | 15086 | 4217  |
| 39                | W 2155  | 1993  | 2106  | 2002  | 2147  | 1078  | 923   |
| 40                | I 34719 | 31226 | 33652 | 27930 | 32613 | 17359 | 4852  |
| 41                | W 2394  | 2214  | 2340  | 2224  | 2386  | 1197  | 581   |
| 42                | I 39761 | 35762 | 38540 | 31987 | 37349 | 19880 | 5557  |
| 43                | W 2651  | 2451  | 2590  | 2462  | 2641  | 1326  | 644   |
| 44                | I 45333 | 40773 | 43941 | 36470 | 42584 | 22666 | 6336  |
| 45                | W 2925  | 2764  | 2858  | 2717  | 2914  | 1463  | 710   |
| 46                | I 51472 | 46295 | 49891 | 41408 | 48350 | 25736 | 7193  |
| 47                | W 3217  | 2974  | 3143  | 2988  | 3205  | 1619  | 781   |
| 48                | I 58214 | 52358 | 56426 | 46832 | 54683 | 29107 | 8135  |
| 49                | W 3528  | 3262  | 3447  | 3278  | 3515  | 1764  | 857   |
| 50                | I 65597 | 58999 | 63583 | 52772 | 61618 | 32798 | 9167  |
| 51                | W 3859  | 3568  | 3771  | 3585  | 3844  | 1930  | 937   |
| 52                | I 73662 | 66253 | 71400 | 59260 | 69194 | 36831 | 10294 |
| 53                | W 4209  | 3892  | 4113  | 3910  | 4194  | 2105  | 1022  |
| 54                | I 82448 | 74155 | 79916 | 66328 | 77447 | 41224 | 11522 |
| 55                | W 4580  | 4235  | 4476  | 4255  | 4563  | 2290  | 1112  |

Моменты сопротивления в см<sup>3</sup> для досок и

брусев прямоугольного сечения  $W = 1/6 bh^2$

| Высота | Ширина доски |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | 10           | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   |
| 1      | 2            | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| 2      | 7            | 7    | 8    | 9    | 9    | 10   | 11   | 11   | 12   | 13   |
| 3      | 15           | 17   | 18   | 20   | 21   | 23   | 24   | 26   | 27   | 29   |
| 4      | 27           | 29   | 32   | 35   | 37   | 40   | 43   | 45   | 48   | 51   |
| 5      | 42           | 46   | 50   | 54   | 58   | 63   | 67   | 71   | 75   | 79   |
| 6      | 60           | 66   | 72   | 78   | 84   | 90   | 96   | 102  | 108  | 114  |
| 7      | 82           | 90   | 98   | 106  | 114  | 123  | 131  | 139  | 147  | 155  |
| 8      | 107          | 117  | 128  | 139  | 149  | 160  | 171  | 181  | 192  | 203  |
| 9      | 135          | 149  | 162  | 176  | 189  | 203  | 216  | 230  | 243  | 257  |
| 10     | 167          | 184  | 200  | 217  | 233  | 250  | 267  | 283  | 300  | 317  |
| 11     | 202          | 222  | 242  | 262  | 282  | 303  | 323  | 343  | 363  | 383  |
| 12     | 240          | 264  | 288  | 312  | 336  | 360  | 384  | 408  | 432  | 456  |
| 13     | 282          | 310  | 338  | 366  | 394  | 423  | 451  | 479  | 507  | 535  |
| 14     | 327          | 359  | 392  | 425  | 457  | 490  | 523  | 555  | 588  | 621  |
| 15     | 375          | 413  | 450  | 488  | 525  | 563  | 600  | 638  | 675  | 713  |
| 16     | 427          | 469  | 512  | 555  | 597  | 640  | 683  | 725  | 768  | 811  |
| 17     | 482          | 530  | 578  | 626  | 674  | 723  | 771  | 819  | 867  | 915  |
| 18     | 540          | 594  | 648  | 702  | 756  | 810  | 864  | 918  | 972  | 1026 |
| 19     | 602          | 662  | 722  | 782  | 842  | 903  | 963  | 1023 | 1088 | 1143 |
| 20     | 667          | 733  | 800  | 867  | 933  | 1000 | 1067 | 1133 | 1200 | 1267 |
| 21     | 735          | 809  | 882  | 956  | 1029 | 1103 | 1176 | 1250 | 1323 | 1397 |
| 22     | 807          | 887  | 968  | 1049 | 1129 | 1210 | 1291 | 1371 | 1452 | 1533 |
| 23     | 882          | 970  | 1058 | 1146 | 1234 | 1323 | 1411 | 1499 | 1587 | 1675 |
| 24     | 960          | 1056 | 1152 | 1248 | 1344 | 1440 | 1536 | 1632 | 1728 | 1824 |
| 25     | 1042         | 1146 | 1250 | 1354 | 1458 | 1563 | 1667 | 1771 | 1875 | 1979 |
| 26     | 1127         | 1239 | 1352 | 1465 | 1577 | 1690 | 1803 | 1915 | 2028 | 2140 |
| 27     | 1215         | 1337 | 1458 | 1580 | 1701 | 1823 | 1944 | 2066 | 2187 | 2309 |
| 28     | 1307         | 1437 | 1568 | 1699 | 1829 | 1960 | 2091 | 2221 | 2352 | 2483 |
| 29     | 1402         | 1542 | 1682 | 1822 | 1962 | 2103 | 2243 | 2383 | 2523 | 2663 |
| 30     | 1500         | 1650 | 1800 | 1950 | 2100 | 2250 | 2400 | 2550 | 2700 | 2850 |
| 31     | 1602         | 1762 | 1922 | 2082 | 2242 | 2403 | 2563 | 2723 | 2883 | 3043 |
| 32     | 1707         | 1877 | 2048 | 2219 | 2389 | 2560 | 2731 | 2901 | 3072 | 3243 |

| или бруса в см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 20             | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| 3              | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 13             | 14   | 14   | 15   | 16   | 17   | 17   | 18   | 19   | 19   | 20   |
| 30             | 32   | 33   | 35   | 36   | 38   | 39   | 41   | 42   | 44   | 45   |
| 53             | 56   | 58   | 61   | 64   | 67   | 69   | 72   | 75   | 77   | 80   |
| 83             | 88   | 91   | 96   | 100  | 104  | 108  | 113  | 117  | 121  | 125  |
| 120            | 126  | 132  | 138  | 144  | 150  | 156  | 162  | 168  | 174  | 180  |
| 163            | 172  | 179  | 188  | 196  | 204  | 212  | 221  | 229  | 237  | 245  |
| 213            | 224  | 234  | 245  | 256  | 267  | 277  | 288  | 299  | 309  | 320  |
| 270            | 284  | 297  | 311  | 324  | 338  | 351  | 365  | 378  | 392  | 405  |
| 333            | 350  | 366  | 383  | 400  | 417  | 433  | 450  | 467  | 483  | 500  |
| 408            | 434  | 443  | 464  | 484  | 504  | 524  | 545  | 565  | 585  | 605  |
| 480            | 504  | 528  | 552  | 576  | 600  | 624  | 648  | 672  | 696  | 720  |
| 563            | 592  | 619  | 648  | 676  | 704  | 732  | 761  | 789  | 817  | 845  |
| 653            | 686  | 718  | 751  | 784  | 817  | 849  | 882  | 915  | 947  | 980  |
| 750            | 788  | 825  | 863  | 900  | 938  | 975  | 1013 | 1050 | 1088 | 1125 |
| 853            | 896  | 938  | 981  | 1024 | 1067 | 1109 | 1153 | 1195 | 1237 | 1280 |
| 963            | 1012 | 1059 | 1108 | 1156 | 1204 | 1252 | 1301 | 1349 | 1397 | 1445 |
| 1080           | 1134 | 1188 | 1242 | 1296 | 1350 | 1404 | 1459 | 1512 | 1566 | 1620 |
| 1203           | 1264 | 1323 | 1384 | 1444 | 1504 | 1564 | 1625 | 1685 | 1745 | 1805 |
| 1333           | 1400 | 1466 | 1533 | 1600 | 1667 | 1733 | 1800 | 1867 | 1933 | 2000 |
| 1470           | 1544 | 1617 | 1691 | 1764 | 1838 | 1911 | 1985 | 2058 | 2132 | 2205 |
| 1613           | 1694 | 1774 | 1855 | 1936 | 2017 | 2097 | 2178 | 2259 | 2339 | 2420 |
| 1763           | 1852 | 1939 | 2038 | 2116 | 2204 | 2292 | 2381 | 2469 | 2557 | 2646 |
| 1920           | 2016 | 2112 | 2208 | 2304 | 2400 | 2496 | 2592 | 2688 | 2784 | 2880 |
| 2083           | 2188 | 2291 | 2396 | 2500 | 2604 | 2708 | 2813 | 2917 | 3021 | 3125 |
| 2253           | 2366 | 2478 | 2591 | 2704 | 2817 | 2929 | 3042 | 3155 | 3267 | 3380 |
| 2430           | 2552 | 2673 | 2795 | 2916 | 3038 | 3159 | 3281 | 3402 | 3524 | 3645 |
| 2613           | 2744 | 2874 | 3005 | 3136 | 3267 | 3397 | 3528 | 3659 | 3789 | 3920 |
| 2803           | 2944 | 3083 | 3224 | 3364 | 3504 | 3644 | 3785 | 3925 | 4065 | 4205 |
| 3000           | 3150 | 3300 | 3450 | 3600 | 3750 | 3900 | 4050 | 4200 | 4350 | 4500 |
| 3203           | 3364 | 3523 | 3684 | 3844 | 4004 | 4164 | 4325 | 4485 | 4645 | 4805 |
| 3413           | 3584 | 3754 | 3925 | 4096 | 4267 | 4437 | 4608 | 4779 | 4949 | 5120 |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| <i>Глава I. Общая часть.</i>                                 |      |
| § 1. Классификация искусственных сооружений . . . . .        | 3    |
| § 2. Элементы конструкций мостов . . . . .                   | 4    |
| § 3. Строительные качества дерева . . . . .                  | 6    |
| <i>Глава II. Мосты под железную дорогу.</i>                  |      |
| § 4. Габариты и нагрузки . . . . .                           | 10   |
| § 5. Допускаемые напряжения . . . . .                        | 12   |
| § 6. Системы мостов малых пролетов . . . . .                 | 14   |
| § 7. Балочные мосты . . . . .                                | 20   |
| § 8. Одноподкосные мосты . . . . .                           | 26   |
| § 9. Двухподкосные мосты . . . . .                           | 33   |
| § 10. Детали конструкций и расчет . . . . .                  | 42   |
| § 11. Пример составления вариантов и расчета моста . . . . . | 79   |
| § 12. Сведения о пролетных строениях с фермами . . . . .     | 96   |
| § 13. Ряжевые опоры . . . . .                                | 104  |
| § 14. Ледорезы . . . . .                                     | 108  |
| <i>Глава III. Мосты под автогужевую дорогу.</i>              |      |
| § 15. Нагрузки и допускаемые напряжения . . . . .            | 113  |
| § 16. Системы мостов под автогужевую дорогу . . . . .        | 115  |
| § 17. Балочные мосты . . . . .                               | 119  |
| § 18. Подкосные мосты . . . . .                              | 125  |
| § 19. Детали конструкций и расчет . . . . .                  | 135  |
| § 20. Пример составления вариантов . . . . .                 | 154  |
| <i>Глава IV. Лотки и трубы.</i>                              |      |
| <i>Приложения</i> . . . . .                                  | 164  |

680—

160303

САМОУЧЕБНИК

# ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ

Л. И. ИВРИК

1937