

А. А. ПОЛЪЩУКЪ,

преподаватель Высшаго Художественнаго Училища при Императорской Академіи Художествъ.

МОСТЫ

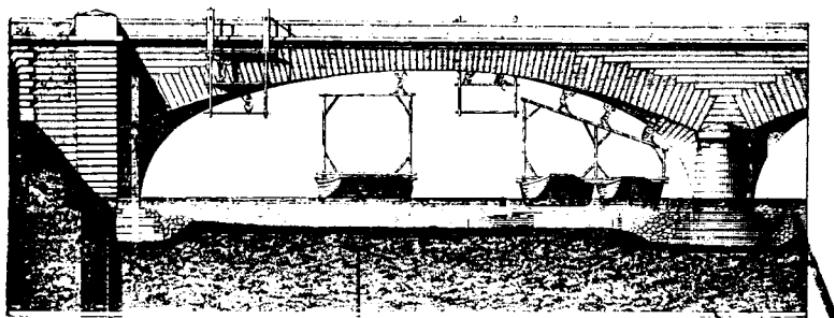
ИХЪ УСТРОЙСТВО, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЪ.

ЧАСТЬ I-ая.

КАМЕННЫЕ МОСТЫ.

ОБЩІЯ ПОНЯТИЯ.

Съ 98 рисунками въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ЛІНОДАЛЬНАЯ ТИПОГРАФІЯ

1910.

КАМЕННЫЕ МОСТЫ.

Отдѣлъ I-ыи.

ЧАСТИ МОСТОВЪ И ИХЪ УСТРОЙСТВО.

I. Понятіе о каменныхъ мостахъ.

1. О мостахъ вообще. Мостомъ принято называть сооружение, служащее для удобнаго сообщенія одной мѣстности съ другой, отдѣленной какимъ-либо оврагомъ, рѣкой, проливомъ или вообще неудобоиходимымъ предметомъ. Такъ, напр., мосты могутъ быть устроены для перехода черезъ болото, полотно желѣзной дороги во всякое время, для перехода изъ одного зданія въ другое на значительной высотѣ, и во многихъ другихъ случаяхъ.

По матеріалу, изъ котораго сооружаются мосты, послѣдніе могутъ быть раздѣлены на каменные, деревянные, желѣзные, чугунные, бетонные и желѣзо-бетонные.

Вообще, названіе свое по матеріалу мосты получаютъ въ зависимости отъ матеріала пролетныхъ частей, но не опоръ или настила. Такъ, напр., Троицкій мостъ черезъ рѣку Неву въ Петербургѣ носитъ название желѣзного, а Николаевскій мостъ черезъ ту же рѣку чугунного, хотя быки и опоры у того и другого каменные.

По своему назначенію мосты раздѣляются на пѣшеходные, проѣзжіе, желѣзнодорожные, водопроводные (акведуки), сухопутные (віадуки), и т. д. Віадуки проводятся въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно сообщеніе двухъ мѣстностей, высоко лежащихъ надъ долиной, ихъ отдѣляющей, или когда нежелательно дѣлать высокой насыпи. Примѣръ такого віадука представленъ на рис. 1.

Акведуки служатъ въ тѣхъ же случаяхъ, но для проводки воды изъ одной мѣстности въ другую. Поэтому сверхъ арокъ идеть

не проѣзжая часть, а глубокій желобъ, по которому течеть вода, какъ показано на рис. 2.

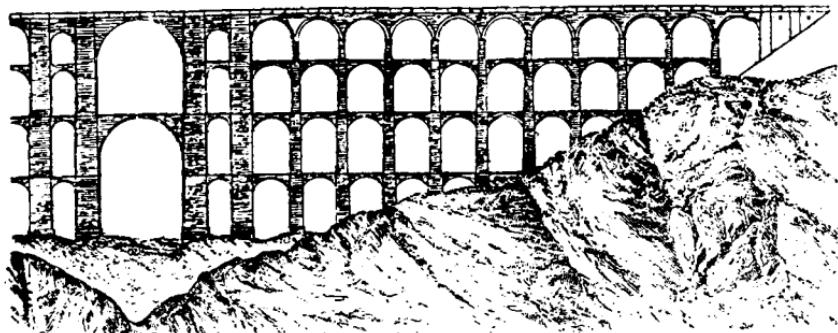


Рис. 1. Виадукъ въ долинѣ Гелтшѣ.

Мосты кромѣ того можно раздѣлить на подвижные, временные и постоянные.

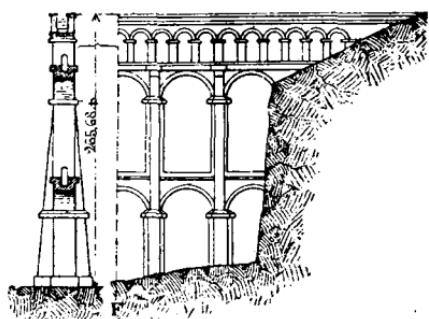


Рис. 2. Рокфавурскій акведукъ.

Мосты, имѣющіе опорами плавучія тѣла: барки, ящики, понтоны, бочки и т. д., носятъ название платаутныхъ или понтоонныхъ. Таковъ, напр., Дворцовый мостъ черезъ Неву у Зимняго дворца. Мосты, перекрывающіе небольшія отверстія на путі и служащіе для пропуска весеннихъ водъ, носятъ название трубъ.

2. Части моста. Всякій, видѣвшиій какой-либо постоянный проѣзжій мостъ, легко отличить въ немъ три основныя части (рис. 3 и 4), а именно: опоры, на которыхъ стоитъ мостъ, пролетную часть и проѣзжую.

Не всегда всѣ эти части выступаютъ явно. Часто бываетъ, что у моста нѣтъ опоръ, а пролетная часть опирается непосред-

Подвижные мосты носятъ название паромовъ; мостовой настиль, поддерживаляемый водою непосредственно, носятъ название плотового моста. Такой мостъ долго существовалъ въ Ригѣ.

Мосты, имѣющіе опорами плавучія тѣла: барки, ящики, понтоны, бочки и т. д., носятъ название платаутныхъ или

ствено на берега, которые замыкают опоры, т. е. являются какъ бы естественными опорами.

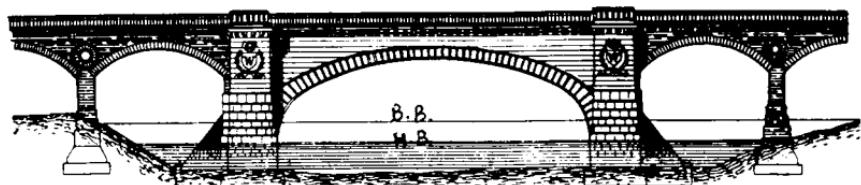


Рис. 3. Фасадъ каменнаго моста близъ Берлина по дорогѣ въ Шарлотенбургъ.

Береговыя опоры принято называть устоями, а промежуточныя—быками. Пролетная часть имѣеть цѣлью поддерживать настиль, по которому собственно и происходит ходьба и ъзда. Поэтому въ плотовыхъ мостахъ, гдѣ настиль лежить на водѣ, ни опоръ, ни пролетныхъ частей нѣть.

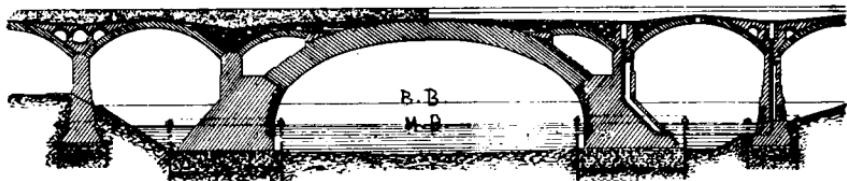


Рис. 4. Разрѣзъ того же моста.

Кромѣ указанныхъ частей въ мостахъ бываютъ и другія, имѣющія специальное назначеніе. Такъ, чтобы предохранить проѣзжихъ и проходящихъ отъ случайного паденія съ моста, по краямъ проѣзжей части устраиваются перила. Часто на большихъ рѣкахъ мосты имѣютъ разводную часть для пропуска въ определенное время большихъ судовъ. Проѣздъ и проходъ по мосту въ это время, конечно, уже невозможенъ.

Въ каменныхъ мостахъ, а въ томъ числѣ и бетонныхъ, пролетную часть составляетъ арка или сводъ. Въ металлическихъ и деревянныхъ мостахъ пролетная часть можетъ кромѣ того быть изъ балокъ, какъ и въ желѣзо-бетонныхъ.

Чтобы болѣе обезопасить проходящихъ отъ столкновенія съ экипажами и вообще съ проѣзжими, устраиваются на мостахъ особыя панели, схожія съ таковыми на улицахъ. Панель обыкновенно возвышается противъ проѣзжей части, дабы лошади и телѣги не могли на нее наѣхать.

Для стока воды мостъ долженъ имѣть особый скатъ вдоль и

поперекъ, такъ какъ иначе при значительной длинѣ моста вода не успѣвала бы стекать, и могли бы образоваться лужи.

Черезъ мостъ нерѣдко приходится проводить водопроводныя трубы для передачи воды на другой берегъ, если нѣтъ особаго акведука. Точно такъ же черезъ мостъ можетъ быть проведенъ электрическій кабель. Въ обоихъ этихъ случаяхъ приходится стараться предохранить ихъ отъ порчи прохожими или проѣзжими.

3. Особенности каменныхъ мостовъ. Пролетная часть каменныхъ мостовъ состоитъ изъ коробчатаго свода. Иногда говорятъ вмѣсто мостовой сводъ—мостовая арка. Но если мы будемъ понимать подъ аркой сводчатое покрытие для образованія отверстія въ стѣнѣ, то правильнѣе будетъ въ мостахъ говорить про сводъ на пространствѣ, открытомъ съ щековыхъ сторонъ.

Каменные мосты отличаются отъ деревянныхъ и металлическихъ многими характерными чертами. Прежде всего тѣмъ, что каменные мосты складываются изъ отдельныхъ камней, какъ обыкновенныя арки, благодаря чему образуется значительный распоръ, удерживающій камни въ равновѣсіи. Затѣмъ каменные мосты, благодаря тому, что камни обладаютъ значительнымъ удѣльнымъ вѣсомъ и примѣняются сплошными во всю толщину арки, всегда будутъ очень тяжелыми, требующими солидныхъ опоръ, а следовательно и солидныхъ основаній. Въ зависимости отъ вѣса камней вспомогательные приспособленія, какъ, напримѣръ, лѣса и подмостки, при сооруженіи каменныхъ мостовъ, должны быть болѣе крѣпкими, чѣмъ при деревянныхъ и металлическихъ.

Пролетная часть каменныхъ мостовъ отличается тѣмъ, что несетъ на себѣ грузъ проѣзжей части равномѣрно всѣми своими точками верхней поверхности, а не отдельными узлами. Если же приходится передавать грузъ отдельными столбами, то эти послѣдніе должны быть перекрыты особыми все же сводами, на которыхъ будетъ лежать проѣзжая часть или настилъ.

По красотѣ и монументальности своей каменные мосты всегда будутъ выше деревянныхъ и металлическихъ, не говоря уже о томъ, что каменные мосты самые долговѣчные.

4. Нѣкоторыя свѣдѣнія о существующихъ каменныхъ мостахъ. Есть каменные мосты, которые сохранились съ самыхъ древнихъ временъ, если считать мостами пере-

крытія каналовъ и галлерей. Изъ существующихъ въ настоящее время древнихъ мостовъ можно указать на слѣдующіе. Трехпролетный Саларійскій мостъ чрезъ рѣчку Тевероне близъ Рима построенъ за 600 лѣтъ до Р. Х. Наибольшій пролетъ этого моста 21,1 метра или около 10 саженей. Изъ другихъ мостовъ, построенныхъ до Р. Х., можно указать еще на мостъ Фабриція въ два пролета по 11,89 сажени. Кастелланскій акведукъ въ два этажа, построенный за 400 лѣтъ до Р. Х., имѣть пролетъ въ 12, 33 сажени, при высотѣ стрѣлки 27,73 сажени. Алькантарскій віадукъ въ Испаніи имѣть пролетъ 14,62 сажени и высоту 29,5 саж.

Основаніями при устройствѣ опоръ и быковъ были у римлянъ: ростверкъ, сваи, понтонные ящики, наброски изъ камня и бетонъ, т. е. почти тѣ же, что теперь.

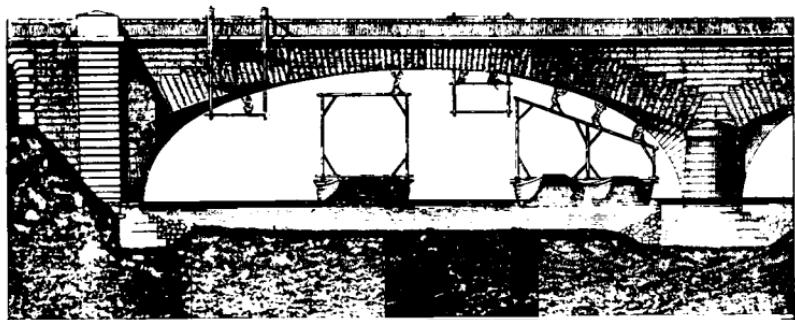


Рис. 5. Фасадъ моста въ Нейли по оригиналу Перроне 1782 года.

Пролеты каменныхъ мостовъ доведены въ настоящее время до величины свыше 42 саж. или 90 метр. Таковъ, напримѣръ, Плауэнскій мостъ въ Саксоніи, построенный въ 1903—1904 году. Пролетъ этого моста слѣдуетъ считать весьма солиднымъ не только для каменныхъ, но даже для желѣзныхъ и чугунныхъ.

Самое главное, къ чему стремится при постройкѣ мостовъ, это то, чтобы пролетныя части моста были по возможности легкими, такъ какъ отъ нихъ будетъ зависѣть размѣръ опоръ. Однимъ изъ чрезвычайно легкихъ мостовъ считается мостъ чрезъ рѣку Сену въ Нейли близъ Парижа (рис. 5 и 6), построенный Перроне въ 1768—1774 году. Мостъ этотъ состоитъ изъ пяти коробовыхъ арокъ съ наибольшимъ пролетомъ въ 39 метр. или 18,3 саж. Толщина арки въ замкѣ равна 1 : 27 пролета.

Если сравнить эту величину съ тѣмъ, что дѣлается у насъ со сводами между желѣзными балками въ обыкновенныхъ домахъ, гдѣ толщина сводовъ 3 вершка, то получимъ отношеніе толщины къ пролету 1 : 8; иначе говоря, толщина моста въ Нейли сравнительно со сводами между балками въ 3,375 разъ меньше. Это показываетъ, какой громадный запасъ прочности имѣютъ наши кирпичные и бетонные своды въ домахъ.

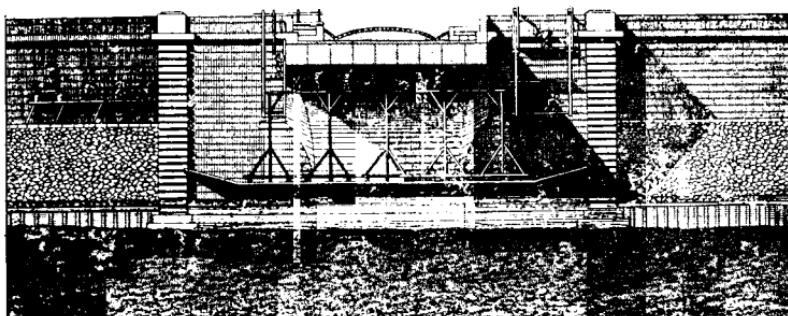


Рис. 6. Поперечный разрѣзъ того же моста во время расшивки швовъ.

Но нельзя, конечно, этимъ увлекаться. Дѣло въ томъ, что чѣмъ тоньше сводъ, тѣмъ больше отражаются на немъ какъ недостатки работы, такъ и недостатки раствора и формы камней. Но, во всякомъ случаѣ, достаточно было бы дѣлать своды между балками толщиною не болѣе 1,5 вершка. Мы же дѣлаемъ въ 3 верш. исключительно въ виду удобствъ въ перепадахъ.

Арки Нейльского моста замѣчательны еще тѣмъ, что вплоть до шва излома давленіе на швы не только равномѣрное, но и одинаковое, т. е. толщина моста отвѣчаетъ теоріи равнаго сопротивленія, появившейся въ литературѣ только въ 1872 году.

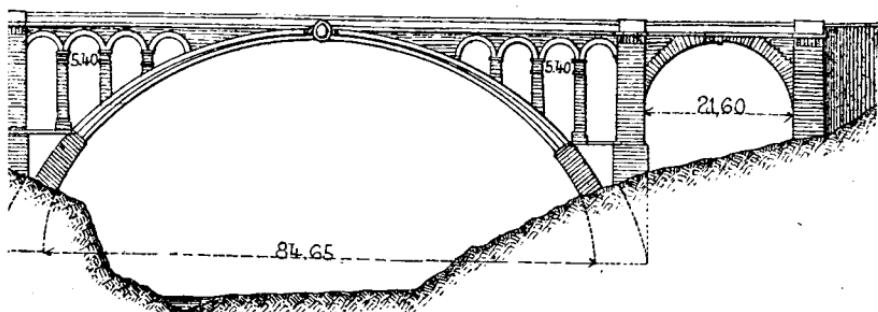


Рис. 7. Мостъ Адольфа въ Люксембургѣ.

Изъ другихъ мостовъ, знакомство съ которыми имѣеть большоѣ значеніе въ практикѣ, это мостъ въ Люксембургѣ, построеній въ 1903 году инженеромъ Сежурне (рис. 7). Пролетъ моста 84,65 метра, т. е. почти 40 саж.; выносъ или подъемъ 31 метръ. Матеріаломъ служилъ околотый камень; толщина въ замкѣ 1,44 метр., въ пятахъ 2,16 метра. Среднѣе напряженіе матеріала 17 килогр. на 1 кв. см. или 6,69 пуда на 1 кв. дюймъ.

Какъ видно изъ сказаннаго, толщина арки въ замкѣ равна 1 : 59. Мостъ въ Плауенѣ, о которомъ упомянуто выше, при пролетѣ въ 90 метрѣ имѣеть толщину въ замкѣ 1,5 метра, т. е. 1 : 60 пролета. Въ томъ и другомъ мосту толщина, слѣдовательно, вдвое меныше, чѣмъ въ Нейльскомъ.

Въ настоящее время принято считать толщину замка въ 1 : 60 пролета за предѣльную для мостовъ изъ камня, тогда какъ для гражданскихъ сооруженій этотъ предѣль 1 : 100.

5. Мостъ черезъ рѣку Энсъ. Чтобы при дальнѣйшемъ изложеніи были болѣе понятны разныя описанія устройства частей каменныхъ мостовъ вообще, опишемъ здѣсь устройство моста черезъ рѣку Энсъ близъ Гефена въ Австріи (рис. 8).



Рис. 8. Общий видъ моста черезъ рѣку Энсъ.

Пролетъ моста у поверхности откоса 28 метр. или 13,1 саж.; подъемъ или выносъ арки въ этомъ мѣстѣ 2,8 метра. Пролетъ у основанія арки 41 метръ или 19,2 саж. Движеніе по мосту небольшое; ширина пролетной части 2,5 метра или 8,2 фута, такъ что двѣ ломовыя телѣги не въ состояніи на мосту разъѣхаться. Панели для пѣшеходовъ шириной 0,7 метра, или 0,33 саж., или 1 арш. Материкъ, на которомъ возведенъ мостъ (рис. 9), представляетъ изъ себя пестрый песчаникъ, лежащий на глубинѣ 2 метр. отъ уровня низкихъ водъ; надъ песчаникомъ лежитъ слой песка, гравія и галекъ.

Водоотливъ при постройкѣ былъ легкій. Нижняя невидимая часть свода до выхода на свѣтъ, начиная непосредственно съ

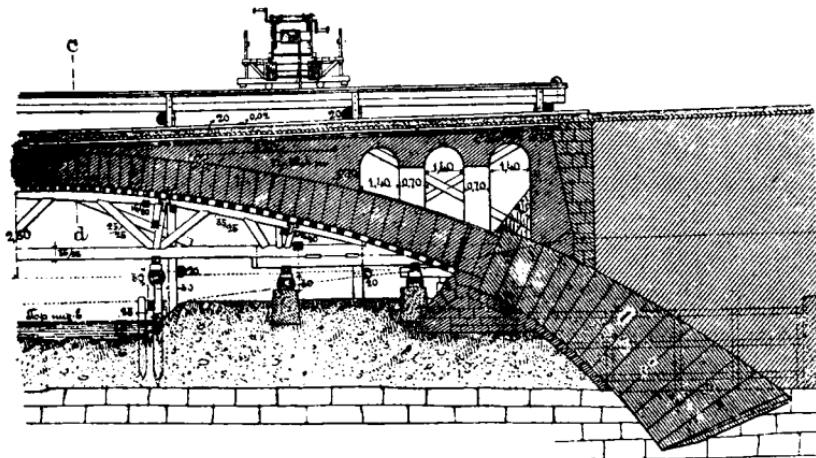


Рис. 9. Продольный разрез этого моста.

каменного основания каменистого грунта, устроена из трамбованного бетона слоями; швы между слоями идут нормально къ

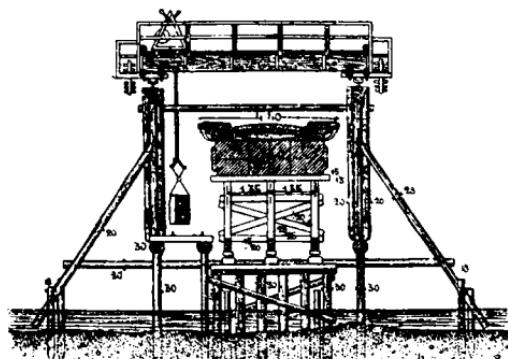


Рис. 10. Поперечный разрезъ того же моста.

Устройство кружаль и лѣсовъ видно изъ рис. 9 и 10.

Для того, чтобы можно было кружала спокойно опускать, употреблялись чугунные четырехгранные литые горшки 25 сантим. или 10 дюймовъ въ сѣченіи. Несокъ специально высушивали и, чтобы предохранить его отъ дождя, надъ горшками устраивали особые щиты. Вся работа по возведенію арки продолжалась 10 дней. Камни подымались лебедками и опускались на мѣсто по мѣрѣ надобности.

Въ средней трети высоты шва въ пятахъ положены листы мягкаго свинца шириню 50 сан. или 20 дюйм. и толщиною 20 мм.

Очевидно цѣль этихъ свинцовыхъ прокладокъ та, чтобы сдѣлать арку какъ бы на шарнирахъ.

Арка при 8 каменьщикахъ и 8 рабочихъ была сложена въ 7,5 рабочихъ дней. Уже черезъ 15 дней послѣ укладки замочныхъ камней начали опускать кружала. Для этого 21 человѣкъ по данному знаку открыли отверстія въ горшкахъ съ пескомъ и выпустили по 3 мм. высоты песку. Черезъ 28 дней послѣ положенія замочного камня снова опустили немногого кружала; наконецъ чрезъ 7 дней послѣ этого совершенно удалили кружала. При этомъ общая осадка свода въ замкѣ была около 6 сантим. или 2,3 дюйма, т. е. 1 : 466 пролета, что конечно сравнительно очень мало.

Въ замкѣ свинцовый листъ оказался подверженіемъ во всѣхъ точкахъ сжатію, тогда какъ въ пятахъ это давленіе оказалось неравноМѣрнымъ и даже не сжатіемъ въ предѣлахъ 0,2 миллим., а вытягиваніемъ, что было видно изъ того, что шовъ въ пятахъ раскрылся на эту величину съ верхней стороны. Отъ времени швы потомъ совсѣмъ закрылись.

Верхнее строеніе моста самое обыкновенное; надъ арками возведены столбы, между которыми устроены сводики; сверхъ послѣднихъ идетъ забутка. Вся кладка на цементномъ растворѣ.

Большіе карнизные камни съ выпусками служатъ для поддержанія пѣшеходныхъ мостковъ изъ мелкихъ плитокъ.

Сверхъ забутки идетъ слой асфальта для предохраненія арокъ отъ прониканія воды и сверхъ асфальта слой бетона, и затѣмъ мостовая изъ порфироваго щебенистаго слоя.

Перила на мосту желѣзныя, вѣсомъ 43 килогр. на погонный метръ или 5 пуд. на погонную сажень.

Для опредѣленія прогиба моста въ замкѣ примѣнялся аппаратъ Амслера, описываемый нами ниже, причемъ прогибъ получался при быстрой Ѣздѣ около 0,65 миллим. Тотчасъ по удаленіи груза мостовой сводъ принималъ прежнее положеніе.

Постройка всего моста, считая и сводъ ниже поверхности земли, продолжалась всего лишь десять мѣсяцевъ.

Общая стоимость моста 24477 марокъ или 10280 руб. При этомъ устройство основанія, водоотливъ и бетонная кладка до поверхности видимыхъ пять 7753 марки; плотничныя работы по устройству лѣсовъ, кружалъ, подъемныхъ лебедокъ и т. д. 4354 марки; каменныя работы 9353 мар.; асфальтовый слой, желѣзныя скрѣпленія, анкера и проч. 7371 мар.

6. О бетонныхъ мостахъ вообще. Мосты изъ бетона или желѣзо-бетона получили въ послѣднее время значительное распространеніе, благодаря быстротѣ, съ которой они могутъ быть возведены, а также благодаря легкости пролетныхъ частей.

Первые мосты изъ бетона появились только въ 1887 году, при чмъ пролеты мостовъ достигали величины не болѣе 20 саж.

Но съ 1893 года мы видимъ мосты уже съ пролетомъ въ 50 мстр. или 23,5 саж. Въ 1903—1904 году былъ построенъ бетонный мостъ чрезъ рѣку Изаръ у Грюнвальдена въ Баваріи пролетомъ въ 71 метр. или 33,3 саж. Весьма значительнымъ является пролѣтъ моста чрезъ Иллеръ у Кемптена въ Баваріи, размѣромъ 64,5 метр. или 30 саж., построенный инженеромъ Кольберомъ въ 1906 году (рис. 11).

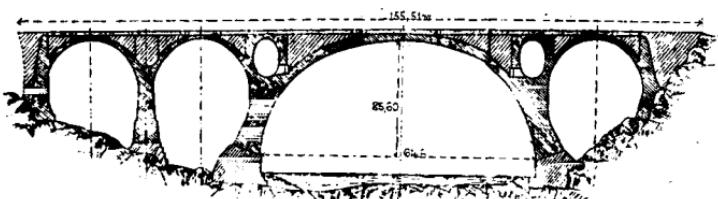


Рис. 11. Мостъ чрезъ Иллеръ у Кемптена (бетонный).

Бетонные мосты возводятся или съ шарнирами или безъ нихъ, и въ этомъ отношеніи они имѣютъ большое сходство съ чугунными и желѣзными мостами, тѣмъ болѣе, что бетонъ приходится разсматривать, какъ монолитную массу.

Съ другой стороны бетонные мосты, какъ каменные, состоять главнымъ образомъ изъ массивныхъ сплошныхъ арокъ или сводовъ, имѣютъ въ основѣ своей каменные материалы и разсчитываются относительно устойчивости и прочности аналогично каменнымъ.

Въ виду этого мы разсматриваемъ ихъ вмѣстѣ съ каменными, тогда какъ деревянные мосты относимъ въ книгу, гдѣ помѣщены металлические мосты. Это мы дѣляемъ потому, что деревянные мосты въ своихъ конструктивныхъ частяхъ аналогичны желѣзнымъ и, какъ тѣ, могутъ быть и балочными и арочными. Кромѣ того въ большихъ размѣрахъ тѣ и другие состоятъ изъ отдѣльныхъ фермъ, почти одинакового вида и системы.

Отсюда вытекаетъ, что разсчетъ прочности деревянныхъ мостовъ очень похожъ на разсчетъ желѣзныхъ.

7. Мостъ черезъ Дунай у Мундеркинга. Чтобы имѣть представлѣніе объ особенностяхъ бетонныхъ мостовъ, приводимъ описаніе постройки моста черезъ Дунай у Мундеркинга въ 1893 году.

Рѣшено было строить мостъ изъ бетона только по чисто экономическимъ соображеніямъ, а также потому, что дно рѣки не представляло удобства для промежуточныхъ опоръ, и приходилось дѣлать мостъ по возможности легкій и на весь пролетъ въ одну арку. Пролетъ моста 50 метровъ при подъемѣ 5 метр.

Арка состоять изъ двухъ частей съ тремя шарнирами (рис. 12⁹). Работы по исполненію проекта въ натурѣ начались



Рис. 12. Бетонный мостъ черезъ Дунай у Мундеркинга.

съ того, что въ Мюнхенѣ были посланы образцы бетона разнаго состава для испытанія ихъ крѣпости. Составъ бетона для образцовъ былъ разный.

Испытанія показали, что при одинаковомъ количествѣ песку и цемента, а также щебня одинаковой крупности, бетонъ изъ колотаго щебня прочнѣе бетона изъ гравія и при томъ менѣе сжимаемъ.

Кромѣ того опыты показали, что мостъ изъ бетона можетъ имѣть стрѣлу подъема меньше, чѣмъ мостъ изъ мѣстнаго камня.

Мостъ построенъ инженеромъ Лейбрандомъ.

Правый устой лежитъ непосредственно на скалѣ изъ юрскаго известняка, при чемъ сопротивленіе этого известняка 15 килгр. на одинъ кв. см. Лѣвый устой приходился въ напослѣдокъ грунту. Котлованъ выпутъ безъ водоотлива, котораго сдѣлать не удалось, а потому пришлось забить 145 свай діаметромъ не менѣе 25 см. или 10 дюймовъ.

Сваи забиты подъ угломъ 15⁰ къ вертикали. Нагрузка на сваю доходитъ до 34,8 тоннъ или 2120 пуд. Бетонъ уложенъ опусканіемъ его непосредственно въ воду, при чемъ цементъ для бетона брали быстротвердѣющій. Кружала были опалублены брусьями квадратнаго сѣченія размѣромъ 10×10 см. Сверху

настиль бытъ покрытъ плотной бумагой и затѣмъ смазанъ льнянымъ масломъ. Чтобы придать своду видъ каменнаго, на опалубкѣ и сбоку къ щитамъ были прибиты особыя рейки треугольнаго сѣченія.

Бетонъ для свода изготавлялся весьма тщательно. Щебень били изъ юрскаго известняка; размѣрами щебень до 4 см. Составъ бетона 1:2,5:5 и смѣшиваніе производилось въ особыхъ бетоньеркахъ механически. Прочность бетона была такова, что черезъ 7 дней сопротивленіе сжатію было въ среднемъ 202 килгр., черезъ 28 дней 254 и черезъ пять мѣсяцевъ 332 килогр. на 1 кв. см.

Мостъ бытъ разсчитанъ на нагрузку въ 400 кл. на кв. метръ или 110 пуд. на кв. саж., не считая собственнаго вѣса моста.

Наибольшее напряженіе материала 34 кл. на кв. см. Чтобы напряженія были по возможности вездѣ одинаковы, толщина въ замкѣ сдѣлана въ 1 метръ; въ швѣ излома 1,1 метра и въ основаніи свода 1,4 метра.

Шарниры въ замкѣ и въ швѣ излома сдѣланы стальными на желѣзныхъ клепанныхъ подушкахъ и расположены въ видѣ 12 паръ въ каждомъ швѣ по его длини, равной ширинѣ моста въ 7,5 метра. Длина шарнира 0,5 метра.

По раскружаливаніи, выждавъ прекращеніе осадки свода, шарниры были задѣланы цементнымъ растворомъ, хотя лучше было бы оставить ихъ открытыми.

Утолщеніе свода къ цитамъ сдѣлано съ такимъ разсчетомъ, чтобы линія давленія проходила по возможности близко къ средней линіи толщины свода.

Пазухи свода забучены не сплошь, а покрыты въ два яруса продольными стѣнками, которыя перекрыты сводиками, имѣющими пролетъ въ 0,9 метр., при толщинѣ стѣнокъ въ 0,6 метра.

Сводъ сложенъ въ 19 дней. Черезъ 10 дней со времени окончанія работъ сводъ бытъ опущенъ въ кружалахъ на 30 миллим., а совершенно раскружаленъ черезъ 28 дней. Полная осадка свода въ замкѣ произошла черезъ 4 мѣсяца и была равна 14,7 сантиметра или почти 6 дюймамъ, что составляетъ всего лишь 1 : 330 пролета.

II. Каменныея части опоръ.

8. Типы устоевъ. Устои или береговыя опоры можно раздѣлить на три вида: съ обратными стѣнками, съ откосными крыльями и въ видѣ прямоугольныхъ столбовъ.

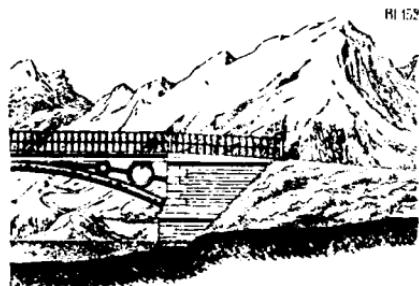


Рис. 13. Фасадъ устоя съ обратными стѣнками у моста близь Зундгофенъ.

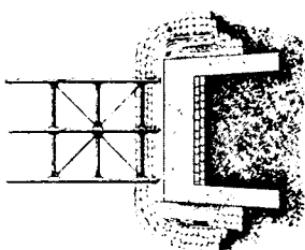


Рис. 14. Планъ устоя съ обратными стѣнками у того же моста.

Первый типъ устоя состоитъ въ томъ (рис. 3 и 4), что для того, чтобы при обыкновенныхъ пологихъ берегахъ устой не получался очень массивнымъ и дорогимъ, его дѣлаютъ не сплошь отъ воды до берега на высотѣ мостового настила, а просто ограждаютъ это пространство передней и боковыми стѣнками, а образовавшееся пустое пространство между тремя стѣнами и берегомъ, заполняютъ пескомъ или другимъ грунтомъ, имѣющимся на мѣстѣ.

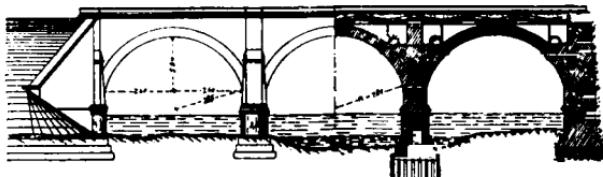


Рис. 15. Фасадъ и разрѣзъ устоя съ откосными крыльями.

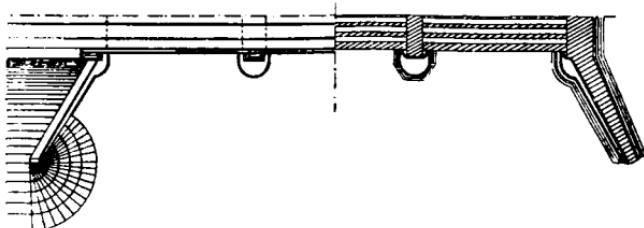


Рис. 16. Планъ устоя съ откосными крыльями у того же моста.

Второй типъ устоя состоитъ въ томъ (рис. 15 и 16), что для укрѣпленія насыпи за передней стѣнкой устоя ведутъ отъ послѣдней боковую стѣну не перпендикулярно къ линіи берега, а подъ небольшимъ угломъ къ ней.

При подъемѣ воды характеръ съуженія рѣки въ этомъ типѣ не изменится, сравнительно съ остальной шириной рѣки, тогда какъ въ первомъ типѣ будетъ значительное измененіе условій прохода льда и воды. Получая обратное движение вслѣдствіе удара о стѣну, часть воды станетъ задерживать остальную. Но въ то же время второй типъ будетъ дороже.

Третій типъ отличается отъ первого только тѣмъ, что стѣнки отсутствуютъ и весь устой представляетъ изъ себя сплошной столбъ. Чтобы, тѣмъ не менѣе, уменьшить количество необходимаго на него каменнаго материала, внутри столба дѣлаютъ часто пустоты (рис. 17 и 18).

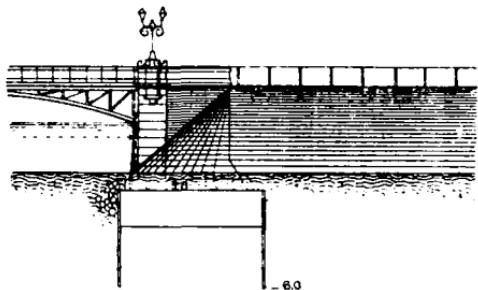


Рис. 17. Фасадъ сплошнаго устоя моста у Кюстриня.

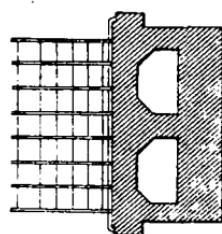


Рис. 18. Планъ сплошнаго устоя у того же моста.

Очевидно, что устои могутъ быть и другихъ типовъ, а часто они настолько сложны, что довольно трудно отнести ихъ къ тому или другому типу изъ приведенныхъ.

Когда устой получается все же, очень дорогимъ и массивнымъ, не смотря на то, какой типъ предположено примѣнить, разбиваются его на части, соединенные между собою арками, какъ быки. Разница между двойнымъ устоемъ и быкомъ та, что (рис. 19) быки перекрываютъ пространство, покрытое водой, а устои, соединенные вмѣстѣ, образуютъ какъ бы часть віадука, и ближайшій къ водѣ устой служитъ для предохраненія отъ подмыва грунта. Это подмываніе происходитъ оттого, что быки и устои всегда уменьшаютъ русло рѣки.

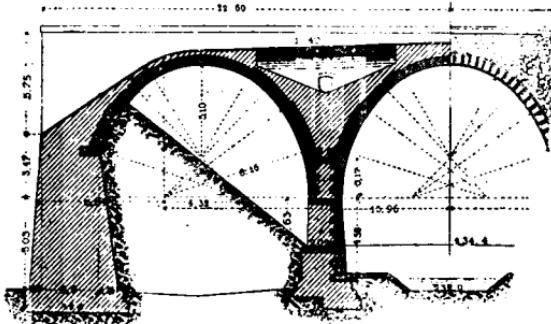


Рис. 19. Сложный устой моста на дорогѣ Берлинъ-Мецъ.

9. Устои съ обратными стѣнками. Толщина передней и обратныхъ стѣнокъ въ этихъ устояхъ въ большинствѣ случаевъ неодинакова во всю высоту, какъ изъ экономическихъ цѣлей, такъ и изъ чисто конструктивныхъ, т. е. устои разной толщины вверху и внизу устойчивѣе, такъ какъ центръ тяжести устоя можно въ этомъ случаѣ перемѣстить на такое мѣсто, что центръ давленія будетъ по возможности ближе къ центру тяжести площади основанія.

Изменение въ толщинѣ дѣлается или непрерывное въ видѣ трапециі, или, что гораздо удобнѣе для кладки, горизонтальными уступами (рис. 20 и 21).

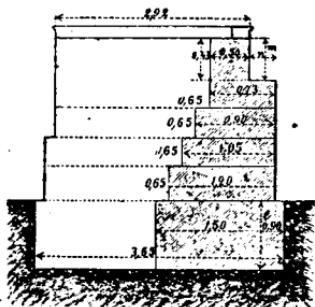


Рис. 20. Разрѣзъ устоя съ обратными стѣнками.

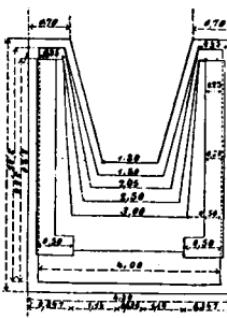


Рис. 21. Планъ устоя съ обратными стѣнками.

Если ширина устоя довольно большая или распоръ свода, перекрывающаго стѣнки, довольно значительный, то стараются боковыя стѣнки укрѣпить внутренними контрафорсами, или дѣлаютъ третью и четвертую обратную стѣнку, параллельно къ крайнимъ.

Длина передней стѣнки устоев, называемая иногда шириной устоев, находится въ зависимости отъ ширины мостового полотна. Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу она равняется ширинѣ мостового полотна плюсъ отъ 0,3 до 0,8 саж. съ каждой стороны. Эта добавочная ширина обыкновенно идетъ на устройство парапета и карниза въ устоѣ. Для желѣзнодорожныхъ мостовъ, устроенныхъ подъ одинъ путь и съ щездою по верху, наименьшая ширина 2 саж., а для двухъ путей 4 сажени.

Устои съ обратными стѣнками примѣняются при низкихъ и средней высоты насыпяхъ и имѣютъ тѣ преимущества, что лучшіе связываютъ насыпь съ устоемъ, т. е. насыпь мало вліяеть на ихъ устойчивость, всегда будеть плотно къ нимъ прилегать и неѣть опасеній, что при сопряженіи съ насыпью, т. е. въ мѣстѣ смыканія земли и кладки, образуется провалъ отъ осадки и сдвига стѣнки.

10. Устои съ откосными крыльями. Хотя устои этого типа весьма рациональны, но при высокихъ насыпяхъ стоимость ихъ такъ велика, что приходится отъ нихъ отказываться въ виду громадной толщины, какую приходится имъ давать на

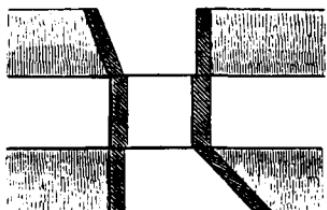


Рис. 22. Планъ устоя съ откосными крыльями.

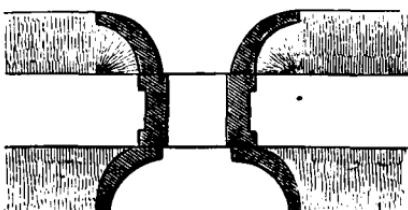


Рис. 23. Планъ устоя со сложными откосными крыльями.

значительномъ пространствѣ безъ особой пользы. Вотъ почему этотъ типъ устоевъ примѣняется только при небольшихъ пролетахъ мостовъ, на каналахъ и путепроводахъ для пропуска весеннихъ водъ, а также при сравнительно невысокихъ берегахъ.

Насколько разнообразны могутъ быть въ планѣ устои съ откосными крыльями, показываютъ примѣры ихъ на рис. 22 и 23.

Очень часто пролетная часть моста бываетъ косой, т. е. лицевая сторона устоевъ не перпендикулярна къ оси моста. Вслѣдствіе этого устои въ видѣ откосныхъ крыльевъ, а также съ обратными стѣнками, будуть несимметричны въ планѣ, какъ показано на рис. 24 и 25.

11. Устои въ видѣ прямоугольныхъ столбовъ.

Устои этого типа, какъ мы видѣли выше, очень сходны съ первыми

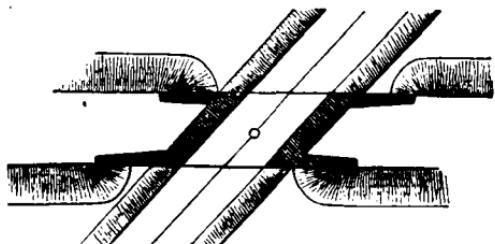


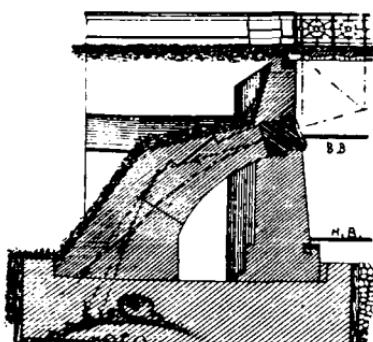
Рис. 24. Планъ устоя съ обратными стѣнками для косого моста.

изъ приведенныхъ. Типъ этотъ имѣеть то достоинство, что благодаря замкнутости очертаній и тонкости стѣнъ, можетъ оказаться наиболѣе выгоднымъ съ экономической точки зре-нія. Кромѣ того при этомъ типѣ можетъ оказаться, что работы по устройству оснований будутъ дешевле значительно противъ другихъ типовъ, такъ какъ периметръ устоя будетъ меньше, чѣмъ у другихъ. Кромѣ того, въ томъ случаѣ, когда длина устоя вдоль оси моста, благодаря пологости берега и высотѣ послѣдняго, будетъ очень значительной, весьма легко и



Рис. 25. Планъ устоя съ откосными крыльями для косого моста.

удобно устроить устои съ контрафорсной аркой, что будетъ не только выгодно относительно стоимости, но и очень выгодно для устойчивости опоры вообще. На рис. 26 показанъ примѣръ такого устоя у моста черезъ рѣчку Варте у Кюстриня.



Изъ этого рисунка видно, что авторъ старался придать своду устоя такую форму, чтобы линія давленія проходила по возможности по оси тол-щины арки. Пролетная часть не каменная, а желѣзная арочнай систѣмы, развивающая довольно большой распоръ. Передняя стѣнка и опоры для каменного свода имѣютъ одно общее основание изъ бетона. Хотя при такомъ ~~устройстве~~ линія давленія ~~можетъ~~ бы ~~вывести~~ за предѣлы центра тяжести ~~огражденія~~ главной опоры, но все же

такое устройство имѣть то преимущество, что при нѣкоторой комбинаціи въ размѣрахъ и формѣ устоя, можно достигнуть того, что все основаніе будетъ подвержено равномѣрному давленію. Для этого достаточно спроектировать контрафорсный сводъ такъ, чтобы онъ принялъ на себя не весь грузъ пролетной части, а только часть, и чтобы линія давленія въ этомъ сводѣ пошла такъ, что равнодѣйствующая вѣса передней стѣнки и переходящей на нее нагрузки отъ пролетной части дастъ съ равнодѣйствующей линіи давленія новую равнодѣйствующую, проходящую въ центрѣ тяжести основанія опоры.

12. Типы быковъ. Быки или промежуточные опоры почти всегда имѣютъ въ общемъ одну и ту же форму горизонтального сѣченія. Вся разница заключается лишь въ формѣ передняго (верхового) или задняго конца быка. Дѣло въ томъ, что плоская сторона, обращенная къ течению рѣки, представляла бы большое сопротивленіе этому течению, а во время ледохода задерживала бы ледъ. Понятно, что въ віадукахъ или мостахъ черезъ сухое пространство, или со стоячей водой, форма передней грани не имѣть никакого значенія и потому дѣлается одинаковой съ задней гранью.

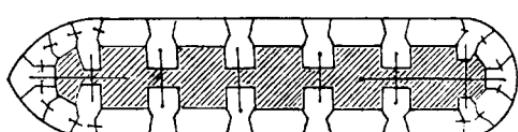


Рис. 27. Планъ быка съ острымъ угломъ изъ кривыхъ линій.

Опыты и теорія показываютъ, что наиболѣе малое сопротивленіе въ водѣ оказываютъ тѣла, вершина плана которыхъ представляетъ изъ себя острый треугольникъ съ кривыми гранями, какъ показано на рис. 27. Но такъ какъ обѣлка камней при такой формѣ грани сильно осложняется, то мы часто видимъ другія формы передней грани, а именно: въ видѣ треугольника острого или притупленного, въ видѣ полукруга, параболической кривой и т. д. (рис. 28).

Кромѣ того быки въ мостахъ, гдѣ бываетъ ледоходъ, снабжены особыми выступающими за предѣлы пролетной части при-

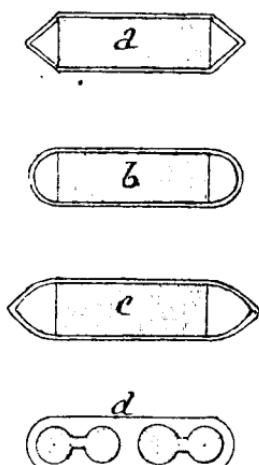


Рис. 28. Формы быковъ въ зависимости отъ плана ихъ.

стройками, носящими въ зависимости отъ ихъ назначенія, на-
званіе ледорѣзовъ. Верхняя грань ледорѣза обыкновено накло-
нена къ горизонту для того, чтобы быкъ не перерѣзывалъ
льда, а ломалъ его, когда послѣдній подымается на эту наклон-
ную часть. Съ тою же цѣлью верхняя грань ледорѣза дѣлается
заостренной (рис. 29).

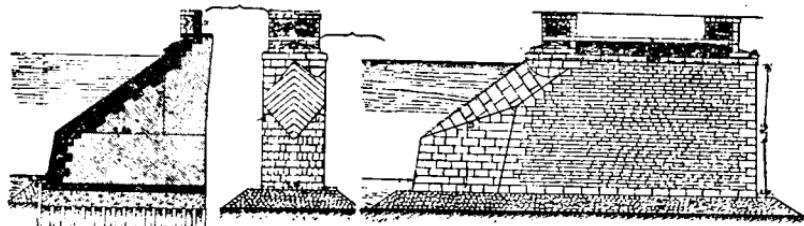


Рис. 29. Разрѣзъ и два фасада ледорѣза.

Очевидно высота съ котораго начинается ледорѣзъ не произвольна, а зависитъ отъ высоты льда въ рѣкѣ весною. Поэтому, чтобы ледъ
не попалъ на ледорѣзъ, послѣдній начинаютъ съ глубины не выше уровня
низкихъ водъ и кончаютъ на высотѣ не ниже уровня высокихъ водъ.

13. Размѣры устоевъ и быковъ. Высота устоевъ надъ
уровнемъ воды зависитъ или отъ высоты пролетной части, или
отъ высоты берега. Въ первомъ случаѣ предполагается, что берегъ
долженъ быть искусственно поднять и что высота пролетныхъ частей
зависитъ отъ размѣровъ судоходства. Во второмъ случаѣ предпо-
лагается, что берегъ выше требуемаго судоходствомъ простран-
ства или что судоходства неѣть вовсе, и все зависитъ отъ высоты
берега, который нежелательно опускать во избѣженіе большихъ
денежныхъ затратъ.

Во всякомъ случаѣ, высота устоевъ и быковъ должна быть ниже
видимой поверхности проѣзжей части на столько, чтобы сверхъ нихъ
помѣстилась мостовая или балластный слой. Для удержанія мостовой
или балластного слоя отъ расползанія въ стороны, устои обносятся
вверху карнизомъ, шириной не менѣе аршина при вышинѣ въ 12 верш.
Иногда вместо этого по краямъ прикрепляютъ деревянный брусь бол-
тами, задѣланными въ кладку.

Въ устояхъ съ откосными крыльями толщина вверху не
менѣе 3 футовъ, а книзу идетъ постепенное утолщеніе согласно
расчету.

Вообще же дѣлаютъ такъ, чтобы наименьшая толщина устоя была отъ 0,4 до 0,6 высоты устоя отъ данного сѣченія до верхней точки. А такъ какъ толщина наверху бываетъ не менѣе 3 футовъ, то, очевидно, на высоту одной сажени отъ верха толщина остается почти постоянной. Лучше, конечно, найти сначала толщину устоя у подошвы основанія, а затѣмъ соединить верхнюю ширину съ нижней плавной линіей.

Въ обратныхъ стѣнкахъ при сопряженіи съ передней толщиной должна быть одинакова съ толщиной этой послѣдней; къ концамъ же толщина можетъ уменьшаться до 1 аршина наверху, а книзу побольше.

Когда при пологомъ берегѣ или при большой ширинѣ моста устой получается очень длинный и широкій, его дѣлаютъ изъ двухъ или пѣсколькихъ столбовъ. Пространство между столбами перекрываютъ арками, которыя и будутъ служить основаніемъ для иать пролетныхъ частей или фермъ.

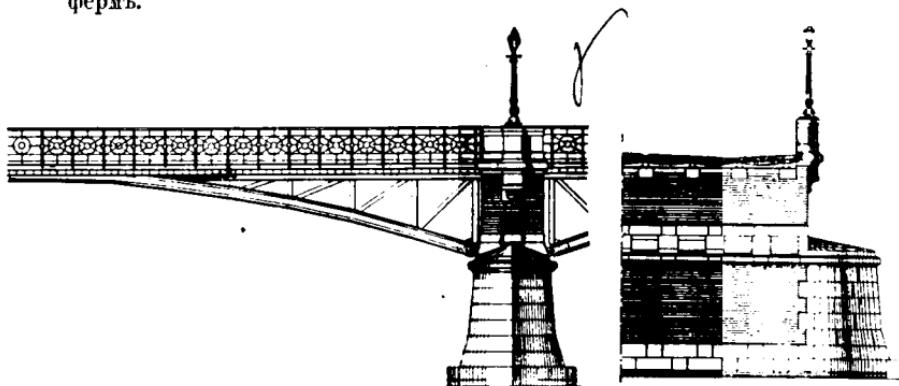


Рис. 30а. Передній фасадъ быка съ обѣдкой выступающей части моста у Кюстріна.

Рис. 30б. Боковой фасадъ передней части того же быка.

Толщина стѣнъ устоевъ третьаго типа почти такая же, какъ первого, т. е. сверху дѣлаются 3 фута, а книзу утолщаются.

Что касается высоты быковъ, то она дѣлается такъ же, какъ въ устояхъ, на 12 вершковъ ниже поверхности проѣзжей части, т. е. такъ, чтобы осталось мѣста для балластнаго слоя или мостовой. Точно такъ же дѣлаются карнизные камни.

Боковыя грани быковъ обыкновенно дѣлаются не вертикальными, а нѣсколько наклонными, что придаетъ быкамъ большую устойчивость, а давленіе при этомъ дѣлается болѣе равномѣрнымъ, благодаря тому, что грузъ книзу увеличивается. Наклонъ

къ вертикали бываетъ обыкновенно 1:20 высоты быка. Съ верховой и низовой стороны, если нѣтъ ледорѣзовъ, кромѣ уклона дѣлаютъ еще закругленія въ планѣ. Эти закругленія носятъ название головъ (рис. 30а и 30б).

Такъ какъ устроить сводъ или арку на быкахъ во всю длину быка или ширину пролетной части неудобно, благодаря закругленности или заостренности быка, то обыкновенно голова быка остается свободной и ничѣмъ не покрытой. Для предохраненія головы отъ дѣйствія атмосферныхъ осадковъ, надъ нимъ возводится кладка на два ската (рис. 31 и 30). Кладка эта носить название колпака. Колпакъ высотою не менѣе одной шестой толщины быка.

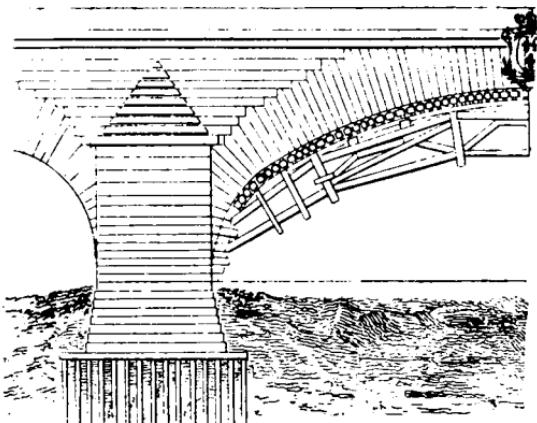


Рис. 31. Устройство колпака надъ головкой быка.

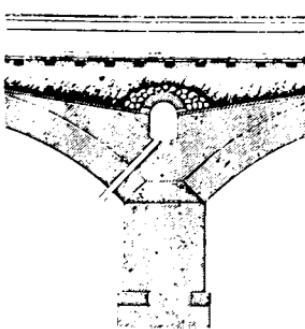


Рис. 32. Устройство отвода воды изъ пазухи сводовъ.

Высота, оставляемая въ запасъ для балластнаго слоя или мостовой, вызываетъ тѣмъ, что кромѣ мостовой необходимо еще оставить мѣсто для устройства канавокъ, куда будетъ стекать вода (рис. 6).

Но очевидно вода изъ канавокъ никуда не уйдетъ и останется въ ней, а особенно въ углубленіи, получаемомъ надъ быками, благодаря тому, что пяты сводовъ будуть всегда ниже средины свода. А потому, если мостовая проницаема для воды, послѣдняя будетъ просачиваться черезъ швы и портить кладку быковъ. Наоборотъ, если мостовая не проницаема, вся вода почти останется на поверхности проѣзжей части, мѣшающей проходу и фзѣдъ.

Во избѣженіе всѣхъ этихъ недостатковъ противъ быка устраиваютъ особыя колодцы, куда собирается вода и откуда она выводится непосредственно подъ сводъ и спускается въ рѣку или на поверхность земли въ віадукахъ. Чтобы труба выводная не засаривалась, надъ отверстіемъ ея кладется (рис. 32) особый колпакъ, который обсыпается кам-

немъ, какъ въ дренажѣ. Тогда вода, увлекшая изъ балластнаго слоя песокъ, оставляетъ его предъ малыми отверстіями между этими камнями.

14. Быки и устои специального назначенія.
До сихъ поръ мы видѣли, что быки и устои имѣютъ своимъ назначеніемъ поддерживать пролетныя части мостовъ. Однако, часто случается, что быки и устои имѣютъ особое специальное назначеніе, а потому устройство ихъ отличается отъ устройства другихъ своихъ сосѣдей и братьевъ.

Прежде всего укажемъ на быки и устои, служащіе не только для поддержанія пролетной части, но и для того, чтобы въ случаѣ надобности служить опорами для механизмовъ, разводящихъ эти пролетныя части для пропуска судовъ или подымающихъ эти части для той же цѣли. Само собой понятно, что устройство такихъ опоръ будетъ отличаться нѣсколько отъ описанныхъ.

Приводимъ здѣсь примѣръ устройства опоры у подъемнаго моста въ Кенигсбергѣ (рис. 33 и 34). Изъ рисунковъ видно какъ устройство самой опоры, такъ и устройство основанія подъ нимъ. Благодаря необходимости иметь пространство, куда будетъ помѣщаться часть пролетной половины, устой получается значительно большихъ размѣровъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда разводной части нѣть.

Другой примѣръ устройства опоръ съ поворотной разводной частью показанъ на рис. 35. Опоры эти принадлежать Александровскому или Литейному мосту черезъ Неву въ С.-Петербургѣ. Какъ видно изъ рисунка, не только устой нужно было сдѣлать значительныхъ размѣровъ, но и крайній быкъ нужно было утолстить вдвое противъ остальныхъ.

Это потому, что распоръ передается во время разводки на быкъ лишь съ одной стороны, да и во время наводки не имѣется распора съ береговой стороны, отчего быкъ получаетъ линію давленія ближе къ одной береговой сторонѣ, тогда какъ въ остальныхъ быкахъ линія давленія проходитъ почти по оси.

Часто для подъема разводныхъ частей устраиваются, какъ увидимъ ниже, цѣлые башни, которые не только служатъ своей прямой цѣли, но и украшаютъ мостъ, придавая ему грандіозный видъ.

Опоры висячихъ мостовъ, благодаря тому, что приходится уничтожать распоръ въсомъ опоры, при большихъ пролетахъ получаютъ громадную величину или состоять изъ нѣсколькихъ,

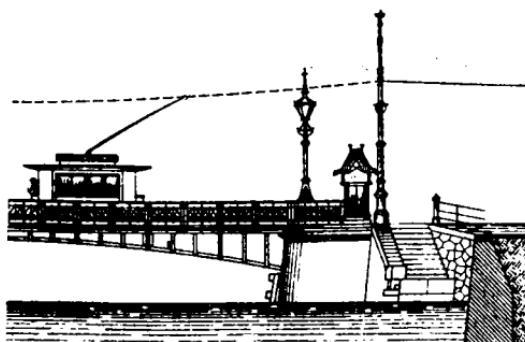


Рис. 33. Фасадъ устоя моста въ Кенигсбергѣ.

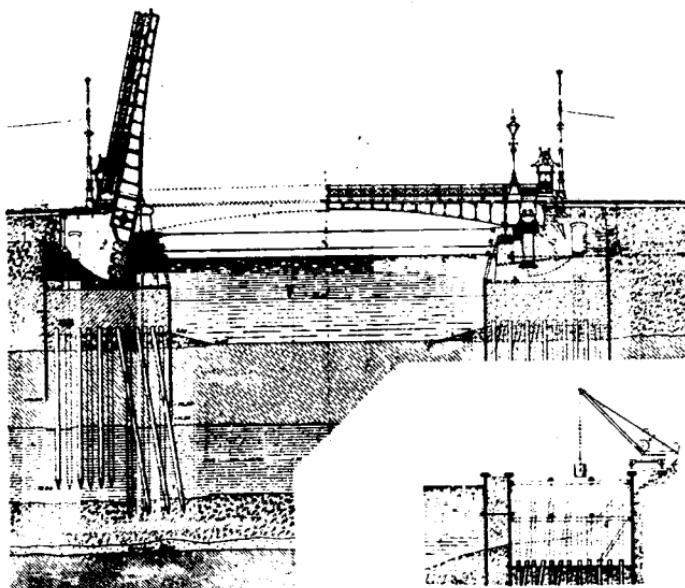


Рис. 34. Разрѣзъ устоя того же моста съ показаніемъ устройства основанія.

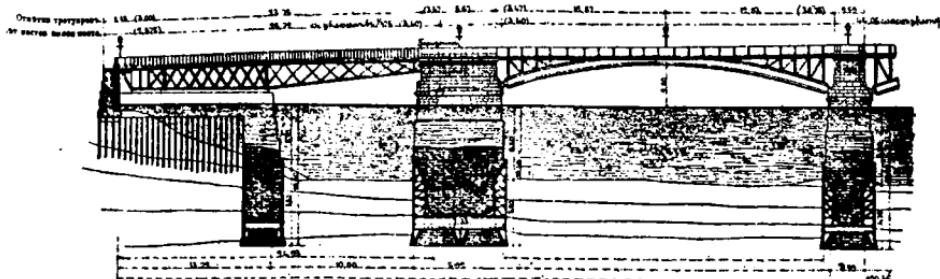


Рис. 35. Разрѣзъ устоя Литейнаго (Александровскаго) моста у разводной части.

отдѣльныхъ устоевъ, соединенныхъ между собою арками или сводами. Примѣръ устройства устоя висячаго моста показанъ на

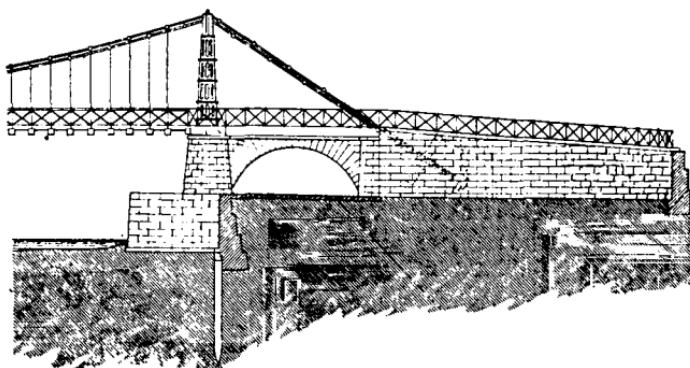


Рис. 36. Устой висячаго моста въ Зеренгѣ.

рис. 36. Мостъ лежить черезъ рѣку Маасъ въ Зеренгѣ и имѣть пролетъ 104 метра или почти 49 саженей. Построенъ мостъ инженеромъ Бріальмонъ въ 1842 году.

III. Производство работъ по устройству опоръ.

15. Устройство основаній подъ устоями. Устройство основаній подъ быками отличается отъ устройства основаній подъ устоями. Дѣло въ томъ, что устои, какъ мы видѣли, всегда будутъ значительныхъ размѣровъ, а потому примѣнять къ нимъ, напримѣръ, понтонные ящики или кессоны не совсѣмъ practically по своей дороговизнѣ. Вотъ почему при устройствѣ основаній подъ устоями самымъ излюбленнымъ способомъ является устройство перемычекъ и выкачиваніе воды для производства работъ, какъ на сушѣ.

Въ курсѣ фундаментовъ подробно излагается устройство какъ перемычекъ, такъ и вообще непроницаемыхъ огражденій при выкачиваніи воды. Поэтому здѣсь мы ограничимся только иѣкоторыми наиболѣе характерными способами устройства этихъ основаній.

На рис. 33 и 34 показанъ примѣръ устройства основанія на сваяхъ, длина которыхъ доходитъ до 8 саженей, при чмъ каждая свая несетъ на себѣ грузъ въ 1100 пудовъ. Для боль-

шей устойчивости три ряда свай забиты наклонно. При укладкѣ бетона все пространство, принадлежащее устою, было обнесено перемычками изъ двухъ рядовъ шпунтовыхъ свай, пространство между которыми заполнено было глиной. Сверхъ свай идеть бетонный ростверкъ толщиною 3 метра. Бетонъ укладывался какъ на сушѣ, благодаря тому, что воду, прошедшую черезъ шпунтовые стѣны, выкачивали паровымъ насосомъ. Впослѣдствіи нашли нужнымъ часть одной шпунтовой стѣны оставить для предохраненія бетона отъ размыва. Работу по укрѣплению шпунтовой стѣны къ бетону пришлось уже сдѣлать водолазамъ и, благодаря большой глубинѣ, съ большими трудностями.

Другой способъ устройства основаній заключается въ томъ, что не выкачиваютъ воды и не дѣлаютъ непроницаемыхъ перемычекъ а только забиваютъ шпунтовый рядъ, вынимаютъ грунтъ подъ водой, забиваютъ, если надо, сваи, спиливаютъ ихъ также подъ водой, и уже на нихъ опускаютъ бетонъ посредствомъ воронки (рис. 37) или опускного ящика (рис. 38).

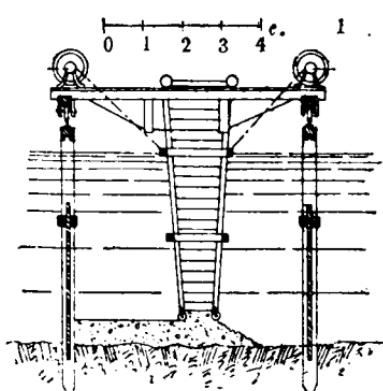


Рис. 37. Воронка для опускания бетона.

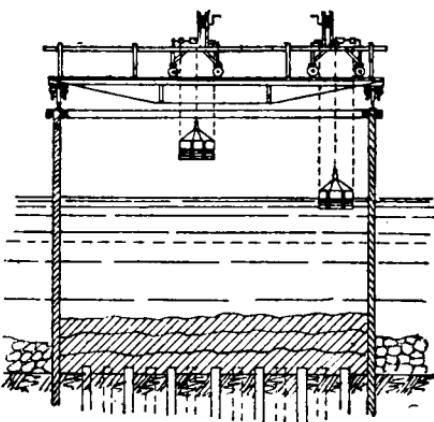


Рис. 38. Опускные ящики для той же цѣли.

Иногда примѣняютъ кессоны, особенно если устой находится при высокомъ берегѣ и небольшихъ размѣровъ, или вообще способы, примѣняемые при устройствѣ основаній подъ быками, къ описанію которыхъ мы переходимъ.

16. Устройство основаній подъ быками. Такъ какъ основанія подъ быками часто приходится дѣлать не только

на значительной глубинѣ, но и въ водѣ съ быстрымъ теченіемъ, то работа эта является наиболѣе трудной и интересной во всемъ строительномъ дѣлѣ. Вотъ почему мы позволимъ себѣ нѣсколько дольше остановиться на ней, при чёмъ одновременно разсмотримъ общія правила по устройству основаній въ водѣ.

Какъ мы видѣли, глубина воды въ рѣкѣ, гдѣ приходится строить быки, бываетъ иногда весьма значительна и доходитъ до 12 саж., при чёмъ самый грунтъ можетъ въ свою очередь оказаться негоднымъ на глубину 12 саж. Очевидно при прямоугольномъ сѣченіи быка и при вертикальныхъ стѣнкахъ его давленіе на грунтъ при этомъ можетъ оказаться громаднымъ. Дѣйствительно, если положимъ, что вѣсъ куб. саж. кладки быка въ среднемъ 1300 пудовъ, то при глубинѣ 24 сажени получимъ давленіе на кв. саж. 31200 пуд. или на одинъ кв. дюймъ 4,4 пуда. Это безъ груза пролетной части, который при пролетѣ въ 20 только саж. даетъ еще грузъ въ 20000 пуд., или давленіе на основаніе будетъ 7,2 пуда на кв. дюймъ. Поэтому надо или уширить основаніе до 7 разъ, что очень не выгодно, или же приходится допускать на грунтъ на большой глубинѣ большую нагрузку, чѣмъ обыкновенно. Опытъ показываетъ, что это вполнѣ возможно. Такъ, въ Петербургѣ подъ быками Александровскаго или Литейнаго моста допущено давленіе въ 15 кілгр. на 1 кв. см. или 5,9 пуда на 1 кв. дюймъ. Между тѣмъ на тотъ же грунтъ въ церкви Преображенія за Московской заставой допущено только 0,8 пуда на кв. дюймъ. Въ Александровскомъ мосту глубина основанія отъ средняго уровня воды (ординара) 10 саженей при глубинѣ воды въ руслѣ въ 6 саж., тогда какъ въ указанной церкви глубина основанія лишь 4 аршина. Грунтъ въ томъ и другомъ случаѣ глина.

Подъ быками Троицкаго моста въ Петербургѣ допущено при глубинѣ ниже ординара на 11 саж. всего лишь 11,8 кілгр. на кв. см. Въ устоѣ Охтенскаго моста при глубинѣ 11 саж. отъ ординара допущена нагрузка въ 10,8 кілгр. на 1 кв. см.

Все это показываетъ, насколько въ дѣйствительности можетъ быть различно сопротивленіе грунтовъ по отношенію къ сжимаемости при различной глубинѣ и насколько эти свойства могутъ удешевить постройку мостовъ, если они существуютъ.

Переходя къ описанію разныхъ способовъ устройства оснований подъ быками, замѣтимъ, что наиболѣе удобнымъ и вѣрнымъ способомъ въ настоящее время является устройство оснований при помощи кессоновъ, подробно описанныхъ въ курсѣ оснований и фундаментовъ. Здѣсь остается сказать, что размѣры кессоновъ бываютъ иногда громадны. Такъ желѣзный кессонъ Тулонскихъ доковъ имѣлъ въ сѣченіи площадь 1276 кв. саж.

Наибольшая глубина, на который опускался вообще кессонъ, это 18,5 саж. отъ ординара.

Деревянные кессоны также бываютъ значительныхъ размѣровъ. Такъ, напримѣръ, кессонъ при постройкѣ моста черезъ рѣку Миссисипи на глубину 16,5 саж., имѣлъ въ горизонтальномъ сѣченіи площадь въ 100 кв. саж.

Еще больше было деревянный кессонъ при постройкѣ Бруклинскаго висячаго моста, пролетомъ въ 228,5 саж. Общая высота устоя или быка здѣсь 50 саженей. Длина кессона была 24 саж., ширина 14,5 саж. или площадь основанія 350 кв. саж.

Нижняя часть кессона остается съ кладкой и не можетъ быть вынута (рис. 35).

Наконецъ, кессоны бываютъ изъ камня, но конечно значительно меньшихъ размѣровъ.

Очень часто примѣнялись до послѣдняго времени при устройствѣ оснований подъ быками понтонные ящики. Работы при помощи этихъ ящиковъ производились уже римлянами, отъ которыхъ потомъ перенесли въ другія страны Европы. Такъ, быки Николаевскаго моста въ Петербургѣ имѣютъ основаніе свое на сваяхъ; кладка же быковъ производилась въ понтонныхъ ящикахъ, намъ уже извѣстныхъ.

Понятно, что если глубина воды небольшая, то кессоны и понтонные ящики окажутся сравнительно очень дорогими, и будетъ проще, скорѣе и дешевле примѣнить перемычки съ выкачиваніемъ воды. При этомъ перемычки могутъ быть съ набивкой изъ глины или прямо изъ бетона. Верхняя часть такой перемычки вносятъ снимается, а нижняя остается, предохраняя кладку основанія и самаго быка (рис. 39) отъ размыванія.

Во всякомъ случаѣ, когда теченіе воды быстрое, для предохраненія грунта отъ размыва, а слѣдовательно основанія отъ осадки, обсыпаютъ основаніе камнемъ (рис. 40).

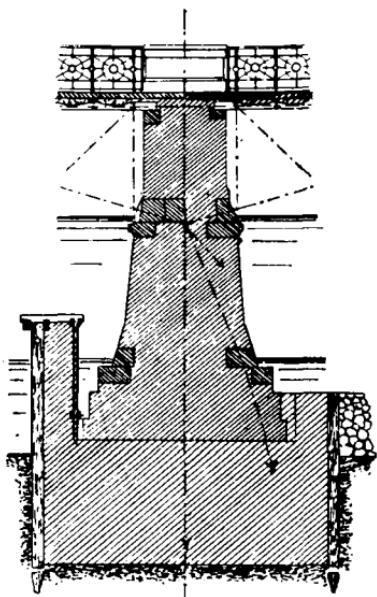


Рис. 39. Бетонное основание быка

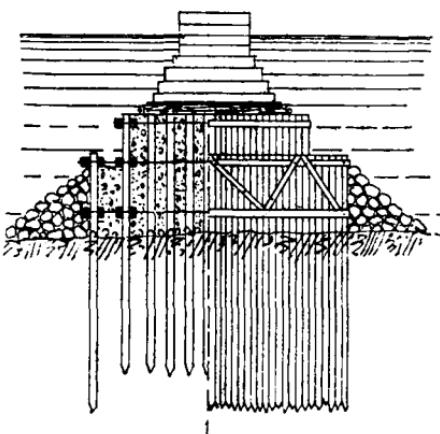


Рис. 40. Основанія быковъ Николаевскаго моста.

17. Укладка бетона въ основаніи устоевъ и быковъ. Бетонъ представляетъ изъ себя материалъ чрезвычайно удобный для кладки оснований устоевъ и быковъ. Эти удобства зависятъ отъ того, что бетонъ въ сыромъ видѣ материалъ расыпчатый, мелкій, а послѣ утрамбовки или укатыванія обращается въ твердую монолитную массу, безъ различія будетъ ли онъ въ это время подъ водой, или на сушѣ. Кромѣ того бетонъ принимаетъ ту форму поверхности, которую ему желають придать, безъ всякихъ на это затратъ.

Вотъ почему мы видимъ почти всѣ основанія подъ устоями и быками изъ бетона, исключая, конечно, некоторые древніе мосты, а также новые, гдѣ каменная кладка оказалась дешевле и достаточно удобной для кладки, напр., въ понтонахъ ящикахъ. Подобнымъ образомъ устроены быки Николаевскаго моста, гдѣ каменная кладка начинается прямо со свай.

Составъ бетона бываетъ довольно разнообразный, такъ какъ онъ зависитъ отъ крупности зеренъ и чистоты песка, отъ качествъ щебенки и размѣровъ отдѣльныхъ кусковъ ея, и наконецъ отъ того, будетъ ли бетонъ трамбоваться, укатываться или прямо

литься. Вотъ почему довольно трудно установить какія-либо нормы и приходится руководствоваться опытомъ и указаниями практики для каждой мѣстности и для каждого вида матеріаловъ. Приведемъ нѣсколько примѣровъ. Составъ бетона для моста черезъ рѣку Энсъ, какъ мы видѣли, былъ 1:3:6; у моста черезъ Дунай у Мундеркинга 1:2,5:5; для моста черезъ Иллерь 1:2:2.

Болѣе жирнаго раствора и бетона, какъ въ послѣднемъ, не берутъ, но за то часто бываетъ составъ гораздо тоще, чѣмъ въ первомъ. Лучше всего дѣлать каждый разъ испытаніе, чтобы быть вполнѣ точно освѣдомленнымъ относительно пригодности бетона того или другого состава, при данныхъ условіяхъ и при данной величинѣ напряженія.

Укладка бетона въ томъ случаѣ, когда пространство свободно отъ воды, намъ уже известно. Но часто приходится опускать бетонъ, какъ мы говорили, прямо въ воду. При этомъ можетъ быть два случая: кладка посредствомъ воронки, доходящей до основанія, и кладка посредствомъ опускныхъ ящиковъ. Первый способъ можетъ быть примѣненъ при глубинѣ не болѣе 5 саж., второй при какой угодно. Кромѣ того, первый способъ годенъ при горизонтальномъ основаніи или вообще когда дно ровное. Второй при какомъ угодно видѣ поверхности грунта подъ водой. Скалистый грунтъ обыкновенно рѣдко бываетъ съ горизонтальной поверхностью, почему при этомъ грунтѣ очень часто и примѣняютъ опускные ящики.

Тотъ и другой способъ укладки бетона, какъ известно, требуетъ нѣкоторыхъ предосторожностей, такъ какъ иначе бетонъ можетъ не дать монолитной, твердой до известной степени, массы.

При укладкѣ воронками прежде всего слѣдуетъ стремиться, чтобы передвиженіе воронки было медленное, равномѣрное безъ скачковъ. Далѣе, надо, чтобы воронка имѣла вертикальныя стѣнки или къ низу нѣсколько шире, чѣмъ вверху. Раньше дѣлали наоборотъ и всегда во вредъ прочности. Наконецъ надо, чтобы катки были точно разсчитаны въ соотвѣтствіи съченію воронки и быстротѣ движенія. Иначе катки или вовсе не будутъ укатывать бетона, или будутъ сдавливать бетонъ впередъ вмѣстѣ съ водой и тѣмъ способствовать размыванію цемента и уменьшенію равномѣрности свойствъ въ разныхъ частяхъ бетона. Чѣмъ размѣры съченія воронки больше, тѣмъ лучше; во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ дѣлать съченія менѣе 1 кв. саж. въ свѣту.

Что же касается того обстоятельства, что вскорѣ послѣ укатыванія на поверхности бетона образуется налетъ отъ осадки известковаго молока, то его можно частью избѣгнуть, производя укладку нѣсколькими воронками и непрерывно днемъ и ночью. Во всякомъ случаѣ ущербъ отъ того, что между двумя укладываемыми слоями не будетъ очень прочной связи, не особенно великъ, и устойчивость основанія или кладки вполнѣ будетъ достаточна, благодаря кладкѣ слоями и при томъ почти горизонтальными.

Нѣсколько иначе будетъ дѣло съ кладкой при помощи опускныхъ ящиковъ. Здѣсь при вытаскиваніи ящика обратно образуется довольно большое волненіе воды, размывающее растворъ, такъ что часто щебень оказывается съ поверхности совершенно голымъ. Весьма трудно помочь здѣсь чѣмъ-либо, и потому слѣдуетъ признать укладку посредствомъ воронокъ гораздо прочнѣе. Самое лучшее будетъ опускать бетонъ непрерывно и изъ нѣсколькихъ ящиковъ одновременно.

Дѣло въ томъ, что тогда размытый растворъ какъ бы перехватывается новымъ бетономъ, а главное бетонъ будетъ находиться подъ давленіемъ верхнихъ слоевъ и уплотняется самъ собою, не требуя трамбовки или укатыванія. Эти же достоинства непрерывной укладки обнаруживаются при опусканіи бетона воронками.

18. Каменная кладка быковъ и устоевъ. Каменная кладка по самому своему существу является возможной лишь въ пространствѣ, лишенномъ воды. Поэтому кладка каменная независимо на какомъ растворѣ, смѣшанномъ или цементномъ, возможна подъ водой при кессонахъ или при понтонныхъ ящикахъ. Исключеніе составляютъ, конечно, накидныя массы камня безъ всякаго раствора, и находящіеся въ равновѣсіи только благодаря естественному откосу, получаемому при набрасываніи камней. Другой случай, когда камни кладутся прямо въ воду, это при устройствѣ ряжей, т. е. особыхъ ящиковъ изъ бревенъ, наполняемыхъ камнями и опускаемыхъ въ воду при известной загрузкѣ. Но такъ какъ дерево материалъ не особенно долговѣчный, то очевидно, для каменныхъ мостовъ и желѣзныхъ такая кладка не примѣнна.

Кладку каменную для мостовыхъ устоевъ ведутъ на гидравлическомъ или цементномъ растворѣ, такъ какъ известковый растворъ въ водѣ почти не твердѣеть и потому известъ изъ раствора быстро растворяется.

Кладка бываетъ или бутовая или изъ камней тесанныхъ. Во всякомъ случаѣ, бутовая кладка должна быть снаружи облицована тесаннымъ камнемъ, такъ какъ швы бутовой кладки снаружи получатся неровные и очень толстые.

Понятно само собой, что никакихъ особыхъ причинъ, кромѣ красоты и частью долговѣчности, нѣтъ, чтобы непремѣнно дѣлать облицовку. Существуетъ много мостовъ, сложенныхъ безъ облицовки, при чемъ мосты эти просуществовали много вѣковъ, безъ видимыхъ признаковъ разрушения кладки. Но тамъ, где мостъ перекрываетъ рѣку съ быстрымъ теченіемъ или съ сильнымъ ледоходомъ, требуется тщательная облицовка наружныхъ поверхностей какъ быковъ, такъ и устоевъ.

Растворъ для подводной части кладки берется цементный, состава: одна часть цемента на 3 или 4 части песку, а наружные швы расширяются растворомъ 1 часть цемента на 2 части песку или даже 1 на 1, а рѣдко чистымъ цементомъ. Сверхъ высокихъ водъ кладка можетъ быть на смѣшанномъ растворѣ или даже на извести. У насъ въ Россіи наиболѣе тонкій смѣшанный растворъ бываетъ изъ 1-й части цемента портландскаго, 2 частей извести и 6 частей песку. Въ Испаніи на Сѣверной желѣзной дорогѣ смѣшанный растворъ имѣть составъ: 1 часть цемента, 5 частей извести и 24 части песку.

Разъ кладку выше воды можно вести на извести, то очевидно, что самая кладка можетъ быть изъ кирпича. Но такъ какъ кирпичъ, промокая и замерзая, быстро разрушается, то всѣ опоры изъ кирпича должны быть обѣланы камнемъ или особымъ хорошо обожженнымъ облицовочнымъ кирпичемъ.

При каменной кладкѣ устоевъ мостовъ соблюдаются всѣ правила перевязи и скрѣпленія тесанныхъ камней, подробно изложенныхъ въ курсѣ основаній и фундаментовъ.

19. Облицовка устоевъ и быковъ съ наружной поверхности. Какъ мы сказали выше, въ томъ случаѣ, когда устои и быки кладутся изъ бутового камня, они облицовываются для красоты и прочности естественнымъ тесаннымъ камнемъ. Очевидно, камень для этого долженъ быть твердыхъ породъ, трудно подвергающихся выѣтранію, даже будучи насыщеннымъ водой и подверженными замораживанію. Наиболѣе часто примѣняются слѣдующія породы камней: граниты, песчаники, известняки, а также сиениты, порфиры и т. д.

Большинство гранитныхъ породъ прекрасно выполняютъ свое назначение, чего нельзя сказать про песчаники и известняки. Между последними попадаются часто такие сорта, что они отъ одного прикосновенія съ водой распадаются на мелкие куски. Особенно это относится къ породамъ, содержащимъ большое количество каменной соли или альбастра. Поэтому, если свойства камней данной породы въ точности неизвѣстны, будетъ самое правильное отправить камень для испытанія въ лабораторію. Испытаніе должно касаться не только прочности камня, но и сопротивленія морозу въ насыщенномъ водою состояніи.

Только послѣ получения отъ лабораторіи извѣщенія о пригодности камня, можно приступить къ его заготовкѣ. Все это относится не только къ облицовочнымъ камнямъ, но и къ бутовымъ, а также къ щебню для бетона.

Добытые определенныхъ размѣровъ камни обтесываются со всѣхъ сторонъ начисто или только съ лица, а въ остальныхъ плоскостяхъ грубо. Растворъ берется съ искомъ, но не крупнымъ, а скорѣе мелкимъ, благодаря чему и количество его должно быть меньше. Обыкновенно составъ изъ 1 части цемента и 2 частей песку.

Такъ какъ облицовочные камни полезно дѣлать по возможности крупныхъ размѣровъ, то укладывать ихъ на растворѣ правильнѣ и съ ровными швами довольно трудно и потому часто поступаютъ такъ: устанавливаютъ камни совершенно правильно на сухо при помощи деревянныхъ клинушекъ, затѣмъ въ наружные швы прокладываютъ веревки или паклю, плотно вгоняя ихъ въ шовъ на извѣстную глубину. Съ внутренней же стороны замазываютъ швы цементомъ, такъ какъ не важно, если растворъ тамъ немножко и вытечетъ. Послѣ этого всѣ швы заливаются жидкимъ цементнымъ растворомъ съ примѣсью песка или изъ одного цемента.

По отвердѣніи раствора пакля или веревки вынимаются изъ швовъ, а клинушки остаются, что нисколько не портить кладки, такъ какъ размѣръ ихъ сравнительно съ общей площадью постели камня не великъ. Только для того, чтобы сдѣлать правильную расшивку, клинушки концами не должны доходить до наружной поверхности камня на одинъ дюймъ. Иногда, впрочемъ, ихъ совершенно вынимаютъ.

Дѣлать облицовку безъ раствора при помощи желѣзныхъ скобъ или анкеровъ нерационально въ тѣхъ частяхъ, которыхъ могутъ быть доступны водѣ. Поэтому, такую кладку ведутъ лишь

выше высокихъ водъ, если конечно явится на это необходимость вообще. Что же касается віадуковъ, то тамъ мы довольно часто встрѣчаемъ сухую кладку безъ раствора.

Надо обратить вниманіе, что въ мѣстахъ, гдѣ уровни воды часто меняются или часто проходитъ волненіе, растворъ очень быстро вымывается изъ швовъ, не смотря даже на то, что растворъ будетъ цементный и очень жирный. Понятно, что въ этомъ случаѣ дѣлать кладку на растворѣ нерационально, такъ какъ послѣ удаленія раствора камни дадутъ осадку. Поэтому будетъ рациональнѣе всѣ облицовочные камни соединять безъ раствора и безъ металлическихъ частей, а посредствомъ затески камней и каменныхъ же пироновъ. Работа по облицовкѣ при этомъ будетъ дороже и потому, что приходится облицовку дѣлать не въ одинъ наружный камень, а часть тесанные камни во всю толщину иногда быка, но во всякомъ случаѣ не менѣе аршина отъ наружной поверхности.

Въ то время какъ подводная часть устоя или быка облицовывается или кладется гладкими поверхностями, надводная часть получаетъ иногда для красоты весьма красивую архитектурную обработку. Приводимъ рисунокъ наружной обработки въ одномъ изъ мостовъ въ Ліонѣ (рис. 41).

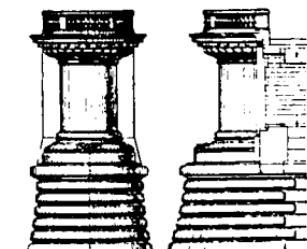


Рис. 41. Обработка быковъ моста въ Ліонѣ.

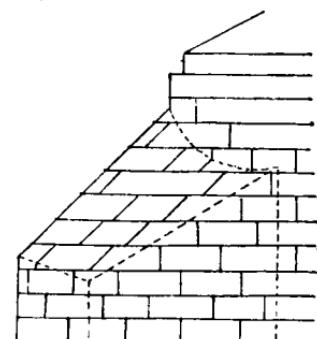


Рис. 42. Облицовка ледорѣза камнями съ горизонтальными постелями.

20. Облицовка ледорѣзовъ. Такъ какъ наружное ребро ледорѣза наклонно къ горизонту, то дѣлать въ облицовочныхъ камняхъ горизонтальные швы очень нерационально, такъ какъ приходится тесать изъ камня острый уголъ (рис. 42). Острыя кромки не только легко ломаются при укладкѣ, но и очень легко выѣтываются, особенно въ водѣ и при морозѣ. Поэтому будетъ гораздо практильнѣе дѣлать швы въ камняхъ облицовки ледорѣза

наклонными, перпендикулярными къ линіи ребра. Тогда, какъ видно изъ рис. 43 и 44, получится и небольшая часть горизонтального шва, на которомъ лежить камень не самаго верхняго, а слѣдующаго ряда. Чтобы камни не сползали, они удерживаются крайнимъ, а также тренiemъ.

Можно, конечно, теску камней вести такъ, что часть камней будетъ стоять на горизонтальной плоскости, т. е. вести теску колѣями.

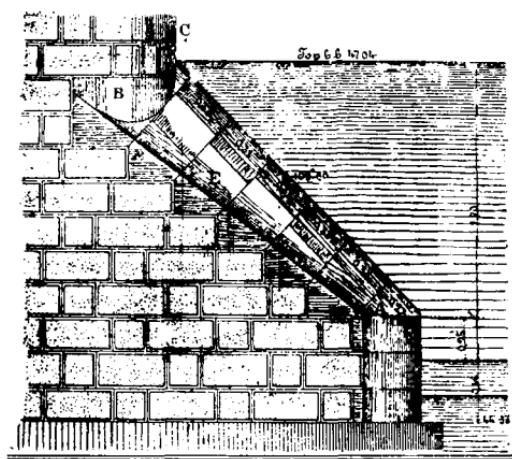


Рис. 43. То же камнями со швами, нормальными къ линіи ледорѣза.

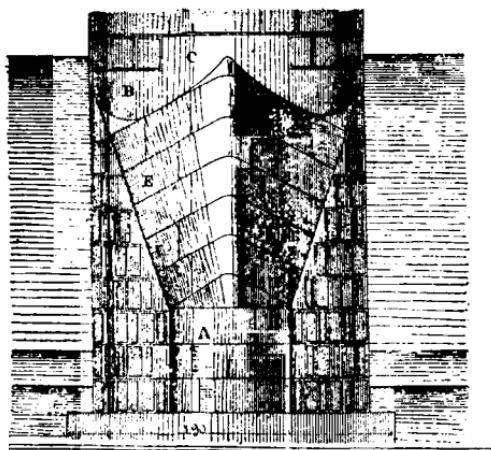


Рис. 44. Передній фасадъ предыдущаго ледорѣза.

Это очень хорошо съ теоретической точки зре-
нія, но въ практикѣ не совсѣмъ удобно и при томъ
дорого. Неудобство клад-
ки такихъ камней заклю-
чается въ томъ, что весь-
ма трудно пригнать камни
такъ, что они будутъ плот-
но прилегать другъ къ дру-
гу. Во всякомъ случаѣ пе-
редъ обработкой камней,
камнетесамъ необходимо
выдать шаблоны и эпюры
въ натуральную величину,
такъ какъ иначе немысли-
ма тщательная и аккурат-
ная работа.—Разница ме-
жду шаблономъ и эпюромъ
такъ, что шаблонъ даетъ
только фигуру профиля, а
эпюръ даетъ всю пло-
скость камня въ натураль-
ную величину.

Когда ледоходъ на рѣкѣ небольшой, ледорѣзы дѣлаются до-
вольно крутыми и ледъ разбивается непосредственно о стѣнки
быка. Тамъ, где нѣтъ вовсе ледохода, ледорѣзы совершенно от-
сутствуютъ, какъ мы уже говорили, и, наоборотъ, где ледоходъ
слишкомъ великъ и льдины очень крѣпки, стараются передъ

каменными ледорѣзами или прямо быками устраивать деревянные ледорѣзы (рис. 45).

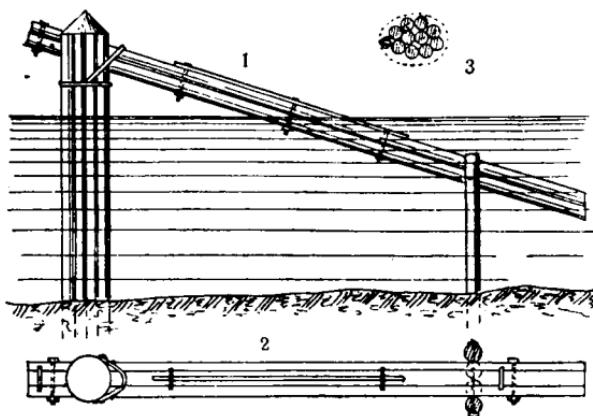


Рис. 45. Деревянный ледорезь.

Деревянные ледорѣзы состоять изъ куста свай, забитыхъ въ дно рѣки передъ быками на известномъ разстояніи, а къ этому кусту наклонены подъ небольшой уголь къ горизонту другія сваи числомъ до пяти. Нижніе концы наклонныхъ свай поддерживаются или болѣе низкимъ кустомъ вертикальныхъ свай, или прямо упираются въ грунтъ.

Значеніе деревянныхъ свай то, что ихъ легко и дешево замѣнить новыми, тѣмъ болѣе, что въ холодныхъ странахъ, гдѣ онѣ больше и применяются, лѣсъ обыкновенно бываетъ въ изобилии.

IV. Устройство каменныхъ пролетныхъ частей.

21. О пролетныхъ частяхъ вообще. Пролетныя части бываютъ изъ естественного камня, кирпича, бетона и жезло-бетона. Только изъ послѣдняго материала иногда дѣлаются балочные пролетныя части; во всѣхъ же остальныхъ случаяхъ пролетныя части всегда арочной системы.

Пасколько это выгодно для прочности и устойчивости самихъ арокъ, настолько это невыгодно для устойчивости устоевъ. Быки и въ этомъ случаѣ будутъ въесьма хорошихъ условіяхъ, таѣкъ какъ дѣйствие двухъ противоположныхъ арокъ не измѣнитъ вертикальной передачи груза на фундаментъ.

Отношение между пролетомъ арки и его подъемомъ бываетъ весьма различно. Мы можемъ встрѣтить арки, у которыхъ подъемъ составляетъ половину пролета, но можемъ встрѣтить и такія арки, у которыхъ подъемъ составляетъ только одну двѣнадцатую часть пролета.

Толщина также чрезвычайно различна. Такъ мы видѣли, что мостъ въ Плауенѣ имѣеть толщину въ замкѣ въ 1:60 пролета; мостъ въ Нейли 1:27 пролета и т. д.

Величина пролета и толщина свода зависить не только отъ качествъ материала, на него употребляемаго, но и отъ величины нагрузки, которая на него приходится. Со времени открытия точныхъ методовъ расчета прочности, толщину арокъ стали дѣлать сравнительно меньше, чѣмъ прежде, хотя и между древними постройками иногда совершенно случайно встрѣчается толщина минимальная, какую можно допустить при самомъ строгомъ расчетѣ.

Величина пролета въ настоящее время доведена до 45 саж. или 96 метровъ. Само собой разумѣется, что форма кривой свода при этомъ довольно близко подходитъ къ полукругу. Иначе распоръ получится громадный, что потребуетъ громадной толщины свода. Примѣромъ такихъ мостовъ могутъ служить приведенные выше мосты въ Люксембургѣ и Плауенѣ. Оба моста построены въ началѣ нынѣшняго столѣтія.

Толщина мостового свода почти никогда не бываетъ болѣе 1 саж. или 2,134 метра, считая копечно въ замкѣ, такъ какъ къ пятамъ толщина увеличивается до двухъ разъ.

22. Виды пролетныхъ частей. Пролетные части имѣютъ какъ разныя формы направляющихъ кривыхъ, такъ и разный видъ кладки, въ зависимости отъ материала кладки и формы опоръ. Когда продольная ось моста перпендикулярна къ передней сторонѣ устоя или быка, то мостъ носить название прямого, а если нѣтъ, то косого.

Благодаря послѣднему обстоятельству, кладка арки параллельными рядами невозможна, если нужно, чтобы иостели были перпендикулярны оси моста. Поэтому приходится устроить уступами въ планѣ (рис. 46 и 47) и вести кладку какъ бы отдельными арочками. Теска камней все же получается очень



Рис. 46. Фасадъ косого моста на Шпре.

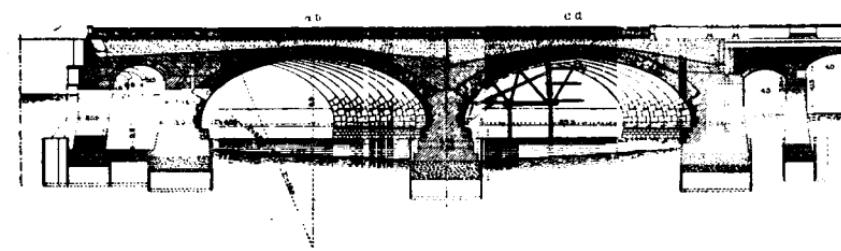


Рис. 47. Разрѣзъ того же моста.

сложной. Иногда же кладутъ среднюю часть прямымъ рядами а въ концахъ кривыми, какъ въ гражданскихъ сооруженіяхъ (рис. 48).

Для того, чтобы совсѣмъ не дѣлать быковъ и устоевъ, дѣлаютъ сводъ во всю ширину рѣки и продолжаютъ его вплоть до надежнаго грунта, такъ что часть свода скрыта подъ землей. Очевидно, что такой сводъ вызоветъ устройство сверхъ него еще несколькиихъ меньшихъ сводовъ и арокъ, чтобы можно было положить балласть для проѣзжей части, иначе количество балласта и нагрузки будетъ громадно.

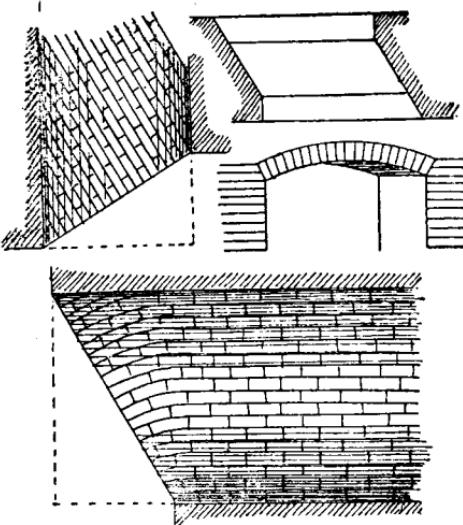


Рис. 48. Кладка косыхъ сводовъ.

Часто одинъ сводъ черезъ всю рѣку вызываетъ все же устройство опоръ, независимо отъ того, что сводъ опирается прямо на грунтъ. Прекрасный примѣръ такихъ опоръ виденъ изъ рис. 49, относящейся къ мосту Лавурт на желѣзной дорогѣ въ Кастрѣ. Пролетъ главной арки или свода

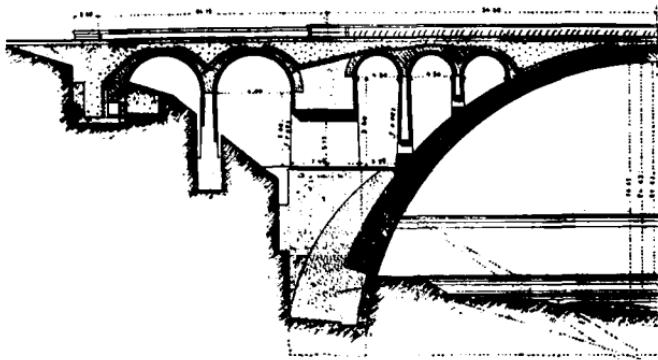


Рис. 49. Разрѣзъ моста .Лавуръ.

61,5 метра. Мостъ построенъ въ 1882—1884 году инженеромъ Сежуре. Какъ видно изъ рисунковъ 50 (а, в, с,) мостъ имѣетъ прекрасную архитектурную обработку и въ этомъ отношеніи гораздо интереснѣе моста въ Кастеле, того же строителя, или моста Адольфа въ Люксембургѣ, приведенного на рис. 7.

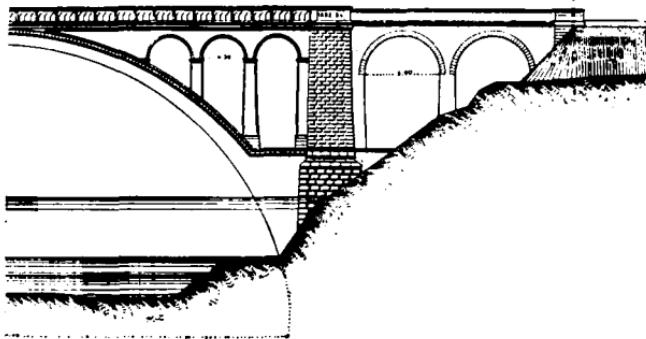


Рис. 50а. Фасадъ этого моста.

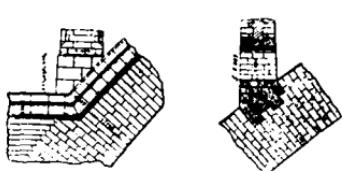


Рис. 50в. Детали кладки этого моста.

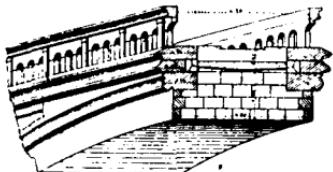


Рис. 50с. Поперечный разрѣзъ свода этого моста.

Такъ какъ отъ моста требуется прежде всего, чтобы онъ былъ по возможности дешевый при полной устойчивости и прочности, то мостъ долженъ быть спроектированъ не произвольно, а

въ полной зависимости отъ мѣстныхъ условій и свойствъ матеріаловъ. Вотъ почему нельзя подчинить мосты по своей формѣ или своимъ размѣрамъ какимъ-нибудь правиламъ. Наоборотъ, въ каждомъ данномъ случаѣ строителю приходится совершенно забывать существующіе примѣры и создавать совершенно новый какъ бы типъ моста, хотя, конечно, онъ можетъ быть отчасти похожъ на который-нибудь изъ существующихъ, но полученье онъ будетъ самостоятельно.

23. Устройство пролетныхъ частей изъ тесаннаго камня. Кладка изъ тесаннаго камня ведется по общимъ правиламъ такой кладки въ гражданскихъ сооруженіяхъ. Здѣсь намъ остается сказать только о тѣхъ особенностяхъ, какія приходится имѣть въ виду специально при кладкѣ пролетныхъ частей въ мостахъ.

Отдельные камни стараются дѣлать во всю толщину свода, тѣмъ болѣе, что въ среднемъ эта толщина не бываетъ болѣе одного аршина. Въ самыхъ большихъ мостахъ, какъ мы видѣли, толщина достигаетъ 2 аршинъ. Толщину камней дѣлаютъ около одного фута, а ширину въ глубь кладки до 3,5 фута. Эти размѣры очевидно берутся для удобства работы и не имѣютъ ничего общаго съ теоріей.

Если высота камней по какимъ-либо причинамъ не можетъ быть сдѣлана во всю толщину свода, то кладка ведется въ два или большие ряды, при чемъ соблюдаются съ фасада перевязь швовъ, какъ и внутри.

Лицевая поверхность свода всегда обдѣлывается чистой теской въ гладь, тогда какъ щековыя поверхности могутъ быть обдѣланы грубо или даже въ видѣ рустовъ, какъ мы видѣли выше (рис. 8).

Что же касается верхней поверхности свода, то для лучшаго сопряженія арочной кладки съ забуткой, ее дѣлаютъ уступами и при томъ горизонтальными. Выше на рис. 5 мы видѣли прекрасный образецъ такой обработки, а деталь видна на рис. 51.

Подобная обработка верхней поверхности свода встрѣчается часто и въ гражданскихъ сооруженіяхъ, особенно тамъ, где сверхъ арки или свода должна идти кладка горизонтальными рядами.

Мы можемъ сдѣлать и верхнюю поверхность арки въ видѣ кривой, какъ показано на рис. 52. Но тогда нужно или выте-

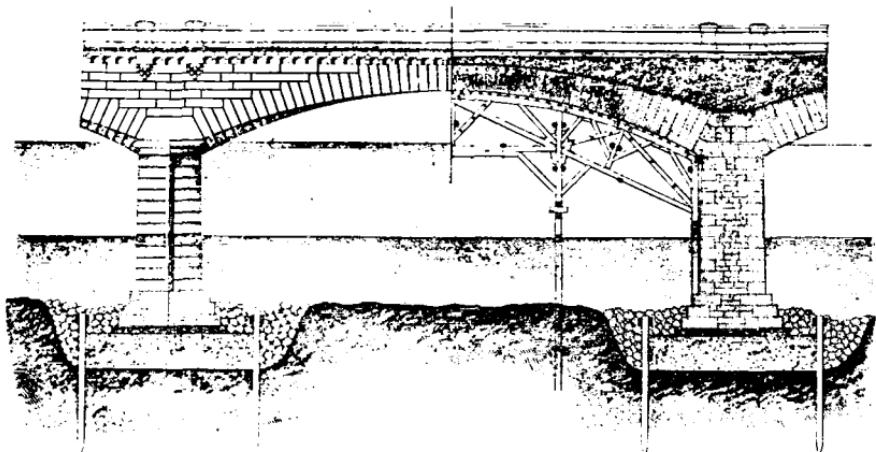


Рис. 51. Фасадъ и разрѣзъ моста у Люттиха.

сывать камни забутки снизу также по кривой, что весьма затруднительно, или же дѣлать забутку со вставками мелких камешковъ, что и не красиво, и не прочно. Дѣлать же колыччатые камни, какъ это встрѣчается въ гражданскихъ сооруженіяхъ, нерационально, о чёмъ мы уже говорили.

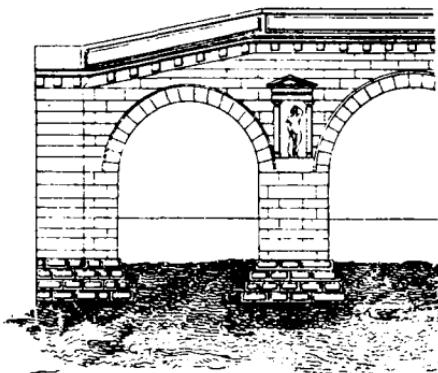


Рис. 52. Фасадъ моста со сводомъ, верхняя поверхность котораго кривая.

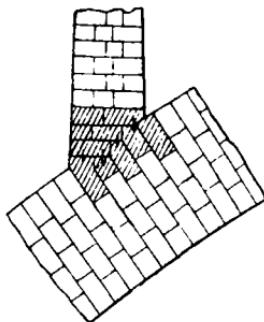


Рис. 53. Деталь сопряженія поперечной стѣны съ главнымъ сводомъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣется на лицо одинъ большой сводъ, на который опираются меньшіе, какъ мы видѣли въ рис. 49, камни свода должны также подъ устоями маленькихъ быть тесаны горизонтально сверху (рис. 53), хотя бы въ остальной своей части поверхность камней была по кривой.

Наружные швы кладки расширяются весьма тщательно, дабы вода не задерживалась въ узкихъ щеляхъ и, замерзая, не портила кладку и не способствовала разрушенію камней.

Часто камни кладутъ совершенно безъ раствора, а затѣмъ уже швы заливаются чистымъ цементомъ или съ примѣсью мелкаго песку. Очевидно, для того, чтобы растворъ не вытекалъ, не только съ щековой поверхности надо задѣлать швы, но и съ лицевой, т. е. съ поверхности кружаль. Лучше всего, какъ при устройствѣ опоръ, законопачивать швы снаружи паклей или прокладывать въ швахъ веревки. Послѣдній способъ хороши тѣмъ, что непосредственно даетъ швы равной толщины, что весьма важно какъ для красоты, такъ и правильности работы. Обыкновенно швы бываютъ толщиной не болѣе 0,5 до 0,8 дюйма или до двухъ сантиметровъ.

Растворъ для кладки можетъ быть не только цементный, но и известковый или смѣшанный, при чемъ составъ раствора такой же, какъ въ кладкѣ опоръ.

24. Устройство шарнировъ въ каменныхъ аркахъ и сводахъ. Какъ намъ уже известно, всякая сплошная каменная арка относительно расчета устойчивости и прочности является статически неопределенной, и мы принуждены для этого расчета придумывать различные гипотезы, о которыхъ подробно говорили въ курсѣ сводовъ въ строительной механикѣ. Поэтому невольно является желаніе придать каменнымъ мостовымъ аркамъ и сводамъ такое же устройство, какъ желѣзнымъ, т. е. устраивать ихъ съ шарнирами, дѣлающими расчетъ статически определеннымъ. Къ сожалѣнію, камень, материалъ не обладающій вовсе тѣми прекрасными свойствами, какія присущи желѣзу или стали, а потому, чтобы сдѣлать шарниры, приходится примѣнять материалъ вовсе не каменный, а металлическій, т. е. дѣлать шарниры совсѣмъ такие же, какъ при желѣзныхъ или чугунныхъ мостахъ. На рис. 54 показанъ примѣръ такого шарнира. Но вмѣстѣ съ шарниромъ мы теряемъ понятіе о массивныхъ аркахъ.

Шарниры дѣлаются какъ въ замкѣ, такъ и въ пятахъ. А чтобы избѣжать металлическихъ частей въ каменныхъ сводахъ вообще, начали стремиться замѣнять ихъ каменными изъ твердыхъ породъ и придавать имъ специальное устройство. На рис. 55 показанъ каменный шарниръ моста близъ Имнау. Шарниръ изъ гранита и напряженіе въ стыкѣ допущено 77 кил. на кв. сант.

Кромѣ того на плоскости касанія положены свинцовыея прокладки.

Цѣль шарнировъ не только облегчить разсчетъ прочности проектируемаго свода моста, но и та, чтобы предохранить отъ разрушенія кромки наружныхъ камней. Дѣло въ томъ, что уже давно было замѣчено, что при осадкѣ свода послѣ раскружаливания кромки камней, особенно близъ пятъ, ломались, что очевидно происходило отъ сильнаго напряженія въ этихъ мѣстахъ, благодаря перемѣщенію кривой давленія во время осадки. Еще Перроне въ своемъ знаменитомъ сочиненіи «Description des projets et de la construction des ponts» 1782 года советуетъ во избѣженіе этихъ недостатковъ сканивать кромки камней къ пятамъ, что мы видимъ на рис. 5 и 6.

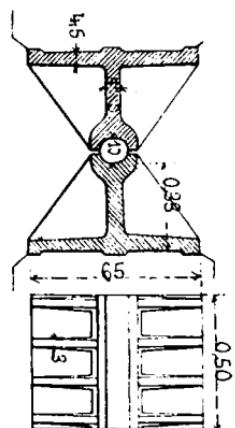


Рис. 54. Шарниръ чугунный моста у Инцигкофена.

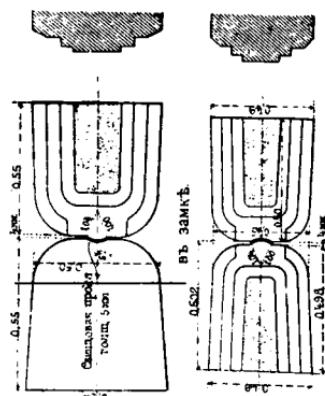


Рис. 55. Шарниръ каменный моста на пути въ Дрезденъ.

Понятно, что если оставить наружные швы открытыми, т. е. дѣлать пустомовку, то уже этимъ однімъ цѣль будетъ почти достигнута.

Расшивку швовъ можно сдѣлать уже послѣ полной осадки свода. Мягкая пакля или веревка вреда не принесутъ, если и не будутъ вынуты до раскружаливания.

Другой весьма дешевый способъ достичь того же, что достигается посредствомъ шарнировъ, заключается въ томъ, что въ замѣкѣ и въ пятахъ на среднюю треть толщины арки кладуть полосы свинцовыхъ, цинковыхъ или мѣдныхъ листовъ. Мы уже видѣли примѣръ такого устройства въ мосту черезъ рѣку Энсъ (рис. 9). Толщина прокладокъ обыкновенно 20 миллим.

Такъ какъ прокладки сдѣланы изъ мягкаго, легко сгибаемаго металла, то давлениe на камни, прикасающiеся къ этимъ ирокладкамъ, будеть сравнительно больше, а именно, втroe, почему ихъ надо дѣлать изъ болѣе твердыхъ породъ. Остающiеся на одну третью пустые швы въ мѣстахъ прокладокъ задѣлываются впослѣдствiи по полной осадкѣ арки или свода.

25. Устройство сводовъ изъ кирпича. Лучше всего—если кирпичъ для мостовыхъ арокъ или сводовъ будеть лекальнymъ, т. е. съ постелями не параллельными, а наклонными по радиусу кривизны арки. Но цѣна такого кирпича выше цѣны обыкновенного, а потому приходится часто возводить своды изъ послѣдняго. Какъ мы уже знаемъ, тесать кирпичъ въ постеляхъ не особенно рационально, потому что кирпичъ при этомъ теряетъ часть своей прочности. Въ виду этого кладутъ кирпичъ безъ-тески, увеличивая вмѣсто этого толщину швовъ кверху. Если арка будеть очень толстой, то швы кверху получаются безобразно толстыми, да кромѣ того самая кладка будеть очень не-прочной. Во избѣжанiе этого дѣлаютъ арку перекатной, т. е. складываютъ арку изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ тонкихъ, одну надъ другой. Чтобы придать такой кладкѣ цѣльность, какъ извѣстно, связываютъ отдѣльные ряды посредствомъ прокладныхъ плитъ, если не во всю толщину заразъ, то по нѣсколько рядовъ въ пемежку.

Въ то время, когда для кладки изъ тесаннаго камня значенiе раствора самое незначительное, для кладки изъ кирпича растворъ имѣть громадное влiянiе, какъ на прочность, такъ и на устойчивость свода. Дѣло въ томъ, что при небольшой толщинѣ кирпича количество швовъ и раствора получается весьма большое, сравнительно съ массой кирпича, и иногда почти въ $\frac{1}{4}$ всей кладки. Такъ что по общему составу кирпичная кладка ближе къ бетонной, чѣмъ изъ тесаннаго камня. Этимъ объясняется, что кирпичная кладка на цементномъ растворѣ даетъ монолитную массу, что очень выгодно отражается на устойчивости и прочности свода.

Такъ какъ кирпичъ простой весьма легко подвергается выѣтриванiю на открытомъ воздухѣ, подвергаясь дѣйствiю воды и мороза, то въ большинствѣ случаевъ арки или своды изъ кирпича облицовываются или естественнымъ камнемъ или особымъ облицовочнымъ кирпичемъ, нодобно тому, какъ это дѣлается въ гражданскихъ сооруженiяхъ. Въ послѣднемъ случаѣ облицовка

идеть одновременно съ кладкой, такъ какъ размѣры кирпичей всегда одинаковы. Впрочемъ, и облицовку камнемъ дѣлаютъ одновременно съ кирпичной кладкой. Разница только та, что ивы камня и кирпича не могутъ быть постоянно въ одной плоскости, а слѣдовательно, не будетъ прочной перевязи между кирпичной кладкой и облицовкой. Вотъ почему при очень большихъ облицовочныхъ камняхъ недостаточно для связи камней и кирпича одного раствора и приходится связывать ихъ посредствомъ металлическихъ скобъ или анкеровъ. Благодаря тому, что сводъ находится всегда почти надъ водой и землей, сырости въ кладкѣ не будетъ и металлическія части хорошо сохраняются весьма долгое время.

На рис. 56 показанъ примѣръ обработки кирпичного моста съ кирпичной же облицовкой. Мостъ находится близъ Берлина въ Кепеникѣ и построенъ въ 1890—1891 году. Ниже мы дадимъ подробное описание постройки этого моста.

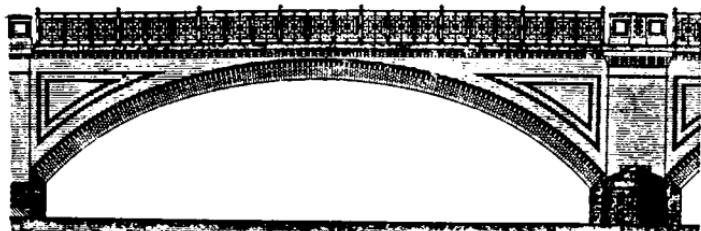


Рис. 56. Фасадъ моста близъ Берлина, съ кирпичной облицовкой.

26. Устройство пролетныхъ частей изъ нетесанного постелистаго камня. Арки изъ нетесанного, но достаточно постелистаго камня, примѣнялись и примѣняются до сихъ поръ очень часто, особенно если мостъ небольшого пролета и камень имѣется на мѣстѣ.

Здѣсь растворъ имѣть такое же большое значеніе, какъ при кладкѣ изъ кирпича, если не больши. Поэтому будеть очень рационально примѣнять растворъ цементный или смѣшанный.

Опытъ показалъ, что смѣшанный растворъ въ камняхъ съ гладкими поверхностями сцѣпляется лучше, чѣмъ чистый цементный растворъ съ пескомъ. Это происходитъ повидимому отъ того, что цементный растворъ быстрѣе твердѣеть; имѣть менышу эластичность, и разъ нарушенное при осадкѣ сцѣпленіе уже не возобновляется вновь, чего нельзѧ сказать про смѣшанный растворъ. Въ практикѣ не разъ наблю-

далось, что камень, оторванный послѣ двухъ недѣль со времени кладки, отъ верхней нагрузки вновь сдѣлился со смежными, и при томъ весьма крѣпко. Вотъ почему иногда смѣшанный растворъ приходится даже предпочтити цементному, тѣмъ болѣе, что работа гораздо легче съ первымъ, чѣмъ съ послѣднимъ.

Когда арка достаточно большой величины и сложить ее въ два, три дня невозможно, лучше не класть камни на растворѣ, а складывать ихъ на сухо, какъ въ кладкѣ съ тесанными камнями, и заливать швы жидкимъ растворомъ, когда арка уже вся сложена. Это не только будетъ въ пользу прочности арки, но и ускорить самое выполнение работы.

Насколько долговѣчны своды и арки изъ нетесанного камня, показываютъ многочисленные примѣры сохранившихся древнихъ построекъ, какъ мостовъ, такъ и гражданскихъ сооруженій.

Здѣсь будетъ умѣстно указать на одно весьма интересное обстоятельство, а именно на то, что арки изъ тесанного камня обладаютъ однѣмъ болѣшимъ недостаткомъ, особенно если камни были гладко обтесаны въ постеляхъ, давать перемѣщеніе камней или скользить вдоль швовъ внизъ. Благодаря этому, камни съ течениемъ времени образуютъ снизу не гладкую поверхность, а съ уступами, т. е. камни начинаютъ опускаться въ различной степени, а слѣдовательно монолитность арки совершенно исчезаетъ, если она вообще была. Послѣдствіемъ такого перемѣщенія камней является быстрое разрушеніе арки, такъ какъ въ протзжей части появляются трещины, куда попадаетъ вода, что еще болѣе ускоритъ нарушение устойчивости отдельныхъ камней.

27. Устройство сводовъ изъ бетона. Устройство арокъ или сводовъ изъ бетона значительно отличается отъ такого же устройства изъ камня и кирпича. Масса бетона, будучи вначалѣ мягкой, затѣмъ твердѣеть и обращается въ камень. Главное затрудненіе при устройствѣ изъ него пролетныхъ частей заключается въ томъ, что уложить слой его правильно, плотно и скоро не легко. Это происходитъ какъ отъ необходимости класть бетонъ не горизонтальными слоями, а перпендикулярными къ кри-вой опалубки, такъ и отъ того, что трамбовка на непрочной или подверженной сотрясеніямъ поверхности даетъ массу далеко не плотную, а слѣдовательно не прочную.

Во всякомъ случаѣ бетонныя мостовыя арки, какъ мы видѣли, могутъ быть устроены на громадныхъ пролетахъ и часто являются наиболѣе дешевыми. По своей конструкціи ихъ можно

раздѣлить на арки съ шарнирами или безъ нихъ. То или другое дѣлается въ зависимости отъ разныхъ побочныхъ обстоятельствъ. Дѣло въ томъ, чтобы можно было разсматривать мостъ какъ на шарнирахъ, необходимо, чтобы никакой связи не было между мостовой аркой и опорами, а следовательно, чтобы въ проѣзжей части имѣлся разрывъ въ линіи касанія съ опорой. Между тѣмъ дѣлать эту разрывъ не всегда практично и выгодно, и потому не всегда выгодно дѣлать шарниры.

Составъ бетона берутъ обыкновенно для арокъ или сводовъ такой: 1 часть цемента, 3 части песку и 4 части щебня, тогда какъ въ то же время составъ бетона для устоевъ или фундаментовъ бываетъ такой: 1 часть цемента, 3 части песку и 6 частей щебня.

Опыты послѣдняго времени показали, что при известной крупности песка, составъ раствора: 1 часть цемента и 4 части песка крѣпче раствора изъ одной части цемента и 3 частей песка. Вотъ почему въ настоящее время перѣдко бетонъ берутъ состава: 1 часть цемента, 4 части нормального песка и 4 части щебня. Лучше въ каждомъ данномъ случаѣ, какъ при устройствѣ опоръ, дѣлать испытание.

Такъ какъ всѣ мосты строятся на открытомъ воздухѣ, гдѣ и солнце, и вѣтеръ быстро высушиваютъ кладку, то необходимо всегда защищать кладку отъ вреднаго влиянія этихъ факторовъ. При этомъ защита должна аккуратно продолжаться не менѣе 4-хъ недѣль, т. е. до полнаго почти отвердѣнія бетона.

Очень часто придаютъ бетоннымъ мостамъ видъ каменныхъ. Въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ особымъ щитамъ, на которыхъ набиты рейки для образования бороздъ въ видѣ шивовъ, самая же набивка бетона производится слоями, нормальными къ кривой арки. Съ вѣнцей стороны такія арки ничѣмъ отъ каменныхъ не отличаются, хотя въ то же время представляютъ массу монолитную.

Въ послѣднее время вмѣсто чисто бетонныхъ мостовъ большое распространеніе получили мосты желѣзо-бетонные. Отличие ихъ отъ бетонныхъ заключается главнымъ образомъ въ томъ, что желѣзо, введенное въ массу бетона, сообщаетъ послѣднему большую эластичность, т. е. способность сопротивляться вытягивающимъ и сгибающимъ усилиямъ. Это весьма важно для устойчивости свода или арки, и потому слѣдуетъ всегда отдавать предпочтеніе желѣзо-бетоннымъ конструкціямъ передъ бетонными.

. Къ сожалѣнію, какъ показалъ опытъ, желѣзо въ бетонѣ сохраняется не особенно долговѣчно, и мы имѣемъ случаи, когда черезъ 15 лѣтъ желѣзо въ бетонѣ потеряло всякое значение, и приходилось смотрѣть на желѣзо-бетонное сооруженіе, какъ на обыкновенное бетонное, ослабленное пустотами отъ негоднаго желѣза.

Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ желѣзо-бетонъ оказывался весьма полезнымъ, какъ по дешевизнѣ, такъ и по быстротѣ работы. Были случаи, что желѣзный или чугунный мостъ подлежалъ къ разборкѣ, и ему придавали полную устойчивость и прочность только благодаря тому, что всѣ желѣзныя части обѣлывали бетономъ и какъ бы заключали желѣзо въ бетонную массу. Такъ какъ количество желѣза было довольно велико сравнительно съ тѣмъ, что нужно для желѣзо-бетона вообще, то оказалось, что такой обновленный мостъ превосходно исполнялъ свое назначеніе и прекрасно просуществовалъ до сего времени.

Поэтому если придать желѣзо-бетонному мосту размѣры простого бетоннаго, то можно быть увѣреннымъ, что такой мостъ будетъ всегда прочнѣе, такъ какъ бетонъ отъ времени твердѣеть, и следовательно значеніе желѣза будетъ только въ началѣ, т. е. въ новомъ, недавно выстроенномъ, мосту.

V. Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

28. Устройство кружалъ. Когда пролетъ арокъ не превосходитъ размѣровъ обыкновенныхъ коробчатыхъ сводовъ гражданскихъ сооруженій, кружала устраиваются такъ же, какъ тамъ. Но въ тѣхъ случаяхъ, когда пролетъ болѣе 10 саж. или 20 метровъ, является уже необходимымъ дѣлать кружала, собразуясь точно съ величиной нагрузки, формой направляющей кривой арки, числомъ кружальныхъ реберъ и точекъ опоры для кружалъ.

Всѣ вредныя вліянія осадки кружалъ во время кладки и измѣненіе ихъ формы часто влекутъ за собою самыя нежелательныя послѣдствія. Вотъ почему въ мостовыхъ сводахъ должно быть обращено самое серьезное вниманіе на устройство кружалъ, ихъ опоры и опалубку, тѣмъ болѣе, что стоимость ихъ устройства бываетъ иногда весьма значительная, особенно при высокихъ мостахъ.

Мы въ дальнѣйшемъ изложеніи раздѣлимъ всѣ виды кружальныхъ реберъ или системы кружалъ на слѣдующія четыре

группы: подкосную, арочную, въерную и смѣшанную. Ни бабочная система, ни лучистая, ни другія, примѣняемыя часто при постройкѣ зданій, не оказались пригодными и рациональными при постройкѣ большихъ мостовъ.

Подкосная система намъ болѣе или менѣе извѣстна. На рис. 57 показанъ примѣръ устройства такихъ кружалъ для моста черезъ рѣку Мозель при Шфальцелѣ. Пролѣтъ сводовъ довольно небольшой, а именно: 22 метра.

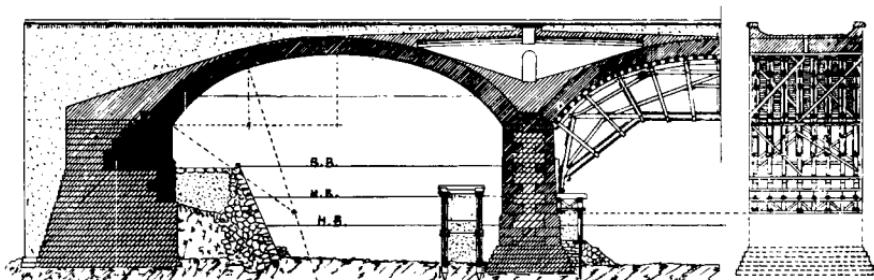


Рис. 57. Разрѣзъ моста при Шфальцелѣ, съ кружалами подкосной системы.

Какъ видно изъ рисунка, основной горизонтальный брусье поддерживается въ концахъ наклонными подиорками числомъ 3. Нижніе концы подкосовъ сходятся въ одной точкѣ, что весьма удобно для положенія клиньевъ или домкратовъ, служащихъ для опусканія или подъеманія кружалъ по желанію, но неудобно въ смыслѣ сильнаго напряженія материала у нижнаго конца.

Въ основной горизонтальный брусье опираются подкосы, принимающіе на себя непосредственно грузъ отъ опалубки, на которой лежать камни свода. Но чтобы иѣсколько разгрузить среднюю часть основного бруса отъ опалубки, кромѣ того проведены подъ большимъ уклономъ еще вспомогательные подкосы или распорки.

Такая конструкція кружальныхъ реберъ оказалась довольно практической и, благодаря тому, что арка довольно пологая, деформація кружалъ оказалась незначительной.

Опалубка кружалъ сдѣлана была изъ брусковъ, при чёмъ число кружальныхъ реберъ было 8, а разстояніе между ними 1 метръ. Вся ширина моста около 8 метровъ.

Арочная система кружалъ уже значительно сложнѣе подкосной. Мы приводимъ на рис. 58 образецъ устройства такихъ кружалъ у моста Адольфа въ Люксембургѣ, имѣющимъ пролѣтъ, какъ сказано выше, въ 84,65 метра, т. е. громадный для камен-

ныхъ арокъ вообще. Кружала не обошлись здѣсь безъ примѣненія желѣза или стали, такъ какъ всѣ струны сдѣланы изъ стальныхъ канатовъ, а всѣ накладки при стыкахъ изъ толстыхъ желѣзныхъ листовъ, схваченныхыхъ болтами (рис. 59).

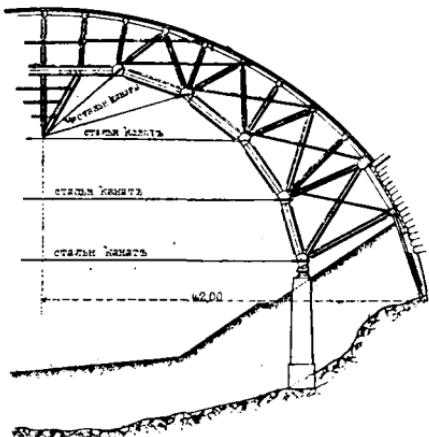


Рис. 58. Кружала моста Адольфа арочной системы.

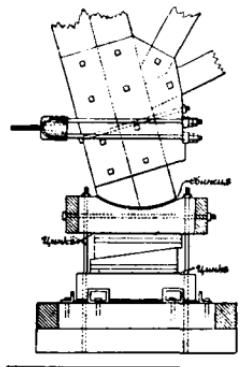


Рис. 59. Деталь башмака этихъ кружалъ.

Такъ какъ дерево для устройства арочныхъ фермъ не особенно подходитъ, то часто арочные кружала дѣлаютъ изъ желѣза. Недостатки желѣзныхъ кружалъ, не смотря на ихъ дороговизну, довольно значительны. Дѣло въ томъ, что желѣзо съ повышениемъ температуры значительно расширяется, а следовательно измѣняется форма кружалъ въ зависимости отъ температуры, а всякое измѣненіе вида кружалъ будетъ во вредъ прочности арки.

Приведенные двѣ системы кружалъ имѣютъ то достоинство, что не загораживаютъ совершенно рѣки, а следовательно не мѣшаютъ судоходству. Совершенно иначе стоитъ дѣло съ кружалами вѣерной системы. Эти кружала требуютъ, какъ видно изъ рис. 60, промежуточныхъ опорныхъ частей. Но зато система

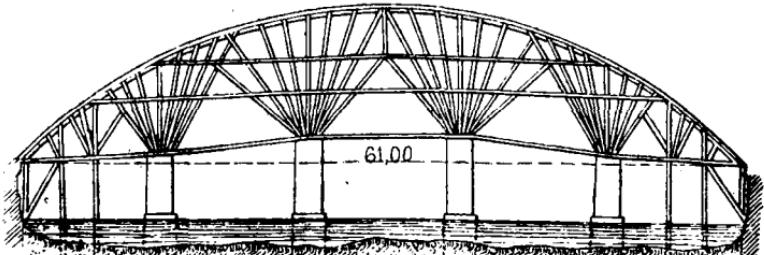


Рис. 60. Кружала вѣерной системы моста черезъ рѣку Дее.

эта обладает сравнительно большими достоинствами, такъ какъ давлениe передается на опоры прямо вдоль подпорокъ, которыя будутъ подвержены одному сжатию, тогда какъ въ предыдущихъ онъ подвержены или изгибу или вытягиванию. Относительно же измѣняемости во время кладки камней свода надо сказать, что онъ не хуже предыдущихъ системъ.

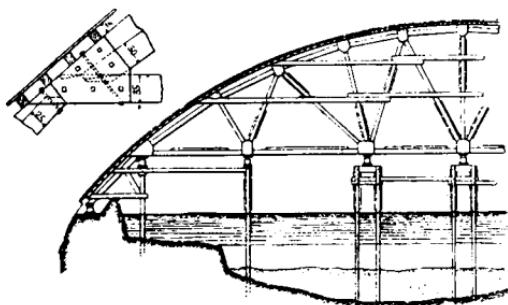


Рис. 61. Кружала въерной системы на сваяхъ моста Antoinette.

Въ большинствѣ случаевъ промежуточныя опоры для поддержания кружалъ устраиваются на сваяхъ (рис. 61). Очевидно, что при очень высокихъ мостахъ эти кружала будутъ дороже предыдущихъ, имѣющихъ точку опоры непосредственно на берегу.

Смѣшанная система кружалъ примѣняется въ томъ случаѣ, когда желаютъ воспользоваться достоинствами тѣхъ или другихъ

системъ одновременно, что встречается обыкновенно при большихъ пролетахъ арокъ и при ихъ высокомъ положеніи относительно дна рѣки. На рис. 62 показанъ примѣръ, изъ котораго видно, что верхняя часть состоитъ изъ простыхъ подкосовъ, тогда какъ нижняя часть изъ

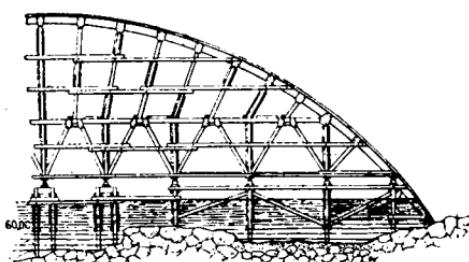


Рис. 62. Кружала сложной системы виадука Gour-Hoir.

въерныхъ. Понятно, что въ этомъ случаѣ загорожено все пространство рѣки, и прохода для судовъ неѣть.

29. Необходимыя приспособленія при устройствѣ кружалъ и лѣсовъ. Одни кружальные ребра, какъ известно, недостаточны для того, чтобы сложить арку или сводъ. Прежде всего надо, чтобы ребра были покрыты опалубкой, безъ которыхъ камни стоять на мѣстѣ не будутъ. Опалубка должна

быть при этомъ достаточной прочности. Рассчетъ прочности опалубки очень легкій, въ то время, какъ для реберъ этотъ расчетъ почти невозможенъ. Дѣло въ томъ, что опалубка является простой балкой, лежащей на двухъ опорахъ, и достаточно знать грузъ, на нее приходящій, чтобы получить необходимые размѣры. Обыкновенно въ мостахъ изъ камня опалубку дѣлаютъ изъ брусьевъ съ небольшими промежутками въ зависимости отъ размѣровъ камней. Разстояніе между брусками не должно быть больше половины толщины камня. Для кирпичной кладки палубу дѣлаютъ сплошь, а для бетонныхъ безъ всякихъ щелей, вплотную.

Послѣ положенія замочнаго камня или черезъ нѣкоторое время послѣ этого приходится снимать кружала. Сдѣлать это будетъ очень трудно, если не будутъ приняты при установкѣ кружалъ извѣстныя мѣры. Въ то время какъ въ малыхъ аркахъ и сводахъ достаточно положить подъ концы кружалъ клинья, при большихъ мостовыхъ сводахъ необходимы безусловно особые винты, въ видѣ домкратовъ, которые при поворачиваніи рукоятки могутъ опускаться, а слѣдовательно освободить кружала отъ нагрузки.

Устройство этихъ винтовъ намъ уже извѣстно, какъ извѣстно устройство мѣшковъ или горшковъ съ пескомъ. Здѣсь мы обратимъ вниманіе только на то, что винты необходимо класть подъ каждую точку опоры кружалъ, а потому, чѣмъ меньше будетъ этихъ опоръ, тѣмъ проще и дешевле будетъ работа. Въ этомъ отношеніи кружала подкосной и арочной системы выгоднѣе, чѣмъ вѣерной.

Наконецъ, для возможности кладки свода необходимо устраивать лѣса; иначе нельзя будетъ доставить на мѣсто работъ матеріаль. Въ большинствѣ случаевъ лѣса устраиваются на сваяхъ и мало отличаются отъ таковыхъ для устройства опоръ. Вся задача заключается въ томъ, чтобы ихъ устроить безъ всякихъ излишекъ, но такъ, чтобы это не было въ ущербъ ходу работъ и, когда требуется, не мѣшало судоходству. На рис. 63 приведенъ примѣръ устройства лѣсовъ и подмостей моста черезъ рѣку Мозель.

Само собой понятно, что такое устройство возможно тамъ, гдѣ пролетъ арокъ не очень большой. Въ противномъ случаѣ приходится или дѣлать промежуточныя временные опоры, или настилъ класть прямо на прогоны, поддерживаляемые многими сваями на небольшомъ сравнительно разстояніи, какъ показано на рис. 64.

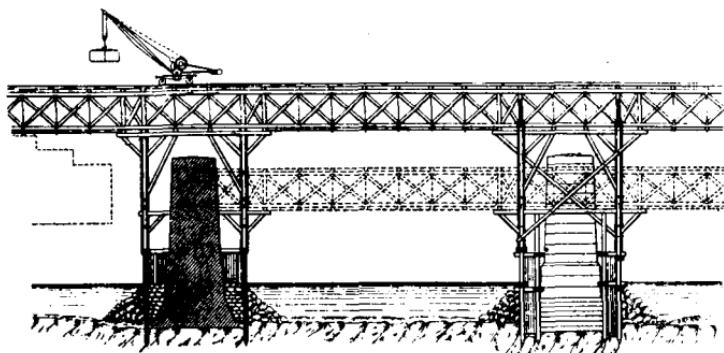


Рис. 63а. Устройство лѣсовъ при постройкѣ моста при Пфальцелѣ; фасадъ.

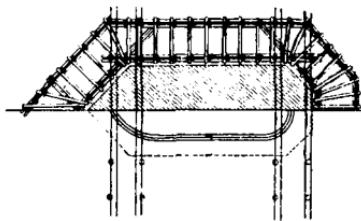


Рис. 63б. Тоже планъ.

Гораздо труднѣе, чѣмъ придумать устройство лѣсовъ, это придумать удобное перемѣщеніе материаловъ по этимъ лѣсамъ въ горизонтальномъ направленіи. Дѣло въ томъ, что по мѣрѣ хода работы высота настила измѣняется, и кромѣ того приход-

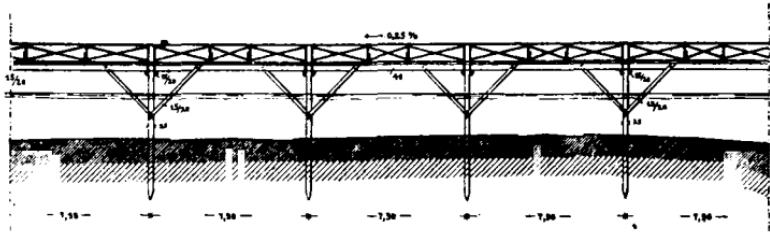


Рис. 64. Устройство простыхъ лѣсовъ на часто поставленныхъ сваяхъ.

дится имѣть возможность подавать матеріаль на всякую точку плана, иначе перетаскиваніе на рукахъ кладчиками обойдется очень дорого, а иногда и совсѣмъ невозможно. Такимъ образомъ является необходимымъ, чтобы настилъ былъ въ два яруса все время, при чѣмъ верхній ярусъ служить только для того, чтобы перевозить матеріаль на всякое мѣсто плана кладки и оттуда

опускать на мѣсто положенія въ вертикальномъ направленіи. Нижній ярусъ служитъ только для прохода на мѣсто кладки рабочихъ и часто даже отсутствуетъ, при чемъ рабочіе спускаются на кружала съ верхняго яруса непосредственно.

Передвиженіе материаловъ производится при большихъ мостахъ по рельсамъ. Но чтобы избѣжать поворотовъ для крановъ, послѣдніе дѣлаются во всю ширину моста и имѣютъ у себя на верху площадку, на которой положены въ свою очередь рельсы, по которымъ бѣгаеть на телѣжкѣ лебедка, поддерживающая камень, какъ показано на рис. 65.



Рис. 65. Устройство передвижного крана.

Здѣсь для ясности неподвижная площадка лѣсовъ показана въ видѣ поверхности земли, а самъ кранъ, двигающійся по рельсамъ, и на которомъ стоять лебедка, катящаяся по рельсамъ на верхней площадкѣ крана, показанъ какъ бы самостоятельнымъ сооруженіемъ. Изъ рисунка ясно видна возможность доставить камень на любое мѣсто на полосѣ не шире верхней площадки крана, т. е. на ширину моста.

30. Осадка арокъ и сводовъ. Такъ какъ до кладки камней кружала не подвержены никакому напряженію, то послѣ укладки окажется, что кружала измѣнили свою форму и какъ будто дали осадку. Иначе и быть не можетъ, такъ какъ отъ напряженія всякое тѣло измѣняетъ свою величину. Но кромѣ того оказывается, что послѣ окончанія кладки кружала не несутъ на себѣ всей нагрузки отъ камней свода, а только некоторую часть ея. Слѣдовательно, другую часть нагрузки несетъ уже самъ сводъ. Если теперь удалимъ кружала, то уже вся нагрузка отъ камней должна перейти на сводъ, а слѣдовательно, напряженіе въ сводѣ увеличится на грузъ, который приходился на кружала. Послѣд-

ствіемъ этого явится то, что арка или сводъ должны измѣнить свою форму сравнительно съ тѣмъ, что они имѣли, когда лежали еще на кружалахъ. Опытъ показалъ, что осадка кружалъ при кладкѣ арокъ и сводовъ можетъ быть отъ 0,005 до 0,01 пролета, а кромѣ того послѣ вынутія кружалъ осадка можетъ быть еще такая же. Такимъ образомъ вся осадка арки и свода противъ того, что было сдѣлано при вычерчиваніи кружалъ, можетъ оказатья равной 0,02 пролета.

Въ приведенномъ выше мосту въ Нейли эта осадка была 0,0156 черезъ нѣсколько дней. Кирпичные арки на известковомъ растворѣ могутъ дать черезъ нѣсколько мѣсяцевъ еще нѣкоторую осадку.

Чтобы форма арки или свода послѣ окончательной осадки была той, которая нами проектирована и для каковой былъ сдѣланъ расчетъ, необходимо при устройствѣ кружалъ измѣнить форму противъ чертежа настолько, чтобы въ замкѣ разница въ высотѣ кружалъ была до 0,02 пролета или немного менѣе. Къ пятамъ, какъ было изложено въ курсѣ сводовъ гражданскихъ сооруженій, эта высота уменьшается пропорціонально разстоянію отъ пять къ замку, при чемъ въ пятахъ она равна нулю.

Сопоставляя все изложенное выше, видимъ, что осадка кружалъ сама по себѣ никакого вреда не приносить, но что вредъ заключается въ возможности при слабыхъ кружалахъ измѣненія формы, такъ что вначалѣ кружала подымается отъ тижести кладки съ боковъ кверху, а уже при окончаніи кладки начнуть въ замкѣ опускаться, при чемъ это опусканіе отъ того положенія, въ которомъ арка была при кладкѣ на половину, гораздо больше чѣмъ 0,02, т.е. предѣла, на который безопасно можетъ опуститься замокъ. Понятно, что въ практикѣ и безъ этого бываютъ случаи, что арка въ общемъ опускается больше чѣмъ на 0,02 пролета, но всегда при этомъ происходитъ разрывъ въ швахъ и образуются трещины, ни въ коемъ случаѣ нежелательныя, такъ какъ устойчивость и прочность арки уже не будутъничѣмъ гарантированы, и мостъ можетъ разрушиться.

31. Установка кружалъ и раскружаливаніе. Къ установкѣ кружалъ приступаютъ послѣ того, какъ выведены опоры или хотя бы нѣкоторыя изъ нихъ. Чтобы убѣдиться въ томъ, что кружала устроены аккуратно и все стыки реберъ пригнаны плотно, нагружаютъ кружала временно камнями настолько, чтобы нагрузка превосходила въ данномъ мѣстѣ нагрузку арки. Тогда сейчасъ же можно обнаружить все изъяны работы по устройству

кружаль и заблаговременно устранить всѣ недостатки въ нихъ. Вообще слѣдуетъ слѣдить, чтобы во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ только приходится стыкъ въ деревѣ, были забиты клинья, такъ какъ безъ этого никогда нельзя достичь вполнѣ крѣпкой и неизмѣнной связи между отдѣльными кусками деревянныхъ брусьевъ.

Чтобы избѣжать совершенно измѣненія формы кружаль во время кладки арки, особенно же выпучиванія кружаль сверху, еще до приступа къ кладкѣ нагружаютъ замочную часть кружаль камнями и держать эту нагрузку до тѣхъ поръ, пока не дойдутъ кладкой до этого мѣста. Тогда начинаютъ постепенно снимать нагрузку и замѣнять ее кладкой арки.

Раскружаливаніе производится послѣ того, какъ арка будеть совершенно готова и когда будеть забучено сверхъ пять по крайней мѣрѣ на высоту шва излома, а лучше даже немного выше. При этомъ опускаютъ кружала не сразу, а сперва только немного, не болѣе какъ на половину высоты полной осадки арки. Черезъ 4 или 6 недѣль еще на столько и затѣмъ черезъ 6 недѣль совершенно удаляютъ ихъ. Такимъ образомъ въ большихъ мостахъ кружала остаются на мѣстѣ около 3 мѣсяцевъ.

Понятно, что за это время будуть окончены арки всѣхъ пролетовъ. Но въ тѣхъ случаяхъ, когда число арокъ большое, а пролетъ не великъ, арки раскружаливаютъ совершенно уже на четвертой недѣлѣ, и кружала изъ-подъ одной арки могутъ быть перенесены подъ другія еще не возвѣденныя арки, хотя это случается рѣдко.

Если по дорожевизнѣ нельзя будетъ ставить винты для опускания кружаль, то можно пользоваться, конечно, и клиньями, при чемъ ихъ слѣдуетъ дѣлать изъ крѣпкаго дуба и смазывать мыломъ, а между клиномъ и стойками или прогонами класть металлические листы, дабы клинъ не врѣзывался глубоко въ дерево стойки. Мышки съ пескомъ или горшки, конечно, будутъ удобнѣе, хотя требуютъ прикрытия отъ дождя.

При бетонныхъ аркахъ, само собой понятно, что раскружаливаніе, хотя бы неполное, можетъ начаться никакъ не раньше, какъ окрѣпнетъ бетонъ настолько, что сопротивленіе его будетъ втрое болѣе величины давленія въ наиболѣе опасномъ швѣ. Это случается иногда (въ зависимости отъ состоянія погоды) не раньше 2 мѣсяцевъ, особенно если цементъ взять медленно твердѣющій. Вотъ почему послѣ окончанія кладки бе-

тона начинают трогать кружала никакъ не ранѣе 4 недѣль, а лучше даже значительно позже, напримѣръ, черезъ два мѣсяца.

Опасаться за вредное вліяніе долгаго пребыванія арки или свода на кружалахъ не приходится, такъ какъ деревянныя кружала отъ времени высыхаютъ и подверженныя значительному давленію довольно значительно ссыхаются, и этимъ какъ бы автоматически сами опускаются и при томъ очень равномѣрно и медленно.

32. Производство работъ по укладкѣ камней и бетона.

Укладка камней для устройства арокъ производится

въ извѣстномъ порядкѣ, иногда весьма отличномъ другъ отъ друга. Такъ, если мы имѣмъ дѣло съ тесаннымъ камнемъ значительного размѣра, то для того, чтобы его уложить на мѣсто, надо примѣнить значительную силу, которую однако не легко приложить къ камню вслѣдствіе того, что бока и нижняя постель должны оставаться свободными. Вотъ почему эти камни рѣдко укладываются руками. Гораздо проще примѣнить для этого особыя приспособленія въ видѣ клиньевъ или волчьихъ лапъ, какъ показано на рис. 66.

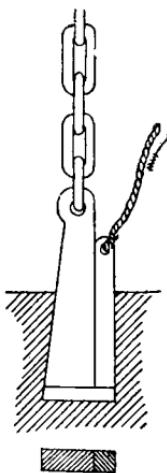


Рис. 66. Устройство подъемныхъ клиньевъ.

Укладка посредствомъ этихъ приспособленій имѣть еще то достоинство, что камень можетъ висѣть сколько угодно, и въ случаѣ, если окажется плохо пригнаннымъ къ своему мѣсту, его можно сейчасъ же поднять и увезти, не тревожа совершенно другихъ камней. Кромѣ того, когда камень виситъ на канатѣ, рабочимъ очень удобно положить растворъ, выравнить его по рейкѣ, какъ при штукатуркѣ, положивъ маяки по краямъ, и затѣмъ вынуть ихъ при самомъ опусканіи камня.

При кладкѣ свода изъ штучныхъ или тесанныхъ камней предварительно отмѣчаютъ на кружалахъ положеніе каждого камня, а направлѣніе швовъ провѣряется по малкѣ или воробѣ.

Въ замочныхъ камняхъ, а также въ смежныхъ имъ швахъ, весьма трудно удержать растворъ на мѣстѣ отъ сползанія. Поэтому здѣсь растворъ кладется лишь на небольшую высоту отъ опалубки, а верхнюю часть шва оставляютъ пустой, вкладываютъ

туда деревянные клинышки и заливаютъ жидкимъ растворомъ по укладкѣ всѣхъ камней.

При прямыхъ мостовыхъ сводахъ камни приходится тесать только по двумъ системамъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей: перпендикулярной къ опалубкѣ или по направлению къ центру и параллельной къ поверхности опалубки. Въ косыхъ же сводахъ камни приходится тесать и въ плоскости параллельной къ лицу опоръ, образующей съ щековой плоскостью острый, а не прямой уголъ. Это значительно удорожаетъ работу и менѣе прочно, чѣмъ въ прямой тескѣ.

Во всякомъ случаѣ, при тескѣ должны быть выдаваемы рабочимъ точные шаблоны и эпюры въ натуральную величину, такъ какъ иначе могутъ происходить ошибки, трудно исправимыя впослѣдствии.

Кромѣ всего этого надо имѣть въ виду, что и при тесовой кладкѣ соблюдается правильная перевязь, тѣмъ болѣе, что значение раствора почти отсутствуетъ и мало влѣяетъ на монолитность кладки, такъ ясно выступающей на кладкѣ изъ кирпича.

При кирпичной кладкѣ все вниманіе должно быть обращено на хорошую кладку, растворъ и заливку рядовъ, а также на возможную правильность перевязи. Словомъ, необходимо, чтобы въ кладкѣ не было пустотъ и сквозныхъ швовъ параллельно щековой поверхности. Остальные правила уже известны.

Такъ какъ укладку бетона лучше производить слоями, нормальными къ кривой опалубки, то необходимо сдѣлать особая приспособленія для этого, какъ показано на рис. 67. Понятно, что при желѣзо-бетонѣ этого сдѣлать нельзя и бетонъ укладывается слоями концентрическими.

Поэтому примѣняютъ желѣзо-бетонъ или въ очень пологихъ аркахъ и сводахъ, или прямо сдѣлаютъ балочные мосты.

На рис. 68 показанъ мостъ системы Геннибика черезъ Вьенну въ Шателеро. Наибольшій пролетъ 50 метр. при стрѣлѣ подъема въ 4,8 метра. Толщина въ замкѣ 0,54 метра, т. е. 1:95, чего не сдѣлано до сихъ поръ ни въ одномъ каменномъ или бетонномъ мосту безъ желѣза. Весь мостъ, начиная отъ основанія до проѣзжей части, построенъ изъ желѣзо-бетона. Арматура всѣхъ частей сооруженія (рис. 69) сдѣлана изъ стали, сопротивленіе разрыву которой должно было равняться не менѣе 4200 кил. на кв. см.

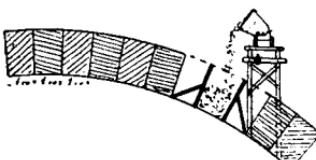


Рис. 67. Щиты для кладки бетона.

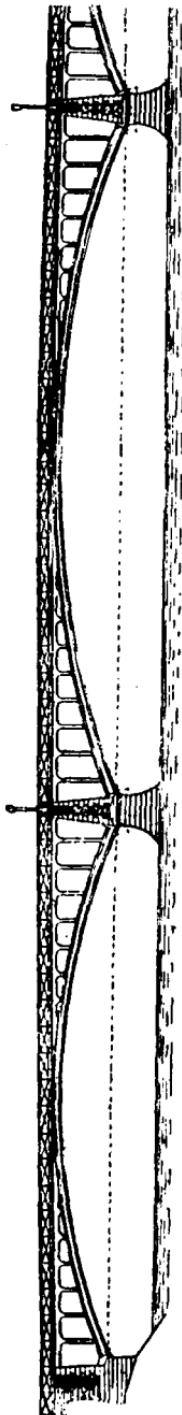


Рис. 68. Фасадъ жѣлѣзо-бетоннаго моста системы Геннебека въ Шагелеро.

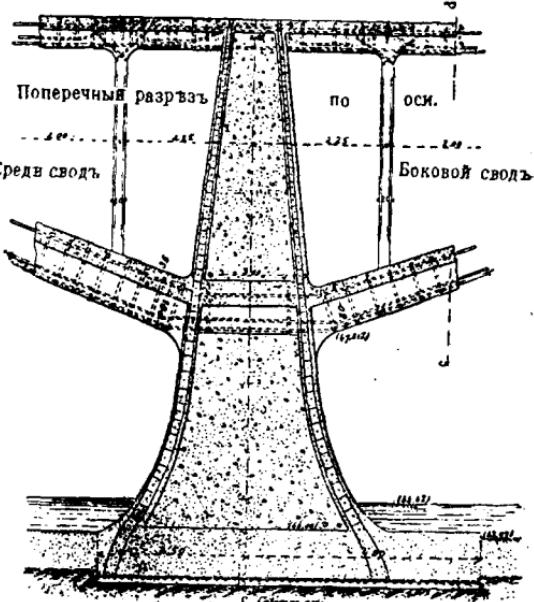


Рис. 69. Разрѣзъ быка того же моста изъ жѣлѣзо-бетона.

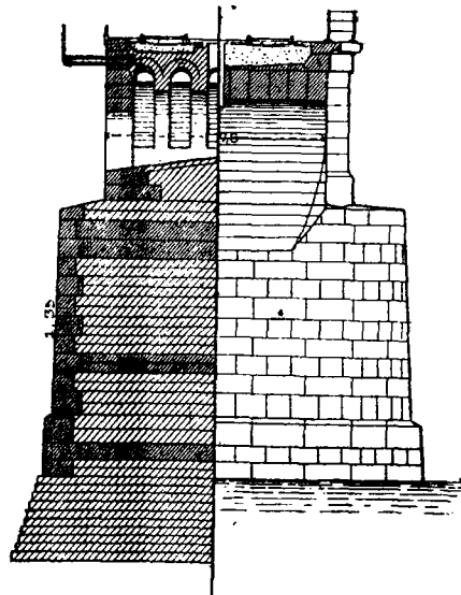


Рис. 70. Разрѣзы (поперечные) моста съ продольными стѣнками при Пфальцелѣ.

Что же касается работы по устройству желѣзо-бетонныхъ сводовъ вообще, то онѣ довольно подробно разсмотрѣны въ курсѣ сводовъ гражданскихъ сооруженій, и мы здѣсь обѣ этомъ не считаемъ нужнымъ говорить, тѣмъ болѣе, что работы эти исполняются обыкновенно особыми фирмами и рабочими, специальнѣо съ этимъ дѣломъ знакомыми.

VII. Устройство проѣзжей части моста.

33. Надсводные стѣнки. Выше мы указали, что пазухи сводовъ обыкновенно получаются очень глубокими, и заполнять ихъ сплошной забуткой и дорого, и нерационально. Поэтому сверхъ главнаго свода дѣлаютъ стѣнки и перекрываютъ ихъ малыми сводами, на которыхъ ужъ дѣлаются мостовыя. На рис. 49 показано устройство поперечныхъ стѣнокъ и сводиковъ, а на рис. 70 показанъ поперечный разрѣзъ моста съ продольными стѣнками. На первомъ изъ этихъ рисунковъ кромѣ того видно, что снаружи остались промежутки между поперечными стѣнками не задѣлаными, и следовательно щековыхъ или продольныхъ стѣнокъ не сдѣлано. Между тѣмъ на рис. 70 показанъ мостъ, гдѣ вместо сплошной забутки сдѣланы продольныя стѣнки. Послѣдній способъ имѣеть то удобство, что гораздо легче защитить мостовой сводъ отъ дождя и снѣга непосредственно проѣзжей частью, какъ увидимъ дальше. Но съ другой стороны второй способъ представить большие затрудненій при разсчетѣ прочности моста. Иногда дѣлаютъ внутри поперечныя стѣнки, а наружныя продольныя.

Наружныя продольныя стѣнки поддерживаютъ карнизъ и перила, а частью и тротуары. Толщина ихъ бываетъ отъ 1 аршина до двухъ, при чемъ, если нѣть поперечныхъ стѣнокъ, утолщаются къ пятамъ. Во всякомъ случаѣ, если пазухи заполняются сыпучими землями или на стѣнки опираются своды, какъ это нерѣдко встрѣчается, то стѣны должны быть точно разсчитаны.

Внутреннія продольныя и поперечныя стѣнки несутъ всегда на себѣ весь грузъ проѣзжей части, такъ какъ иначе ихъ и не нужно было бы дѣлать. Поэтому толщина этихъ стѣнокъ зависитъ какъ отъ пролета маленькихъ сводиковъ, такъ и отъ величины и способа распределенія на-

грузки въ проѣзжей части. Обыкновенно толщина ихъ не бываетъ меныше одной десятой высоты, когда сложены изъ кирпича; въ противномъ случаѣ ихъ можно дѣлать тоньше, напр., изъ бетона или естественнаго камня твердой породы.

Забутка сводовъ, если нѣтъ особыхъ, указанныхъ выше сводиковъ, а также забутка этихъ послѣднихъ дѣлается въ большинствѣ случаевъ изъ бетона, хотя конечно можно дѣлать и изъ обыкновенной каменной кладки или даже песка безъ раствора.

34. Предохраненіе мостового свода отъ дождя.

Если бы вода имѣла возможность доходить до кладки свода, то она быстро стала бы разрушать сводъ, просачиваясь черезъ швы. Цементный растворъ въ швахъ можетъ быть и затянутъ, но разрушеніе на болѣе продолжительное время, но все же не спась бы въ концѣ концовъ мостъ отъ разрушенія, такъ какъ вода начнетъ подтачивать швы съ краю и, хотя медленно, но вѣрно выполнять свою разрушительную роль. Поэтому одной изъ главныхъ задачъ строителя будетъ устроить верхъ моста такъ, чтобы вода до свода не доходила.

Для этого поступаютъ слѣдующимъ образомъ: сверхъ забутки кладутъ слой бетона толщиною въ 2,5 вершка и затѣмъ нокрываютъ бетонъ жирнымъ цементнымъ растворомъ слоемъ въ 0,5 вершка. Но такъ какъ въ подобномъ слоѣ легко появляются трещины, уничтожающія все значеніе смазки, то сверхъ кладется слой асфальта толщиною отъ 1 до 2 дюймовъ. Асфальтъ имѣть то достоинство, что можетъ, благодаря своей эластичности, вытягиваться, не теряя связи между частицами. Вместо асфальта для дешевизны часто примѣняютъ смолистый бетонъ, сверхъ забутки.

Смолистый бетонъ приготавливаютъ такимъ образомъ: нагреваютъ до кипяченія каменноугольную, древесную или горную смолу; затѣмъ прибавляютъ въ нее порошокъ смолистаго известняка въ количествѣ 7 частей, сравнительно съ количествомъ смолы; далѣе, послѣ тщательнаго перемѣшанія прибавляютъ 0,6 части противъ смолы песку и наконецъ 11 частей полученнаго теста смѣшиваютъ съ 9 частями щебня.

Въ зависимости отъ имѣющихся материаловъ смолистый бетонъ можетъ имѣть и другой составъ.

Асфальтовый слой лучше класть не сразу во всю толщину, а двумя или даже тремя слойками, при чемъ нижній слой дѣл-

ляется изъ болѣе мягкаго асфальта съ болѣшимъ количествомъ гудрона, тогда какъ верхній изъ болѣе твердаго и при томъ съ примѣсью крупнаго песка или даже гравія.

Очевидно вода, не имѣя возможности пройти черезъ слой асфальта или другой непроницаемый слой, будетъ стоять на нихъ, если не сдѣлать стока для удаленія воды. Обыкновенно вода по изолирующему слою проникаетъ въ самое низкое мѣсто въ пазухахъ свода.

Отсюда она, какъ мы видѣли (рис. 32), собирается въ осо-бые колодцы и затѣмъ по трубамъ опускается въ рѣку возлѣ устоевъ и быковъ. Трубы для отвода воды дѣлаются гончарныя или чугунныя.

35. Устройство каменной мостовой и тротуа-ровъ. Каменная мостовая изъ булыжника кладется на слой песка, насыпаннаго сверхъ забутки и изолирующаго слоя. При этомъ толщина слоя песка должна быть не менѣе 1 фута, хотя лучшее больше, доходя до 4 футовъ. Назначеніе песчанаго слоя со-стоитъ въ томъ, чтобы ослабить вредное вліяніе на сводъ случайныхъ ударовъ мгновенной или ударной нагрузки и т. д. Несокъ насыпается не раньше, чѣмъ окрѣпнуть смазка и забутка.

Самая мостовая кладется совершенно такъ же, какъ на ули-цахъ и дворахъ.

Бетонная мостовая можетъ быть положена непосредственно на забутку или смазку. Роль песка здѣсь выполняетъ монолит-ность бетонной мостовой.

Шоссейная или щебеночная мостовая кладется или на слой песка или прямо на забутку, а часто даже въ неокрѣпшую смазку. Опытъ показалъ, что такое устройство вполнѣ раціонально по своей прочности.

Въ небольшихъ мостахъ вода успѣваетъ стекать прямо по мостовой, если послѣдняя имѣеть продольный и поперечный уклонъ, такъ что въ устройствѣ указанныхъ выше приспособле-ній съ трубами не требуется. Но, вообще говоря, надо строить для пѣшеходовъ отдѣльные проходы или тротуары и возлѣ нихъ сточныя лотки отъ поперечнаго профиля моста (рис. 71).

Эти лотки идутъ вдоль тротуаровъ во всю длину моста и такимъ образомъ выносятъ съ моста иногда всю воду, не давая ей даже дойти до

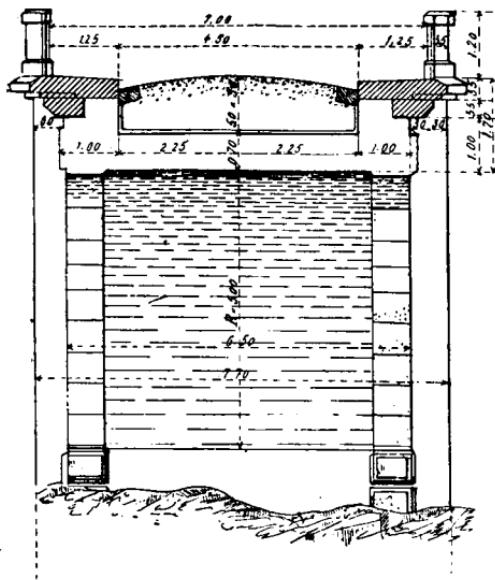


Рис. 71. Разрѣзъ тротуара и свода съ устройствомъ проѣзжей части.

непроницаемаго слоя смазки. Поэтому очень часто отводные трубы въ длиниыхъ мостахъ помѣщаются непосредственно въ лоткахъ на известномъ разстояніи (рис. 72).

Лотки дѣлаются или изъ мелкаго булыжника, или изъ бетона, и наконецъ изъ отдѣльныхъ кусковъ тесанаго камня со специальнымъ устройствомъ въ немъ желобчатаго углубленія.

36. Карнизы и перила на каменныхъ мостахъ.

Назначеніе карнизовъ не только въ томъ, чтобы украшать мостъ, но и въ томъ, чтобы предохранить щековыя поверхности его отъ воды, которая, унося пыль съ панели или тротуара, пачкаетъ и портить фасадъ. Если сдѣланъ карнизъ, то вода спадаетъ съ него, не касаясь стѣнки.

Карнизы дѣлаются изъ отдѣльныхъ большихъ камней съ вытесанными въ нихъ профилями, такъ что часто могутъ служить тротуарами (рис. 73).

Надъ карнизовыми камнями устраиваются перила изъ кирпича, камня или бетона. Высота перилъ должна быть не менѣе 1,5 аршина.

Когда перила дѣлаются металлическія, то послѣднія укрѣ-

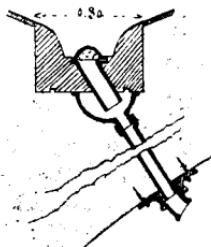


Рис. 72. Деталь лотка для отвода воды съ моста изъ тесанаго камня.

пляются въ карнизные камни посредствомъ обратнаго клина на стержнѣ и заливки свинцомъ или сѣрой, какъ на лѣстницахъ и балконахъ. Для большей устойчивости периль они часто снабжаются особыми кронштейнами съ наружной стороны, какъ показано на рис. 74.

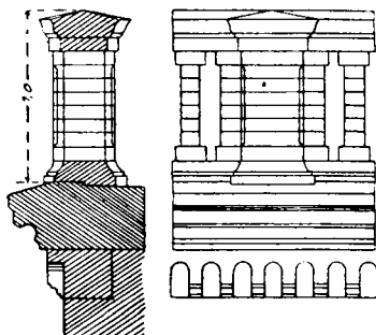


Рис. 73. Устройство каменныхъ перилъ съ карнизомъ.

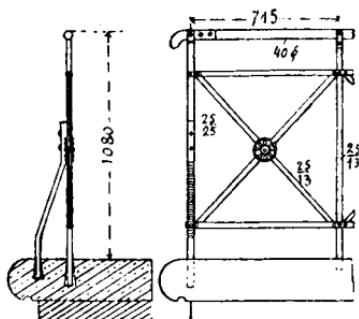


Рис. 74. Желѣзныя перила съ кронштейнами.

37. Устройство віадуковъ, акведуковъ и туннелей. Такъ какъ віадуки представляютъ собою тѣ же мосты, но лежащіе въ пространствѣ, лишенному воды, то устройство ихъ ничѣмъ не отличается отъ устройства обыкновенныхъ мостовъ. Разница лишь въ томъ, что устройство оснований и фундаментовъ упрощается. Что же касается предосторожностей насчетъ того случая, когда можетъ появиться вода въ данной мѣстности, то здѣсь надо руководствоваться правилами, приведенными ниже для обыкновенныхъ мостовъ на случай наводненій или вообще ненормального половодья.

Акведуки, какъ мы говорили, имѣютъ вмѣсто проѣзжей части желобъ для воды. Благодаря тому, что вода должна имѣть естественный уклонъ при теченіи, верхняя поверхность сводовъ должна быть за- бучена не горизонтально, а подъ одинъ общий уклонъ во всю длину.

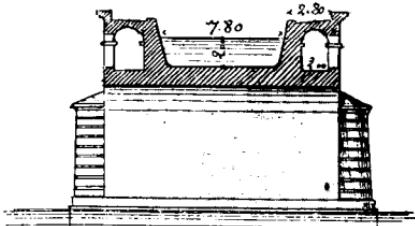


Рис. 75. Видъ желоба акведука и быка подъ нимъ на рѣкѣ Орѣ.

Главная задача строителя при устройствѣ акведуковъ заключается въ томъ, чтобы сдѣлать желобъ (рис. 75) прочнымъ и непроницаемымъ

для воды. Достичь послѣдняго не такъ легко, какъ кажется съ перваго раза. Практика показала, что какъ бы тщательно ни были исполнены работы, все же вода съ течениемъ времени находить себѣ путь для просачивания.

Мы укажемъ здѣсь на слѣдующіе способы устройства желобовъ, имѣющихъ мѣсто въ существующихъ акведукахъ.

I способъ. Онъ заключается въ томъ, что желобъ вытесывается изъ большихъ кусковъ естественного камня, соединяемыхъ между собою цементнымъ растворомъ. Камень долженъ быть пористый и принимать хорошо штукатурку. Камень затѣмъ штукатурится растворомъ изъ смолистаго или битуминознаго тѣста въ два слоя, общая толщина которыхъ должна быть не менѣе 1 см. или 0,5 дюйма.

II способъ. Второй способъ заключается въ томъ, что для непроницаемости дѣлаются стѣнки и дно изъ бетона, толщиною не менѣе 7 вершковъ, который затѣмъ покрывается слоемъ цементнаго жирнаго раствора, толщиною не менѣе 1,25 дюйма.

III способъ. Этотъ способъ заключается въ томъ, что возводятъ желобъ изъ тесаннаго песчаника на цементномъ растворѣ и облицовываютъ все большими лещадными плитами (толщиною не менѣе 2,5 дюйма), подъ которыми идеть слой асфальта толщиною не менѣе 0,6 дюйма, при чёмъ, если не дѣлаются боковой облицовки, асфальтъ входитъ на 1,5 дюйма въ борозду, вытесанную въ первомъ ряду камней боковыхъ стѣнокъ.

IV способъ. Онъ заключается въ томъ, что желобъ, изъ какого бы материала онъ ни былъ, покрывается свинцовыми листами толщиною не менѣе 2 миллиметровъ, и хорошо спаянными между собою.

Но, какъ уже было сказано, всѣ эти способы не даютъ вполнѣ удовлетворительныхъ результатовъ, а потому въ послѣднее время вмѣсто непроницаемаго желоба стали прокладывать прямо водопроводныя трубы громаднаго діаметра. Трубы дѣлаются или изъ чугуна или изъ бетона, соединяя отдельныя части совершенно такъ, какъ это дѣлается въ водопроводныхъ или канализационныхъ трубахъ.

Чтобы быть увѣренными въ хорошемъ устройствѣ соединений, трубы испытываются до приемки подъ извѣстнымъ напоромъ воды.

Переходя къ устройству туннелей, прежде, всего надо замѣтить, что послѣдніе служатъ для того, чтобы возможенъ былъ проѣздъ сквозь гору или вообще высокое мѣсто, когда не желаютъ

дѣлать громадныхъ выемокъ и скатовъ. Поэтому, собственно говоря, туннель несколько отличается по устройству своему отъ моста, хотя такъ же, какъ мостъ, служить для сообщенія двухъ мѣстностей, разделенныхъ неудобопроходимымъ предметомъ, т. е. горой.

При устройствѣ туннеля главная работа заключается въ выемкѣ грунта и въ возведеніи (рис. 76) свода, тогда какъ устройство опоръ въ сущности довольно просто.

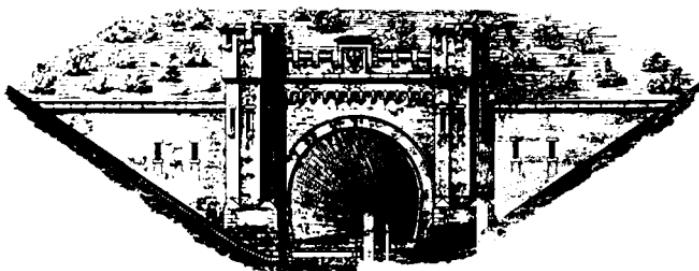


Рис. 76. Туннель по дорогѣ въ Аахенъ.

Единственнымъ способомъ сложить сводъ, когда пространство сверхъ свода закрыто, — это производить кладку отдельными неширокими арками, перевязывая ихъ на извѣстномъ лишь разстояніи, а не силою, что никакого вреда, какъ мы знаемъ, принести не можетъ.

Одновременно съ кладкой свода необходимо заполнять все пустое пространство между сводомъ и землей забуткой или вообще какимъ-либо непроницаемымъ для воды материаломъ.

Само собой понятно, что послѣднее нужно дѣлать въ томъ случаѣ, когда можно ожидать появленія воды сверху.

Что касается пролета и высоты туннеля, то здѣсь руководствуются правилами, приводимыми во II-ой части нашей книги при описаніи размѣровъ габарита вообще и въ желѣзныхъ мостахъ съ фздою по низу въ частности.

ОТДѢЛЪ II.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗСЧЕТЪ И ПЛАНИРОВКА РАБОТЪ.

I. Мѣстныя изысканія.

38. Объ изысканіяхъ вообще. Для того, чтобы приступить къ работамъ по постройкѣ моста, инженеру прежде всего надо составить проектъ. Но это возможно ему сдѣлать только тогда, когда для этого будуть всѣ данные. Подъ такимъ названіемъ разумѣются всѣ свѣдѣнія, нужные при проектированіи моста, а следовательно, имѣющія или могущія имѣть вліяніе на размѣры пѣдаго моста и отдельныхъ его частей, а также вліяніе на выборъ того или другого материала, той или другой формы. Сюда прежде всего относятся мѣстныя изысканія, въ составъ которыхъ входитъ:

I. Определеніе профиля мѣстности.

II. Определеніе горизонта самыхъ высокихъ, нормальныхъ и низкихъ водъ.

III. Определеніе профиля живого сѣченія рѣки, горизонта ледохода и скорости теченія въ разныхъ случаяхъ высоты горизонта.

IV. Собираніе свѣдѣній о родѣ судоходства и размѣрахъ наибольшихъ судовъ, по рѣкѣ плавающихъ, и т. д.

Часто къ числу предметовъ изысканій относятъ: определеніе бассейна главного русла или его притоковъ; определеніе толщины льдинъ; количества выпадающей воды во время дождей и т. д. Но намъ кажется, что дѣлать эти изысканія обязательными совершенно бесполезно, такъ какъ они ничего нового не прибавятъ для измѣненія проекта, составленного на основаніи горизонта высокихъ водъ и устойчивости моста отъ нагрузки. Исключение составляютъ очень узкіе мосты, шириной менѣе 4-хъ саженей. Въ виду этого мы совершенно не будемъ касаться вопросовъ, не имѣющихъ практическаго значенія въ постройкѣ моста, или тѣхъ,

которые будутъ ясны сами собой и вытекать непосредственно изъ другихъ обстоятельствъ, пами приводимыхъ. Вмѣсто этого мы остановимся на вопросахъ объ отверстіи моста по возможности дольше.

39. Выборъ мѣста для постройки моста. Выборъ мѣста подъ постройку моста не всегда зависитъ отъ желанія строителя. Дѣло въ томъ, что обыкновенно мостъ строится по направленію уже существующей дороги или улицы, и часто противъ всякаго желанія его приходится дѣлать косымъ, чтобы попасть съ улицы на одномъ берегу на улицу на другомъ, не идущую съ первой по прямой линіи.

Часто однако строителю предоставляется возможность ставить мостъ по его усмотрѣнію, особенно когда мостъ строится одновременно съ новой дорогой. Послѣднюю въ этомъ случаѣ также стремится проложить по наиболѣе удобному мѣсту. Поэтому приводимыя далѣе указанія относительно выбора мѣста относятся къ этому именно случаю.

При выборѣ мѣста руководствуются слѣдующими соображеніями.

I. Устройство фундаментовъ должно быть легкое, дешевое и безусловно надежное.

II. Русло рѣки должно быть въ этомъ мѣстѣ неподвижно и неподвержено измѣненію.

III. Направленіе моста должно быть по возможности нормально къ теченію рѣки.

Удовлетворить всѣмъ этимъ требованіямъ иногда очень трудно, тѣмъ болѣе, что далеко еще не выясненъ вопросъ, какъ найти на рѣкѣ мѣсто, где русло наиболѣе неподвижно. Одни (Dupuit) советуютъ выбирать прямолинейные участки рѣки, другие (Croizette - Desnoyers), наоборотъ, — наиболѣе крутыя изгибы рѣки, основываясь на томъ фактѣ, что тамъ, где рѣка, имѣя наиболѣе быстрое и кривое теченіе, долго не мѣняла русла, послѣднее очевидно очень неподвижно. Къ сожалѣнію, при большой кривизнѣ теченія вода подтачиваетъ вогнутый высокій берегъ, а низкій (выпуклый) тогда бываетъ очень широкимъ, и мостъ приходится дѣлать съ очень длинной насыпью, при чемъ насыпь должна быть достаточно прочной, дабы во время весеннихъ водъ или ливней не происходило размыванія. Кромѣ того устой у подмываемаго берега долженъ глубоко врѣзываться въ берегъ,

дабы въ одинъ прекрасный день не оказаться отдаленнымъ отъ берега проваломъ.

Какъ памъ извѣстно, дѣлать косые своды нерационально, а потому нужно или измѣнить направление дороги такъ, чтобы оно было нормально къ течению рѣки, или, если изгибъ рѣки такъ крутъ, что это не поможетъ и при всѣхъ положеніяхъ дороги мостъ все же будетъ косымъ, можно измѣнить самое русло рѣки. Дѣлать это однако надо съ величайшей осторожностью, такъ какъ опытъ показалъ, что въ большинствѣ случаевъ новое русло влекло за собою цѣлый рядъ совершенно неожиданныхъ послѣдствій, и нерѣдко становилось на старое мѣсто или уходило совершенно въ другую сторону, отъ сдѣланнаго вновь. Вообще, слѣдуетъ считать измѣненіе натурального русла мѣрой налагательной.

Определеніе прочности фундамента и глубины его заложенія производится на основаніи свѣдѣній о составѣ и свойствахъ грунта подъ нимъ, что выясняется буреніемъ.

40. Определеніе профиля мѣстности. Определеніе профиля мѣстности и изображеніе мѣстности на планѣ, вообще говоря, относится къ предмету геодезіи. Здѣсь мы укажемъ только на слѣдующія обстоятельства.

Чѣмъ неправильнѣе теченіе рѣки, тѣмъ большій районъ долженъ быть снятъ, какъ выше, такъ и ниже мѣста предполагаемаго моста. За наименѣній предѣлъ слѣдуетъ считать 250 саж. въ обѣ стороны.

Во всякомъ случаѣ, планъ и профиль должны обнимать достаточный районъ для правильнаго выясненія характера работы по устройству дорожной насыпи и отводкѣ воды въ извѣстное время года.

Съемка должна представлять подробный планъ мѣстности въ горизонтальахъ, планъ главнаго русла съ поймой (заливной частью), со старорѣчьями, островами и пр., а также съ показаніемъ на планѣ предѣла наибольшаго разлива при наводненіи.

На рис. 77 показанъ въ небольшомъ масштабѣ планъ мѣстности при рѣкѣ Некарѣ между Штутгартомъ и Каништадтъ. На этомъ планѣ не показаны лишь высоты въ горизонтальахъ, какъ это было указано, и что всегда слѣдуетъ дѣлать по образцу на рис. 78.

Профиль той же мѣстности, что на планѣ при рѣкѣ Некарѣ, показана на рис. 79. Здѣсь видна лишь часть непосредственно у моста. Но зато масштабъ профиля довольно большой и ясно видны всѣ детали даже въ строеніи грунта. Кроме того здѣсь, какъ и вообще, высоты взяты въ масштабѣ, въ 10 разъ большемъ, чѣмъ широты.



Рис. 77. Планъ мѣстности при рѣкѣ Некаръ.

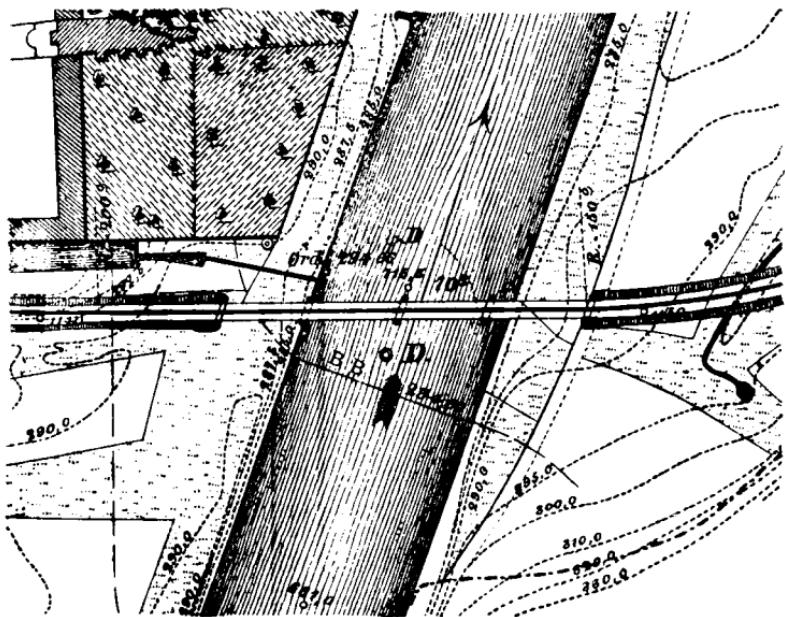


Рис. 78. Планъ мѣстности съ горизонталями на рѣкѣ Везеръ.

Какъ ясно изъ рисунка, мостъ здѣсь не каменный, а жѣлѣзный, при чѣмъ видно, что мостъ арочный, съ каменными быками и въ пять про- летовъ.

Показанный на рис. 78 примѣръ плана съ горизонталями принад- лежитъ постройкѣ моста черезъ рѣку Везеръ. На планѣ видны какъ высоты, такъ и наибольшій или высокій уровень рѣки. Цифры, поставлен-

ныя на течениі рѣки, сразу показываютъ, насколько рѣка разливается при извѣстномъ уровне.

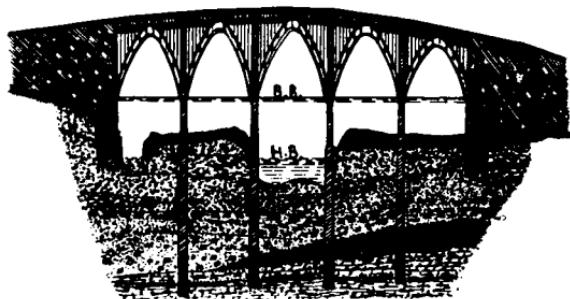


Рис. 79. Профиль моста и разрѣзъ грунтовъ на рѣкѣ Некарѣ (77).

Планъ въ горизонталахъ можетъ замѣнить обыкновенный планъ, показанный на рис. 77, и разрѣзъ или профиль мѣстности, если, конечно, планъ составленъ довольно подробно и точно. На такомъ планѣ могутъ быть сдѣланы всевозможныя указанія относительно мѣстныхъ изысканій.

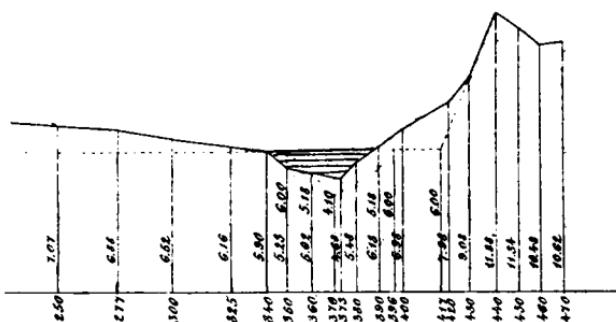


Рис. 80. Профиль мѣстности съ показаніемъ высотъ.

Профиль мѣстности (рис. 80) нужна не только для того, чтобы опредѣлить высоту проѣзжей части моста надъ уровнемъ воды въ рѣкѣ (такъ какъ не желательны, а иногда и нельзя дѣлать крутыхъ спусковъ и подъемовъ), но и для опредѣленія количества земляныхъ работъ по выемкѣ грунта и устройству насыпи.

Само собой понятно, что высоты на двухъ берегахъ должны быть опредѣлены отъ одной и той же базы, дабы не было ошибокъ при исполненіи чертежей профиля.

41. Опредѣлениe живого сѣченія рѣки. Одновременно съ опредѣлениемъ профиля мѣстности опредѣляютъ профиль дна рѣки или русла. Дѣлается это лѣтомъ съ лодокъ, съ забивкой свай или шестовъ и непосредственнымъ измѣренiemъ глубины. Но гораздо удобнѣе производить то же самое зимой, такъ что первый способъ останется лишь въ теплыхъ странахъ. Измѣреніе глубины въ разныхъ частяхъ производится проволокой, диаметромъ около 3 миллим., на концѣ которой привѣшанъ грузъ, вѣсомъ отъ 20 фунтовъ до 2 пудовъ, въ зависимости отъ быстроты теченія.

Промѣры дѣлаются по прямой линіи направлениe моста и не рѣже, какъ черезъ каждыя 10 саж. При узкихъ и глубокихъ рѣкахъ или оврагахъ, очевидно, промѣры должны быть значительно чаще.

Для промѣровъ по прямой линіи при неширокихъ рѣкахъ натягиваютъ поперекъ рѣки веревку, при чемъ легко промѣрить общую ширину рѣки и намѣтить мѣста для промѣровъ черезъ извѣстное количество саженей (рис. 81).

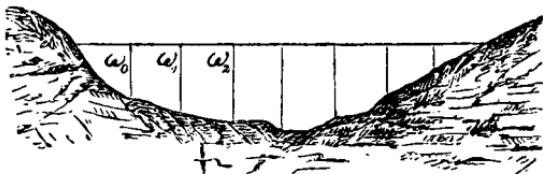


Рис. 81. Профиль живого сѣченія рѣки вообще.

Понятно, что въ томъ случаѣ, когда рѣка значительной ширины, этотъ способъ измѣренія не годится, и приходится или ждать зимы или прибѣгать къ помощи лодокъ и инструментовъ. Послѣдніе нужны для провѣрки точнаго мѣстоположенія точки, съ которой производится промѣръ глубины. Если имѣется не сколько барокъ, то, конечно, можно ихъ закрѣпить неподвижно, и тогда, опредѣливъ прямую линію надъ ними, можно производить промѣры, какъ на узкихъ рѣкахъ.

Очертаніе русла дастъ намъ величину живого сѣченія рѣки, и, когда будуть сдѣланы всѣ измѣренія и нанесены на разрѣзъ или профиль съ обозначенiemъ всѣхъ нужныхъ данныхъ: собственно рѣки, поймы, старорѣчьевъ и т. д., обозначаются горизонты высокихъ, низкихъ и межевыхъ водъ, а также высоту горизонта во время наблюдений.

Здѣсь надо сдѣлать не сколько поясненій. Подъ названиемъ поймы, какъ сказано было выше, разумѣются заливную часть пространства во

время высокихъ водъ. Старорѣчными называются мѣста, гдѣ рѣка проходила когда-то раньше. Меженными водами называютъ не средній горизонтъ между самымъ высокимъ и низкимъ, а горизонтъ воды въ обыкновенное или нормальное время, иначе говоря, тотъ горизонтъ воды, который стоитъ наибольшее количество дней въ году.

Какъ опредѣляются горизонты водъ, будеть приведено дальше. Здѣсь же мы укажемъ только, что промѣры глубины или живое сѣченіе рѣки опредѣляются въ трехъ мѣстахъ: одно по оси моста, другое выше нѣсколько и третье ниже моста. При разныхъ расчетахъ въ дальнѣйшемъ принимается средняя величина периметра русла или живого сѣченія рѣки.

42. Опредѣленіе состава и сопротивленія грунта.
Въ большинствѣ случаевъ составъ грунта опредѣляется, какъ извѣстно, посредствомъ буренія. Глубина буренія должна быть не менѣе 3 саж. ниже дна рѣки или значительно болѣе, въ зависимости отъ того, на какой глубинѣ лежитъ достаточно прочный грунтъ или материкъ. Составъ грунта намъ необходимо знать для того, чтобы имѣть возможность принять на него тотъ или другой грузъ.

Дѣло въ томъ, что намъ нельзя испытать сопротивленія грунта непосредственно на нужной глубинѣ и приходится прибѣгать къ особымъ эмпирическимъ формуламъ, выведеннымъ изъ опыта. Эти формулы находятся въ зависимости отъ состава грунта и глубины залеганія его.

Одинъ и тотъ же по составу грунтъ имѣеть при разномъ состояніи относительно сырости и при разной глубинѣ совершенно разное сопротивленіе, и при томъ непропорціональное этимъ величинамъ.

Такъ, напримѣръ, плотная глина, имѣющая на глубинѣ 1 саж. сопротивленіе 1,5 иуда на 1 кв. дюймъ, на глубинѣ 4 саж. имѣеть сопротивленіе 2,75 иуда. Въ виду этого весьма важно вывести формулы зависимости сопротивленія разныхъ грунтовъ отъ глубины. Къ сожалѣнію, до сихъ поръ вопросъ этотъ не получилъ удовлетворительного рѣшенія, такъ какъ представляетъ для своего рѣшенія весьма большія затрудненія. Это происходитъ отъ того, что намъ неизвѣстны многіе законы явлений сжимаемости и свойствъ тѣлъ въ разныхъ состояніяхъ. Такъ, напримѣръ, илистый грунтъ въ водѣ даже на глубинѣ 6 саж. имѣеть то же сопротивленіе, что на глубинѣ 2 саж.

Если означимъ черезъ q сопротивленіе грунта на 1 кв. д. основанія фундамента, черезъ a сопротивленіе такого грунта на

поверхности земли или на днѣ неглубокаго рва, черезъ b разность сопротивленія этого грунта на глубинѣ 1 саж. и у поверхности земли, и наконецъ черезъ e глубину заложенія фундамента, то для песка можно написать:

$$q = a + be^2$$

Для глины, въ то же время будетъ:

$$q = a + be.$$

Такъ, напримѣръ, если песчаный грунть имѣть на поверхности земли сопротивленіе 1 пудъ на кв. дюймъ, а на глубинѣ 2 саж. 1,2 пуда, то на глубинѣ 4 саж. сопротивленіе его будетъ:

$$q = 1,0 + 0,2 \times 4^2 = 1,0 + 3,2 = 4,2 \text{ пуда на 1 кв. д.}$$

Если то же сопротивленіе на поверхности земли даетъ глина, и если разность та же на одной сажени, то на глубинѣ 4 саж. сопротивленіе будетъ лишь:

$$q = 1,0 + 0,2 \times 4 = 1,8 \text{ пуда на 1 кв. дюймъ.}$$

Въ существующихъ мостахъ можно встрѣтить сопротивленіе, принятное равнымъ отъ 3 до 7 пудовъ на 1 кв. дюймъ.

43. Определеніе горизонтовъ воды и ледохода.

Обыкновенно принимаютъ только три горизонта водъ: высокій, меженій и низкій. Горизонтъ меженій водъ въ холодныхъ странахъ опредѣляется проще всего зимой по состоянію льда. Въ другихъ странахъ онъ опредѣляется изъ наблюденій въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ или изъ опроса мѣстныхъ людей.

При определеніи горизонта высокихъ водъ, а также времени ихъ существованія и зависимости ихъ отъ другихъ мѣстныхъ явлений, приходится пользоваться или показаніями мѣстныхъ жителей, или отыскивать слѣды, оставленные этимъ горизонтомъ при разливѣ на берегахъ или стволахъ деревьевъ. Вместо всего этого можно производить непосредственныя наблюденія въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ. Для производства этихъ наблюденій устанавливаются на берегу, въ защищенномъ отъ ледохода мѣстѣ, рейки на сваяхъ, забитыхъ хотя бы ручной бабой, и ежедневно во все время ледохода и вообще въ весеннее половодье отмѣчаются черезъ извѣстные промежутки времени (раза три въ день) положеніе горизонта льда и воды, до того времени, пока вода не начнетъ замѣтно спадать.

Одновременно съ этимъ должны быть отмѣчены начало и конецъ ледохода, толщина льдинъ, размѣры ихъ, крѣпость и примѣрная скорость.

Если окажется, что на рѣкѣ имѣются плотины, то слѣдуетъ собрать свѣдѣнія о горизонте воды во время спуска водь и во время прорыва плотинъ.

На первый взглядъ кажется, что опредѣленіе толщины льда и крѣпости его, опредѣленіе горизонта водь при спускѣ плотинъ и т. д. настолько несущественно, что едва ли эти обстоятельства нужно принимать во вниманіе при проектированіи мостовъ. Но если мы приведемъ нѣсколько примѣровъ разрушенія мостовъ исключительно отъ подобныхъ побочныхъ обстоятельствъ, то станутъ понятными причины необходимости съ ними считаться.

Инженеръ Лешала указываетъ на слѣдующіе случаи пролома мостовъ отъ ледохода: мостъ въ Нантѣ въ 1558 году; мостъ въ Блоа въ 1716 году; четыре арки моста въ Турѣ 1789 г.; три арки моста Инвалидовъ въ Парижѣ въ 1880 году. Цѣнной мостъ въ Туронѣ устоялъ въ 1841 году во время наводненія, благодаря тому, что плотина, служившая насыпью для аллеи моста, прорвалась. Тотъ же мостъ въ 1857 году былъ спасенъ водою только благодаря тому, что плотина устояла, а проходъ для воды у моста былъ недостаточенъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что при проектированіи моста слѣдуетъ принимать во вниманіе всѣ обстоятельства, могущія такъ или иначе имѣть вліяніе на устойчивость и прочность моста.

44. Скорость теченія воды. Скорость теченія воды въ рѣкѣ зависитъ отъ уклона русла рѣки, и потому, чѣмъ больше будетъ относительный уклонъ, тѣмъ теченіе будетъ быстрѣе. Очень важно иногда знать дѣйствительный уклонъ рѣки. Этотъ уклонъ можетъ быть опредѣленъ или на поверхности воды, или же по дну рѣки. Первый уклонъ опредѣляется непосредственнымъ измѣреніемъ въ данный моментъ уровня горизонта воды въ разныхъ точкахъ высоты теченія. Второй—измѣреніемъ глубины дна отъ тѣхъ же точекъ.

Надо однако сказать, что скорость теченія воды въ рѣкѣ не одинакова во всю ширину рѣки на одной и той же поперечной линіи; она больше въ срединѣ рѣки, чѣмъ у береговъ. Точно такъ же скорость мѣняется съ глубиной. Такъ что наибольшая скорость будетъ на поверхности воды и при томъ почти посерединѣ рѣки (рис. 82). Намъ самое важное знать количество протекаю-

шней въ данное время воды, а потому достаточно знать среднюю скорость, разъ живое съченіе рѣки извѣстно.

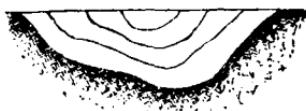


Рис. 82. Площади съ разными скоростями въ живомъ съченіи рѣки.

Разсмотримъ, какъ опредѣляется средняя скорость. Обозначимъ черезъ ω какую-нибудь элементарную площадь съченія рѣки (рис. 81) и черезъ v скорость въ этомъ мѣстѣ; тогда средняя скорость будетъ:

$$\Upsilon = \frac{\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \dots}{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots} = \frac{\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \dots}{W},$$

гдѣ W есть живое съченіе рѣки и равно $W = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \dots$

Такимъ образомъ для опредѣленія величины средней скорости надо опредѣлить скорость въ разныхъ съченіяхъ, что очень затруднительно. На практикѣ поэтому примѣняютъ другіе, болѣе удобные, способы, а именно: опредѣляютъ среднюю скорость по эмпирическимъ формуламъ въ зависимости отъ величины живого съченія, уклона рѣки и периметра дна; или по эмпирическимъ формуламъ, выражающимъ зависимость лишь отъ наибольшей скорости у поверхности, получаемой непосредственнымъ измѣненіемъ.

Мы приведемъ формулы только для второго способа, какъ наиболѣе простого.

По Гагену средняя скорость равна 0,857 наибольшей у поверхности, т. е. $\Upsilon = 0,857 v_0$. По Вейсбаху $\Upsilon = 0,837 v_0$. По Прони $\Upsilon = 0,8164 v_0$. Всѣ эти числа настолько близки другъ къ другу, что любое изъ нихъ можетъ быть примѣнено въ практикѣ.

Здѣсь кромѣ того приводимъ таблицу, показывающую зависимость скоростей въ разныхъ частяхъ съченія рѣки по вертикали, чтобы видѣть и сравнить ихъ по высотѣ или глубинѣ положенія. Скорость приведена въ дюймахъ.

Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость по вертикали.	Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость по вертикали.	Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость по вертикали.
	по дну.	по вертикали.		по дну.	по вертикали.		по дну.	по вертикали.
4	1	2,5	36	25	30,5	68	52,5	60,2
8	3,3	5,6	40	28,3	34,1	72	56,0	64,0
12	6	9	44	31,7	37,8	76	59,5	67,7
16	9	12,5	48	35,1	41,5	80	63,1	71,5
20	12	16	52	38,5	45,2	84	66,6	75,3
24	15	19,5	56	42	49	88	70,2	79,1
28	18,4	23,2	60	45,5	52,7	92	73,7	82,8
32	21,6	26,8	64	49	56,5	100	81,0	90,5

45. Непосредственное измѣреніе скорости. Непосредственное измѣреніе скорости на поверхности воды производится поплавкомъ, имѣющимъ видъ шара діаметромъ отъ 4 до 12 дюймовъ. Для точнаго измѣренія скорости выбираютъ прямой участокъ рѣки близъ предполагаемаго моста (рис. 83); разбиваются на берегу базу и провѣшиваются перпендикулярно къ ней три линіи AA_1 , CC_1 и BB_1 въ разстояніи до 40 саж. другъ отъ друга. Одинъ наблюдатель съ мензулой становится на линіи базы въ

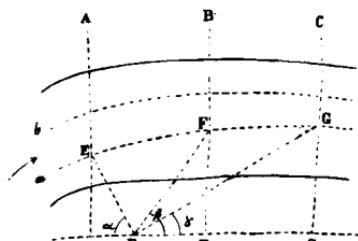


Рис. 83. Определение скорости воды на поверхности при помо- щи поплавка.

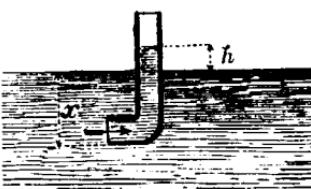


Рис. 84. Трубка Пито для определенія скорости на любой глубинѣ.

какой-либо точкѣ D . Другой выѣзжаетъ въ лодкѣ выше перпендикуляра AA_1 и пускаетъ поплавокъ на воду. Остальные же три съ секундными часами становятся въ точкѣ A , B и C , замѣчаютъ моментъ опускания поплавка и подаютъ сигналы наблюдателю въ точкѣ D , для нанесенія угловъ α , β и δ , когда поплавокъ будетъ

находиться на этихъ линіяхъ. Измѣривъ линіи AD, DB и DC, легко опредѣлить величины DE, DF и DG и вычислить самую скорость теченія въ 1 секунду въ футахъ или дюймахъ.

Для опредѣления скорости на извѣстной глубинѣ употребляютъ трубку Пито (рис. 84). Если обозначимъ черезъ h высоту столба воды въ трубкѣ надъ горизонтомъ, то скорость на глубинѣ x опредѣлится че-резъ $\Gamma_x = \mu \sqrt{2gh} \cdot \frac{f_2}{f_1}$, где f_2 площасть вертикального колѣна трубы; f_1 площасть вход-наго отверстія; μ коэффиці-ентъ, опредѣляемый для ка-ждой трубы особо.

Вместо трубы Пито мож-но употреблять вертушку Вольтмана, показанную на рис. 85. Скорость здѣсь опре-дѣлается по формулѣ $\Gamma = \alpha + \beta n$, где n число оборотовъ; α и β особые коэффиціенты, найденные при движеніи вертушки въ стоя-чей водѣ съ извѣстной скоростію.

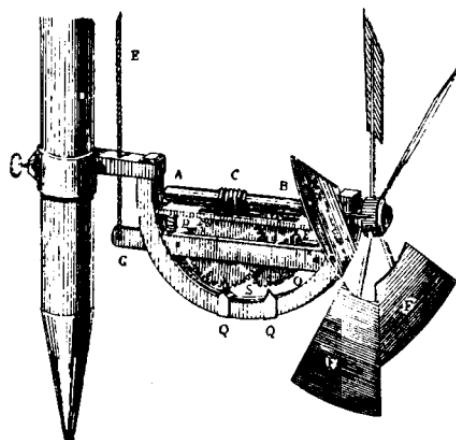


Рис. 85. Вертушка Вольтмана для той же цѣли, что и трубка Пито.

46. Собираніе побочныхъ свѣдѣній на мѣстѣ.

Мы уже говорили, что часто приходится принимать во вниманіе обстоятельства, не имѣющія повидимому прямого отношенія къ проектированію моста, но тѣмъ не менѣе имѣющія большое значеніе въ дальнѣйшемъ существованіи его. Таковы свѣдѣнія о времени вскрытия рѣки, о быстротѣ таянія снѣговъ, о количествѣ выпадающей при дождяхъ воды. Дѣло въ томъ, что эти явленія бываютъ неодинаковы для каждого года, и можетъ случиться, что при извѣстныхъ условіяхъ нашъ мостъ окажется недостаточно прочнымъ и способнымъ пропустить все количество воды, напри-мѣръ, при наводненіяхъ.

Въ виду сказанного надо знать количество выпадающей въ данной мѣстности дождевой воды вообще, такъ какъ можетъ случиться, что эта вода вся почти одновременно выпадеть въ данной мѣстности. Но если бы мы приняли во вниманіе всю эту воду и вздумали бы проектировать

нашъ мостъ и насыпь такъ, чтобы вся вода могла сразу же удалиться, то получили бы мостъ колоссальной длины и высоты. На самомъ же дѣлѣ, это можетъ быть совершенно излишне. Дѣло въ томъ, что многое зависитъ отъ свойствъ грунта и способности его поглощать воду. Опыты показали, что въ скалистомъ грунте мѣловой формациіи съ трещинами вся вода уходитъ въ грунть, а при растительной землѣ съ поверхности стекаетъ до 75% объема выпадающей воды. Испареніе воды въ средней полосѣ Европы бываетъ не болѣе 0,19 миллим. въ часъ. Между тѣмъ, наибольшее количество дождя, выпадающаго въ теченіе часа, равно до 8 миллим., а при ливнѣ доходитъ до 60 миллим. Къ счастію, ливни продолжаются не болѣе 1 часа, а съ дождемъ до 2 часовъ. По Кестлину къ мостамъ притекаетъ отъ 0,58 до 0,62 всего количества выпавшаго дождя въ зависимости отъ длины бассейна, считая послѣдній отъ 3,5 до 17 верстъ, но не болѣе.

Такимъ образомъ мы видимъ, что опредѣленіе бассейна рѣки можетъ потребоваться развѣ только при очень небольшой величинѣ послѣдняго.

II. Данныя для проектированія каменныхъ мостовъ.

47. Ширина каменныхъ мостовъ. Длина моста зависитъ отъ мѣстныхъ условій, но ширина моста, очевидно, будетъ уже въ зависимости отъ цѣли и назначенія моста.

Наименьшая ширина моста для пѣшеходовъ—это 5 футовъ. Для проѣзда одного экипажа наименьшая ширина 10 футовъ, а для двухъ экипажей 21 футъ.

Въ большихъ городахъ, гдѣ число жителей доходитъ до 1.000000, стараются придавать мосту такую ширину, чтобы одновременно могли разыѣхаться 3 пары извозчиковъ и два трамвая, что составить $10 \times 6 + 28,5 = 88,5$ фута или 12,6 сажени.

Вообще, ширину моста сообразуютъ съ величиной движенія по прилегаемымъ улицамъ. Въ случаѣ же мостъ окажется со временемъ узкимъ, строить недалеко другой.

Ширина мостовъ на правительственныхъ шоссейныхъ доро-гахъ опредѣляется шириной этихъ послѣднихъ.

Мосты желѣзодорожные (рис. 86) имѣютъ ширину при одной колеѣ не менѣе 16 футовъ, а при двухъ 28,5 фута.

Ширина тротуаровъ не бываетъ менѣе 2,5 футовъ или 1 аршина и обыкновенно равна 0,1 ширины моста для каждой стороны.

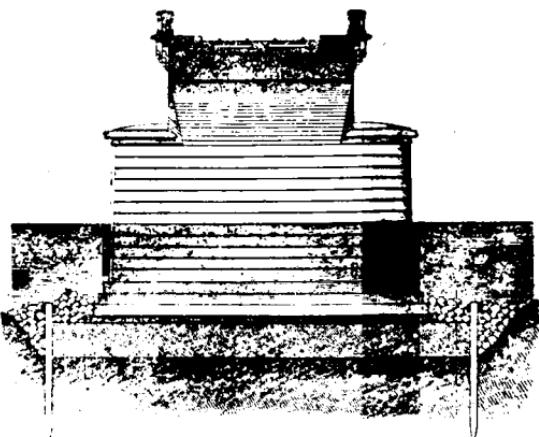


Рис. 86. Поперечный разрезъ желѣзодорожнаго моста.

48. Продольный и поперечный уклоны мостово-го полотна. Продольный уклонъ дѣлаютъ обыкновенно (если не бѣть особыхъ причинъ) не болѣе какъ въ 0,01 до 0,02 длины моста. При болѣе крутомъ уклонѣ въѣздъ на мостъ во время гололедицы затруднителенъ. Это, очевидно, не относится до странъ теплыхъ, и требованіе это вытекаетъ прямо изъ того, что желательно не увеличивать чрезмѣрно сопротивленіе мостовой и тѣмъ лишать возможности передвигать большой грузъ наравнѣ съ горизонтальной плоскостью.

При досчатомъ или асфальтовомъ настилѣ уклонъ долженъ быть менѣе, чѣмъ при торцовыхъ или булыжныхъ мостовыхъ.

Подъемъ дѣляется или по непрерывной кривой во всю длину, или въ видѣ ломанной линіи съ горизонтальными частями. Послѣднее дѣляется для того, чтобы не подымать чрезмѣрно среднюю часть длинныхъ мостовъ, а также для того, чтобы при длинныхъ мостахъ дать возможность лошадямъ передохнуть.

Если уклонъ образуется двумя прямыми наклонными, то въ срединѣ моста эти наклонные соединяются между собою кривой (обыкновенно параболой).

Что касается поперечного уклона или поперечной профиля мостового настила, то онъ бываетъ или вогнутымъ, или выпуклымъ, при чѣмъ въ обыкновенныхъ дорогахъ отъ 0,033 пролета для каменной мостовой и 0,017 для деревянной.

Тротуары также должны имѣть уклонъ до 0,01.

Если берега будуть достаточно высокими, то можетъ случиться, что никакого продольного уклона дѣлать не придется, и остается одинъ лишь поперечный уклонъ для отвода воды съ мостового настила и тротуаровъ.

Для желѣзодорожныхъ мостовъ желательно вовсе не имѣть продольныхъ уклоновъ, дабы не развивались небоцныя усиленія и дабы не приходилось напрасно тормозить поѣздъ, хотя бываютъ случаи, что избѣгнуть ихъ очень трудно, а потому, какъ исключеніе, допускаютъ уклонъ до 0,025.

49. Общее понятіе объ отверстіи моста. Въ большинствѣ случаевъ, когда строится мостъ, промежуточныя опоры или быки отнимаются у живого съченія рѣки часть площади (рис. 87), а следовательно, чтобы черезъ съченіе у моста могло

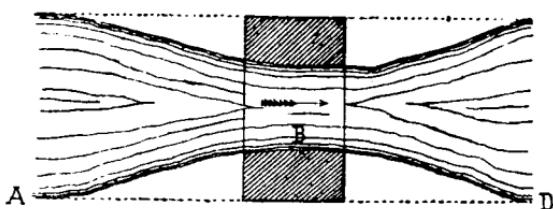


Рис. 87. Съженіе русла рѣки быками.

пройти то же количество воды, что прежде, вода должна передъ мостомъ подняться на такую высоту, что свободное отъ быковъ съченіе будетъ имѣть ту же площадь, что до постройки моста. Это возможно тогда, когда проѣзжая часть и сводъ моста будутъ на достаточной высотѣ отъ существовавшаго горизонта высокихъ водъ; въ противномъ случаѣ сводъ и проѣзжая часть моста образуютъ какъ-бы запруду, черезъ которую вода не въ состояніи вся пройти иначе, какъ переливаясь черезъ нее. Послѣднее не только лишаетъ мостъ его значенія, но и весьма опасно для устойчивости и прочности моста. Вотъ почему высота свода надъ уровнемъ воды не можетъ быть произвольной, такъ какъ одновременно требуется для дешевизны, чтобы высота была по возможности менѣе.

Иногда, впрочемъ, условія судоходства даютъ высоту вполнѣ достаточную для пропуска воды; но, тѣмъ не менѣе, пропѣрку достаточности слѣдуетъ всегда производить, если, конечно, не будетъ она очевидной.

Но кромъ всего этого съуженіе русла влечеть за собою увеличеніе скорости теченія (рис. 88), а это послѣднее можетъ повлечь за собою два нежелательныхъ послѣдствія: размываніе грунта на днѣ русла и препятствіе къ судоходству. Опытомъ доказано,

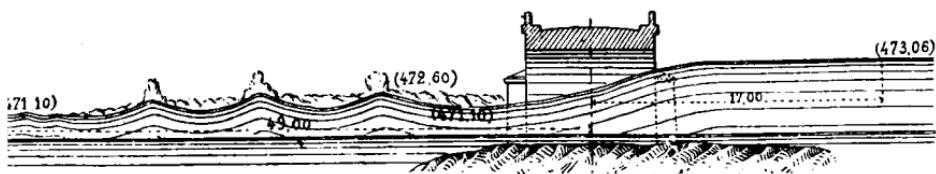


Рис. 88. Подъемъ воды передъ быками и быстрота теченія ниже быковъ.

что для судоходства предѣльное напеніе воды должно быть таково, чтобы предѣльная скорость, не превышала 1 метра въ секунду для движенія вверхъ нагруженныхъ судовъ, и 1,5 метра для движенія таковыхъ внизъ. Это конечно не позволить намъ дѣлать очень высокихъ мостовъ и очень большого количества быковъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что строитель моста будетъ всегда связанъ извѣстными рамками въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Поэтому, кромъ указанныхъ выше изысканій, потребуется при проектированіи моста изученіе свойствъ грунтовъ, лежащихъ ниже дна рѣки, а также влияніе на нихъ быстроты теченія воды.

50. Предѣльная скорость для устойчивости разныхъ грунтовъ. Не всѣ грунты могутъ перенести быстрое теченіе воды безъ того, чтобы эта вода не уносила частицы ихъ. Въ этомъ отношеніи грунты представляютъ большое разнообразіе, и при томъ не только въ зависимости отъ величины зеренъ ихъ составляющихъ, но также въ зависимости отъ глубины воды. Опытъ показалъ, что съ глубиной воды размываніе грунта (при той же скорости на днѣ) уменьшается. Это повидимому находится въ зависимости отъ разности въ плотности грунта на поверхности земли и подъ водой.

Мы приводимъ здѣсь таблицу, показывающую, при какой скорости начинаетъ размываться тотъ или другой грунтъ. Таблица эта почти одинаковая у трехъ наиболѣе извѣстныхъ авторовъ: Клоделя, Морандье и Дюбюа.

НАИМЕНОВАНИЕ ГРУНТОВЪ.	Скорости.	
	Метры въ секунду.	Футы въ секунду.
Глина непластичная на глубинѣ 2 саж.	0,15	0,5
Песокъ средній на той же глубинѣ	0,30	1,0
Гравій средній, зернами 1×1 дюймъ	0,60	2,0
Щебень размѣромъ 2×2 дюйма.	0,90	3,0
Булыжникъ мелкій до 3 вершковъ въ діаметрѣ .	1,20	4,0
Слоистый камень въ массѣ.	1,80	6,0
Сплошная порода въ массѣ	3,00	10,0

Но многія наблюденія, особенно на рѣкѣ Ронѣ, показали, что приведенные въ таблицѣ величины скоростей, при которыхъ начинается размываніе, ниже дѣйствительныхъ. Во многихъ рѣкахъ случайно наблюдалась скорость отъ 10 до 12 метровъ или отъ 32 до 39 футовъ въ секунду. При такой скорости по таблицамъ не можетъ устоять ни одинъ грунтъ, тогда какъ факты показываютъ другое. Объясняется это тѣмъ, что такая большая быстрота бываетъ рѣдко, въ исключительныхъ обстоятельствахъ, при чемъ продолжительность небольшая, а потому самое размываніе очень незначительно или совсѣмъ не существуетъ, не успѣвъ начаться.

Такъ при проектированіи моста черезъ Донъ у Ростова допущена скорость въ 9,75 фута, хотя грунтъ глинистый, но все же плотный. Это сдѣлано въ виду того, что на днѣ такая скорость бываетъ лишь на самое короткое время и не каждый годъ.

Такимъ образомъ, имѣя въ рукахъ всѣ указанныя данныя относительно величины бассейна, свойствъ грунтовъ, количества выпадающей воды во время дождя и ливня и т. д., можно рѣшить вопросъ о необходимой величинѣ мостовыхъ пролетовъ и высотѣ мостового свода.

На дѣлѣ это рѣшеніе будетъ однако очень гадательное и о правильности выводовъ у насъ не можетъ быть абсолютно никакой уверенности.

ности. По этому поводу говорить Лешала: «лучше оставаться въ невѣдѣніи о необходимости подобныхъ подсчетовъ, чѣмъ искать ложной увѣренности въ обманчивыхъ исчисленихъ», а Дюпюи пишетъ: «вопросъ о величинѣ прохода подъ мостомъ для воды находится въ области воображения и выдумки, области не имѣющей границъ».

Вотъ почему мы остановимся на этомъ вопросѣ недолго и приведемъ только нѣкоторыя соображенія и выводы на основаніи существующихъ мостовъ.

51. Определеніе величины отверстія моста. Приводя вышеуказанныя мнѣнія двухъ авторовъ, Эспиталье говоритъ: «тѣмъ не менѣе изъ этого не слѣдуетъ, что инженеръ долженъ поступать произвольно и ни чѣмъ не сообразоваться при проектированіи моста».

Понятно, что, если мы имѣемъ примѣръ моста, существующаго при тѣхъ же условіяхъ, какія у насъ, то не трудно спроектировать мостъ вполнѣ рационально. Въ большинствѣ, однако, случаевъ это бываетъ рѣдко и намъ приходится руководствоваться другими данными.

Прежде всего можно раздѣлить мосты на двѣ группы въ зависимости отъ вида береговъ: высокихъ и низкихъ.

Если берега высоки и при самыхъ большихъ половодьяхъ вода не выступаетъ изъ береговъ, то мостъ будетъ въ весьма хорошихъ условіяхъ и, наоборотъ, при низкихъ берегахъ, когда вода при половодьѣ разливается на обширное пространство, условія для постройки моста гораздо хуже.

Въ первомъ случаѣ разсчитать отверстіе моста довольно просто. Для этого опредѣляютъ наибольшій уровень воды, какой можетъ получиться при половодьѣ вслѣдствіе съуженія русла быками и устоями, и затѣмъ проектируютъ мостовой сводъ такъ, чтобы пяты свода лежали не ниже 3,5 фута отъ этого уровня, считая, что пята имѣть наклонъ къ горизонту не менѣе 30° . Иначе эту высоту слѣдуетъ брать отъ оборотныхъ пять, которыя, какъ известно, дѣлаются обыкновенно подъ такимъ угломъ. При этомъ высота въ замкѣ для свода въ нижней поверхности должна быть не менѣе 10 футовъ отъ указанного уровня.

Если перекрытие будетъ не арочное или сводчатое, а балочное, то высота 10 футовъ относится къ нижней плоскости перекрытия.

Совершенно иначе будетъ дѣло съ отверстіемъ мостовъ въ томъ случаѣ, когда берега будуть низки. Тутъ является вопросъ: какое количество воды долженъ пропустить мостъ? А кромѣ того другой: на какую высоту можно допустить подняться уровню, чтобы не принести ущерба окружающей мѣстности и не залить луга, поля или зданія? И наконецъ, вопросъ: на сколько можно допустить подъемъ воды при половодьѣ, чтобы водой не снесло нашей насыпи при подходѣ къ мосту и каковы должны быть отверстія въ этой насыпи, чтобы она могла стоять безопасно? Словомъ рѣшеніе значительно усложняется и намъ приходится ощущью найти наиболѣе рациональное изъ всѣхъ возможныхъ при данныхъ условіяхъ.

Самое простое было бы не дѣлать вовсе плотинъ въ видѣ насыпи, а замѣнять ихъ быками и сводами вплоть до того мѣста, куда можетъ дойти вода при половодьї. Но такое устройство можетъ очень сильно удорожить весь мостъ, почему не всегда примѣнимо.

Бывали примѣры, когда дѣлали подступину къ мосту плотину или насыпь на столько низкой, что вода могла при высокомъ половодьѣ подняться выше и переливаться черезъ плотину. Это можетъ на время задержать движение по мосту, но все же счасти отъ прорыва плотины.

Часто вода, проходящая подъ насыпью черезъ сдѣланныя въ ней отверстія и трубы, промывала грунтъ на такую глубину, что образовались рѣтвины, повлекшія за собою обвалъ всей насыпи и размытъ ея на значительномъ пространствѣ.

Такимъ образомъ строителю приходится очень осторожно выбирать тотъ или другой проектъ моста, годный для данной мѣстности и по цѣнѣ наиболѣе дешевый.

При судоходныхъ рѣкахъ кромѣ того наблюдаются, чтобы высота свода въ замкѣ никакѣ не была менѣе 14 футовъ отъ уровня высокихъ водъ, хотя для несудоходныхъ нужно всего 10 футовъ. Эта послѣдняя высота дѣлается для того, чтобы плавающіе на водѣ предметы: какъ бревна, лодки, ледъ и т. д. не ударялись о сводъ и не образовали заторовъ.

Говоря объ отверстіи въ мостахъ, нельзя не указать на то, что при рѣкахъ, гдѣ судоходство производится посредствомъ тяги на канатахъ съ берегу, необходимо хотя бы у одного устоя со стороны воды дѣлать, такъ называемый, бичевникъ или тропинку, шириной не менѣе 7 футовъ. Тропинка эта поддерживается или особой стѣнкой, или же откосомъ, покрытымъ камнями (рис. 57 и 89).

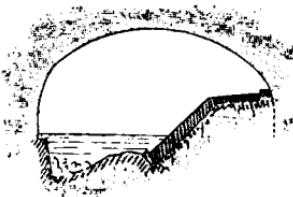


Рис. 89. Устройство бичевника возлѣ устоевъ.

52. Нагрузка на каменные мосты. Нагрузка на каменные мосты можетъ быть раздѣлена на постоянную и временную или подвижную, такъ какъ постоянная нагрузка всегда остается на одномъ и томъ же мѣстѣ. При этомъ постоянная нагрузка можетъ быть или отъ вѣса пролетной части, т. е. свода, или отъ проѣзжей. Въ то время какъ нагрузка отъ последней можетъ быть во всѣхъ мостахъ одинаковой, отъ первой увеличивается съ толщиной свода, а следовательно, съ величиной пролета.

Поэтому постоянный грузъ точно можетъ быть полученъ только по окончаніи разсчета прочности, а до этого его берутъ приблизительно изъ объема кладки, въ зависимости отъ того, какая будетъ назначена толщина свода, на основаніи эмпирическихъ формулъ, приводимыхъ ниже.

Что же касается временного груза, то его принимаютъ равнымъ для желѣзныхъ дорогъ въ 5600 килгр. на 1 кв. метръ или 1540 пуд. на 1 кв. сажень проѣзжей части.

Для обыкновенныхъ проѣзжихъ дорогъ принимаютъ 800 килограммовъ на 1 кв. метръ или 220 пудовъ на 1 кв. саж.

Но такъ какъ разсчетъ устойчивости и прочности не легко можетъ быть сдѣланъ съ подвижными грузами, то слѣдуетъ указать, какъ замѣняется приведенный грузъ постояннымъ, ему равнозначущимъ или эквивалентнымъ.

Для этого въ обыкновенныхъ дорогахъ принимаютъ вмѣсто подвижного груза постоянный, равный 560 килогр. на 1 кв. метръ или 3 пудамъ на 1 кв. футъ или 154 пудамъ на 1 кв. саж.; но считаются его лишь съ одной стороны, оставляя другую безъ временной нагрузки, т. е. только съ постоянной.

Для желѣзодорожныхъ мостовъ при тѣхъ же условіяхъ принимаютъ на 1 кв. метръ 2000 килгр. или 550 пуд. на 1 кв. саж., полагая, что разстояніе между рельсами нормальное и указанное выше. Иначе необходимо пользоваться таблицей приводимой здѣсь и показывающей высоту временной нагрузки въ метрахъ (3,28 ф.), принимаемой для односторонней загрузки при расчетѣ устойчивости и прочности мостовъ.

РОДЪ СООРУЖЕНИЯ.	Пролетъ въ метрахъ.	Высота временной нагрузки въ метр. для сводовъ изъ:	
		Кирпича. Весь куб. метра 1,8 тонны.	Изъ камня или бетона. Весь куб. метра 2,3 тонны.
Мосты подъ главныя же- лѣзныя дороги при наиболь- шемъ давленіи на колесо, 8,5 тоннъ.	0—18	1,50	1,20
	18—36	1,35	1,02
	36—72	1,10	0,85
Мосты подъ главныя же- лѣзныя дороги при наиболь- шемъ давленіи на колесо 7 тоннъ.	0—12	1,40	1,10
	12—24	1,20	0,94
	24—48	0,90	0,70
Мосты подъ второстепен- ныя желѣзныя дороги.	0—10	1,00	0,78
	10—20	0,82	0,64
	20—40	0,64	0,50
Мосты подъ шоссейную дорогу.	0—10	0,56	0,44
	10—20	0,44	0,34
	20—40	0,32	0,24
Пѣшѣходныя мосты.	всѣ	0,32	0,24

53. Допускаемыя напряженія. Величина сопротив-
ленія материаловъ и грунтовъ весьма различна и весьма трудно
указать сопротивленіе всѣхъ изъ нихъ. Мы здѣсь ограничимся
только указаніемъ на наиболѣе употребительные и потому каждый
разъ, когда встрѣтится материалъ или грунтъ, свойства и сопротивле-
ніе которыхъ намъ неизвѣстны, необходимо произвести испы-
таніе.

СОПРОТИВЛЕНИЕ КЛАДКИ.

НАИМЕНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА.	Килогр. на кв. см.	Пуды на кв. дюймъ.
	до	до
Тесовая кладка изъ грубо-колотаго гранита . . .	25	10
Тоже изъ песчаника	7	2,75
Бутовая кладка на цем. растворѣ.	10	4
> > известк. растворѣ	5	2
Кирпичная (клинкеръ) на цем. растворѣ.	25	10
Изъ отборнаго кирпича на цем. растворѣ.	12	4,75
Обыкновен. кирпич. кл. на цем. растворѣ.	10	4
> > на извест. растворѣ	7	2,75
Хорошо трамб. бетонъ (устои)	15	6,0
Бетонъ для сводовъ, тщательно изготовлен.	30	12
Бетонная кладка стѣнъ и фундаментовъ.	10	4
Бетонъ въ трубахъ (трамбованный)	6,25	2,4

Во всѣхъ случаяхъ, когда получается напряженіе выше приведенныхъ цифръ, материалъ подлежитъ изслѣдованию, тѣмъ болѣе, что многіе естественные камни обладаютъ, какъ мы видѣли, значительно большимъ сопротивленіемъ, да и въ практикѣ существуютъ такие мосты, гдѣ напряженія больше, чѣмъ показано.

Допускаемыя давленія на естественный грунтъ.

НАИМЕНОВАНИЕ ГРУНТА.	Килограммы на кв. сантим.	Пуды на кв. дюймъ.
Жидкій илистый грунтъ	0	0
Мягкій, выпучивающійся	0,25	0,1
Мягкій, но не пучащийся	0,5	0,2
Слабый глинистый и плавучій	1,0	0,4
Наносный песокъ въ водѣ	1,2	0,48
Влажная глина и мокрый песокъ	1,5	0,6
Песчаный и глинистый грунты (влажные)	2,5	1,0
Плотный грунтъ: глина, песокъ, гравій	3,5	1,4
Плотно слежавшійся песокъ и глина	5	2,0
Плотно слежавшійся крупный песокъ и гравій.	8	3,2
Очень твердый глинистый грунтъ съ камнами . .	12	4,8
Каменистый грунтъ слабой породы	5	2,0
> > средней твердости.	7,5	3,0
Известникъ и песчаникъ	20	8,0
Граниты и др.	80	32,0

Допускаемое давление на глину и песокъ при кесонныхъ основаніяхъ.

НАИМЕНОВАНИЕ ГРУНТА.	Килогр. на кв. см.	Пуды на кв. дюймъ.
При глубинѣ заложенія отъ 6 до 8 саж.	11	4,33
Литейный (Александровскій) мостъ черезъ Неву .	15	5,9
Троицкій черезъ Неву при глубинѣ 11 саж. . . .	11,8	4,7
Охтенскій мостъ (быки) при глубинѣ 11 саж. . .	9,6	3,78
Тоже Охтенскій (устой)	10,8	4,3

III. Проектированіе каменныхъ мостовъ.

54. Число точекъ опоры. Разъ мѣсто для постройки моста выбрано и всѣ изысканія сдѣланы, можно приступить къ проектированію моста. Прежде всего опредѣляютъ число опоръ или быковъ. Здѣсь надо имѣть въ виду необходимость дѣлать пролеты по возможности больше для свободы прохода воды, но въ то же время, чтобы стоимость моста не была очень высока.

Если бы стоимость каменной кладки была пропорціональна количеству кладки, то вопросъ о рациональномъ количествѣ опоръ разссѣвался довольно просто. Къ сожалѣнію опись показала, что цѣна кладки за единицу объема быстро увеличивается съ величиной пролета, при чмъ увеличивается толщина свода во всю длину моста. Съ другой стороны кладка фундаментовъ можетъ иногда быть значительно дороже кладки сводовъ. Тогда, очевидно, выгоднѣе дѣлать, какъ можно меньше опоръ. Такимъ образомъ строителю приходится въ каждомъ данимъ случаѣ сообразоваться съ мѣстными условіями даже въ выборѣ количества опоръ.

Иногда, исходя изъ желанія архитектурной обработки моста, стараются ширину и высоту дѣлать въ извѣстной пропорціи. Такъ, часто примѣняли отношеніе 1:2 или 1:3 для ширины пролета и высоты стрѣлки свода. Но намъ кажется, что это настолько условно и такъ мало основательно, что является совер-

шенно излишнимъ. Всякая рациональная конструкція всегда будеть обладать красотой, такъ какъ не будеть въ ней элементовъ неспокойныхъ и нереальныхъ.

Зная число опоръ, а слѣдовательно, величину пролетовъ, мы можемъ приблизительно назначить, какъ толщину сводовъ, такъ и размѣры быковъ и устоевъ.

Иногда для увеличенія числа опоръ бываетъ выгодно углубить русло рѣки у моста на столько, что никакого подъема воды не будетъ т. е. углубить русло на величину подъема отъ съуженія рѣки быками. Но, очевидно, это углубленіе не можетъ быть у самыхъ только быковъ, а должно быть начато выше быковъ и ниже ихъ. Опытъ показалъ, что разстояніе, на которомъ должно начаться углубленіе и оканчиваться, достаточно въ 30 саж. въ каждую сторону. Иногда углубляютъ только подъ среднимъ пролетомъ, какъ показано на рис. 90, но часто и подъ другими.

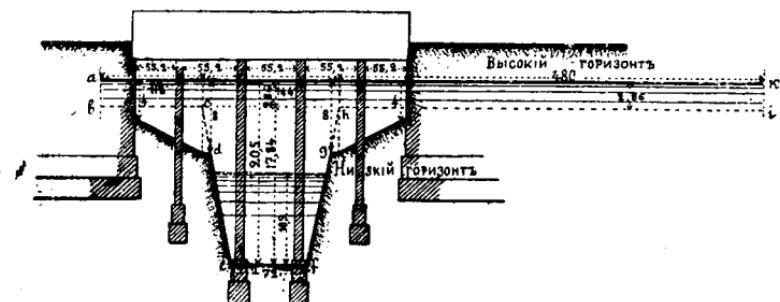


Рис. 90. Углубленіе русла искусственно для уменьшенія подъема воды отъ съуженія русла.

Само собой понятно, что это углубленіе будетъ заноситься землей и пескомъ, а потому его слѣдуетъ или очищать время отъ времени, или же дѣлать тамъ, где грунтъ неподвижный.

Вмѣсто того, чтобы углублять русло рѣки, иногда предпочтительнѣе расширить его или углубить не среднюю часть, а бока.

Такимъ образомъ мы видимъ, что строителю предоставляется возможность, не подымая высоты обычного уровня воды, увеличивать живое сѣченіе рѣки на величину, занятую быками.

Возьмемъ теперь частный примѣръ. Пусть требуется спроектировать мостъ, въ которомъ быки приблизительно отнимутъ двадцатую часть живого сѣченія. Если средняя глубина рѣки была 30 ф., то въ предѣлахъ тѣхъ же береговъ уровень подымется на 1,5 фута, что конечно можно допустить.

Затѣмъ, имѣя въ виду, что пяты свода должны быть на 3,5 фута выше уровня высокихъ водъ, получимъ, что эти пяты отъ существующаго горизонта высокихъ водъ должны быть на высотѣ $3,5 + 1,5 = 5$ футовъ. Слѣдовательно, въ зависимости отъ горизонтовъ воды высота будетъ найдена. Нужно провѣрить, что эта высота годится по отношенію уклона дороги и по отношенію къ судоходству.

55. Толщина свода въ каменныхъ мостахъ. Толщина сводовъ въ каменныхъ мостахъ имѣть громадное значеніе, такъ какъ вліяетъ не только на стоимость моста, но и на его форму и высоту. Дѣло въ томъ, что, чѣмъ толще сводъ, тѣмъ онъ тяжелѣе и тѣмъ больше распоръ свода. Отсюда въ прямой зависимости отъ толщины свода будетъ толщина устоевъ и быковъ, а слѣдовательно, и величина пролетовъ. Вотъ почему стараются дать своду по возможности меньшую толщину, но такъ, чтобы это уменьшеніе не было въ ущербъ прочности и устойчивости.

Чтобы точно разсчитать мостъ, необходимо сначала спроектировать его и дать своду толщину, хотя бы приблизительную, и уже затѣмъ измѣнить эту толщину въ зависимости отъ данныхъ разсчета. Весьма важно, поѣтому, на основаніи практики назначать толщину до разсчета по возможности все же точную. Мы приводимъ наиболѣе простыя формулы, выражающія толщину (приблизительно конечно) сводовъ въ мостахъ разнаго вида и назначенія.

Толщина въ замкѣ въ метрахъ.

R =радіусъ круга, проходящаго черезъ шалыгу и начало свода.

Отношеніе стрѣлы къ пролету.	Толщина въ замкѣ у мостовъ обыкновенныхъ дорогъ.	Толщина въ замкѣ у мостовъ желѣзныхъ дорогъ.
до		
$\frac{1}{4}$	$0,15 + 0,15 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$	$0,20 + 0,17 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$
$\frac{1}{6}$	$0,15 + 0,14 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$	$0,20 + 0,16 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$
$\frac{1}{8}$	$0,15 + 0,13 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$	$0,20 + 0,15 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$
$\frac{1}{10}$	$1,15 + 0,12 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$	$0,20 + 0,14 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$
$\frac{1}{12}$	$0,15 + 0,11 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$	$0,20 + 0,13 \sqrt{\frac{2R}{2R}}$

Таблица эта принадлежитъ инженеру Croizette—Desnoyers.

Существует масса другихъ формулъ разныхъ авторовъ. Мы не приводимъ ихъ, считая излишними и сложными, тогда какъ эти формулы очень просты и легко запоминаются.

Къ сожалѣнію въ приведенныхъ формулъ вовсе не входитъ величина сопротивленія матеріала, какъ будто толщина безразлична: будетъ ли сводъ изъ слабаго кирпича или изъ самаго твердаго гранита. Само собой понятно, что это не такъ, и сводъ можетъ быть тѣмъ тоньше, чѣмъ сопротивленіе матеріала больше. Поэтому мы приведемъ формулу, показывающую зависимость толщины свода и отъ величины сопротивленія.

Обозначимъ черезъ e искомую толщину свода въ замкѣ; черезъ M величину, полученную по формуламъ таблицы, только что приведенной; черезъ k прочное сопротивленіе матеріала, изъ котораго будетъ сложенъ сводъ (въ килогр. на 1 кв. см.).

Тогда искомая толщина выразится черезъ уравненіе:

$$e = \frac{15M}{k}.$$

Приимѣръ I. Мостъ Адольфа въ Люксембургѣ имѣеть пролетъ 84,65 метра и отношение стрѣлы къ пролету больше $\frac{1}{4}$. Радіусъ $R=43$ метра, таѣмъ что

$$M = 0,15 + 0,15 \sqrt{86} = 1,54 \text{ метра.}$$

Прочное сопротивленіе матеріала принято 17 килогр. на 1 кв. см., слѣдовательно, толщина свода въ замкѣ должна быть:

$$e = \frac{15M}{17} = \frac{1,54 \times 15}{17} = 1,4 \text{ метра.}$$

Въ натурѣ сдѣлано 1,44 метра.

Мостъ въ Мундеркингѣ, о которомъ говорилось подробно выше, имѣеть отношение стрѣлы къ пролету равное $\frac{1}{10}$. Радіусъ $R=150$ метровъ. Слѣдовательно, величина M будетъ равна:

$$M = 0,15 + 0,12 \sqrt{300} = 2,23 \text{ метра,}$$

а потому толщина свода въ замкѣ не должна быть менѣе:

$$e = \frac{2,23 \times 15}{38} = 0,88 \text{ метра,}$$

при принятомъ прочномъ сопротивленіи матеріала въ 38 килогр. на 1 кв. см. Въ натурѣ толщина взята въ 1,00 метръ.

Изъ всего изложенного видно, что приведенная таблица отно-

сится къ материалу съ прочнымъ сопротивлениемъ 15 килогр. на 1 кв. см. или 6 пудовъ на кв. дюймъ.

Что касается толщины сводовъ въ пятахъ, то она опредѣляется довольно просто, когда будетъ известна толщина въ замкѣ. Примѣрные подсчеты показали, что для арки или свода, въ которыхъ желательно имѣть одинаковое напряженіе материала, какъ въ замкѣ, такъ и въ пятахъ, толщина въ послѣднихъ должна быть:

Отношеніе стрѣлки къ пролету	$1/2$	$1/4$	$1/6$	$1/8$	$1/12$
$\kappa =$	$2e$	$1,8e$	$1,4e$	$1,2e$	$1,1e$

Здѣсь e обозначаетъ толщину въ замкѣ, найденную по предыдущему, κ толщину въ пятахъ (или вѣрнѣе въ швѣ излома).

Когда пологость свода больше, чѣмъ при отношеніи $1 : 4$, то шовъ излома всегда будетъ въ пятахъ. Замѣтимъ, кстати, что самый толстый сводъ у моста до сихъ порь былъ $1/17$ пролета, и то только для опыта.

56. Толщина быковъ. Совершенно такъ же, какъ при проектированіи сводовъ, весьма важно знать до разсчета приблизительную толщину быковъ.

Обыкновенно для этого берутъ толщину равной $1/6 - 1/8$ пролета. Но это опредѣленіе даетъ величину иногда очень далекую отъ истинной. Поэтому мы приведемъ другое, болѣе точное опредѣленіе, толщины быковъ.

Прежде всего укажемъ на то, что толщина быковъ и устоевъ зависитъ не только отъ величины пролета, но и отъ высоты самихъ быковъ и устоевъ. Если бы быки были очень невысоки и не происходило продольного изгиба, то, зная весь грузъ моста или отдельныхъ сводовъ, можно бы раздѣлить его на прочное сопротивленіе материала и получить площадь поперечнаго сѣченія быка, когда равнодѣйствующая сила пойдетъ по вертикали. Но такъ какъ быки обыкновенно бываютъ значительной высоты, то продольный изгибъ почти всегда имѣеть мѣсто.

Зная величину уменьшенія сопротивленія быковъ съ высотой (хотя бы по таблицамъ Рондле), можемъ всегда найти под-

ходящее значение толщины быка, такъ какъ длина его дается по ширинѣ моста.

Но кромѣ этого, быкъ можетъ оказаться подверженнымъ неравномѣрному сжатію, не смотря на то, что оба свода равнаго размѣра и даютъ равнодѣйствующую по вертикали. Дѣло въ томъ, что высокіе быки акведуковъ или мостовъ подвержены давленію отъ вѣтра, который дѣйствуетъ почти горизонтально, а следова-тельно, если акведукъ или мостъ очень узокъ, то мостъ можетъ опрокинуться или по меньшей мѣрѣ кладка быковъ будетъ под-вержена неравномѣрному давленію по длинѣ быка.

Въ зависимости отъ этихъ обстоятельствъ толщина быка трудно поддается точному опредѣленію безъ специального разсчета. Мы можемъ ограничиться приведенными приближеніями, такъ какъ въ томъ случаѣ, когда при разсчетѣ окажется, что взятая толщина недостаточна, можно быкъ уширить книзу и придать ему форму равнаго сопротивленія. Точно такое же уширеніе можно дѣлать въ головахъ быковъ. Вообще же тол-щину быковъ дѣлаютъ не менѣе $\frac{1}{10}$ части высоты.

Что же касается того случая, когда распоры двухъ смежныхъ сводовъ неодинаковы и линія давленія уклоняется отъ вертикали, то въ этомъ случаѣ слѣдуетъ руководствоваться сказаннымъ ниже обѣ устояхъ и ихъ толщинѣ.

57. Толщина устоевъ. Въ каменныхъ мостахъ устой подверженъ отъ сводовъ односторонней нагрузкѣ, тогда какъ съ другой стороны на него напираетъ земля. Практика показала, что толщину устоя у его основанія или у поверхности грунта можно опредѣлить довольно легко и просто. Мы приводимъ формулу, при-надлежащую Дюбоску:

$$c = 0,3 + \frac{l}{8} \left(\frac{3l - f}{l - f} \right) + 0,17h,$$

гдѣ всѣ величины взяты въ метрахъ и обозначаютъ: c толщину устоя, l пролетъ; h высоту устоя отъ пять свода до грунта или основанія устоя; f стрѣлу подъема свода.

Формула эта относится только къ устою съ прямоугольнымъ сѣченіемъ. Очевидно, что при устояхъ съ обратными стѣнками толщина при небольшой ширинѣ моста будетъ несолько меньше. Но для устоевъ съ откосными крыльями толщина эта сохраняется, при чмъ самыя откосныя стѣнки разсчитываются на устойчи-вость по отношенію къ напору земли, какъ въ обыкновенныхъ подпорныхъ стѣнкахъ.

58. Спеціальнія правила проектированія мостовъ. Проекты мостовыхъ сооруженій, представляемые на утвержденіе подлежащихъ центральныхъ установлений Министерства Путей Сообщенія, разрѣшаются въ пикеслѣдующихъ случаяхъ, во избѣжаніе замедленій въ производствѣ работъ по постройкѣ новыхъ мостовъ, вносить на предварительное разсмотрѣніе означенныхъ установлений въ видѣ эскизныхъ проектовъ, разработанныхъ въ подлежащемъ числѣ варіантовъ, а именно:

1) во всѣхъ случаяхъ, когда выборъ наиболѣе цѣлесообразнаго рѣшенія въ отношеніи какъ общаго расположенія моста, такъ и числа и величины его пролетовъ, представляется затруднительнымъ по мѣстнымъ условіямъ;

2) при устройствѣ мостовъ черезъ судоходныя и сплавныя рѣки, а также при расположеніи мостовъ въ предѣлахъ города;

3) когда проектируемый мостъ представляетъ собою новую систему, не получившую распространенія.

Эскизные проекты мостовъ должны быть составлены, имѣя въ виду указанія относительно проектированія и устройства мостовъ, преподанныя въ главѣ I отд. IV Свода распоряженій Министерства Путей Сообщенія по службѣ пути, а также и въ другихъ дѣйствующихъ правилахъ, опубликованныхъ къ руководству для учрежденій, сему Министерству подвѣдомственныхъ; въ частности при проектированіи мостовъ черезъ судоходныя и сплавныя рѣки, надлежитъ руководствоваться общими условіями, указанными въ утвержденномъ Господиномъ Министромъ Путей Сообщенія циркулярѣ бывшаго Департамента шоссейныхъ и водяныхъ сообщеній, опубликованномъ въ «Вѣстнікѣ Министерства Путей Сообщенія» за 1897 г. № 39.

Къ эскизнымъ проектамъ мостовыхъ сооруженій должны быть приложены:

а) пояснительная записка съ разсчетомъ мостового отверстія и съ изложеніемъ всѣхъ тѣхъ соображеній, которыя послужили для проектированія общаго расположенія моста и назначенія его пролетовъ;

б) планъ русла и долины рѣки на возможно большомъ протяженіи вверхъ и внизъ по течению, а именно: или не менѣе удвоенной ширины поймы въ рассматриваемомъ мѣстѣ или 5-кратной ширины коренного русла и, во всякомъ случаѣ, не менѣе одной версты, съ показаніемъ на семъ планѣ: линій наибольшихъ глубинъ, направлений главныхъ струй, теченія высокихъ водъ, уклоновъ главного русла и поймы, линій судовыхъ и плотовыхъ ходовъ и весеннихъ протоковъ и границъ разлива при самомъ высокомъ горизонѣ водъ;

в) свѣдѣнія о мостахъ, существующихъ на данной рѣкѣ выше и ниже проектируемаго, а также о расположенныхъ на рѣкѣ плотинахъ, съ оцѣнкой ихъ возможнаго вліянія на устойчивость проектируемаго моста;

г) продольные профили перехода по всѣмъ варіантамъ, съ примѣрнымъ подсчетомъ стоимости сооруженія моста по каждому изъ сихъ варіантовъ;

- д) геологический разрѣзъ русла рѣки въ предѣлахъ проектируемаго моста;
- е) проекты струенаправляющихъ и струеводныхъ сооруженій, а также укрѣпленія русель и конусовъ у опоръ;
- ж) отзывы мѣстнаго Округа путей сообщенія относительно удовлетворенія требованіямъ судоходства или сплава;
- з) проекты опоръ моста съ показаніемъ способа устройства ихъ оснований, при чемъ, въ случаѣ надобности, система оснований должна быть разработана въ надлежащемъ числѣ варіантовъ, съ подсчетомъ ихъ сравнительной стоимости. Къ разсчету опоръ должны быть приложены чертежи кривыхъ давлений съ опредѣленіемъ наибольшаго давленія на грунтъ.

Въ разсчетъ устойчивости опоръ должны быть введены дополнительныя усилія отъ торможенія поѣздовъ, при чемъ устойчивость опоръ должна быть опредѣлена съ принятіемъ во вниманіе потери вѣса отъ погруженія опоръ въ воду и безъ означенной потери.

При опредѣленіи усилія отъ торможенія поѣздовъ, коефиціентъ сцѣпленія колесъ съ рельсами принимаются въ $\frac{1}{5}$, а число тормозныхъ осей въ поѣздѣ принимается равнымъ половинѣ всего числа осей въ поѣздѣ.

и) Эскизный проектъ пролетнаго строенія моста, въ составѣ а) эскизныхъ чертежей фасада, плана и поперечныхъ разрѣзовъ съ показаніемъ сѣченій главнѣйшихъ частей, б) пояснительной записки съ разсчетами, необходимыми для сужденія о возможности примѣненія данной системы, и в) приблизительного подсчета вѣса.

IV. Разсчетъ каменныхъ мостовъ.

59. Общее понятіе о разсчетѣ мостовъ. Мостовые своды по своему разсчету отличаются отъ обыкновенныхъ гражданскихъ только тѣмъ, что при опредѣленіи діаграммы нагрузки приходится принимать во вниманіе нагрузку временную, и при томъ съ одной стороны, считая отъ замка къ пятамъ. Это дѣлается потому, что примѣрные подсчеты и теорія показываютъ, что самымъ невыгоднымъ состояніемъ для устойчивости свода будетъ то, при которомъ временная нагрузка въ полной мѣрѣ оказывается лишь на одной половинѣ свода. Очевидно, что такое состояніе дѣйствительно можетъ имѣть мѣсто въ практикѣ, а потому здѣсь не дѣлается никакихъ необычайныхъ предположеній. Во всемъ остальномъ при построеніи діаграммы нагрузки руковод-

ствуются тѣми же правилами, какія были изложены въ теоріи устойчивости и прочности сводовъ гражданскихъ сооруженій.

Ниже во второй части мостовъ мы увидимъ, что при раз-
счетѣ желѣзныхъ и деревянныхъ мостовыхъ фермъ нельзя будетъ по-
ступать какъ въ гражданскихъ сооруженіяхъ, а приходится принимать
во вниманіе еще напряженія, могущія явиться слѣдствіемъ торможенія
поѣздовъ, если мостъ приходится подъ желѣзную дорогу. При камен-
ныхъ же мостахъ это усиленіе отъ торможенія не принимается вовсе во
вниманіе и только потому, что вѣсъ самого мостового свода сравнительно
съ временнымъ усиленіемъ отъ торможенія весьма значительный, и послѣд-
нее усиленіе, введенное въ разсчетъ, очень мало измѣнитъ результаты раз-
счета, тогда какъ при фермахъ распределеніе усилий измѣняется очень
значительно величину напряженій въ разныхъ частяхъ ихъ. Все это
объясняется тѣмъ, что каменный сводъ представляетъ изъ себя сплошную
массу значительного вѣса, имѣющую сверху значительный балластъ и
потому распредѣляющій весь грузъ почти равномерно на всю ширину и
даже длину моста.

При разсчетѣ мостового свода или арки можетъ быть два случая:
одинъ, когда мостъ будетъ довольно пологій и шовъ излома явно
лежитъ въ пятахъ, и другой, когда мостъ близко подходитъ къ
полукружности по формѣ и шовъ излома выше пять. Мы раз-
смотримъ оба случая отдельно.

60. Разсчетъ мостовой арки, когда шовъ излома выше пять. Такъ какъ діаграмма нагрузки будетъ всегда не-
симметричной относительно средины или оси моста, то разсчетъ
производится совершенно такъ, какъ вообще въ несимметричной
аркѣ, т. е. опредѣляютъ линію давленія, проходящую черезъ три
данныя точки, взятыя на средней трети толщины арки. Тогда мы
получимъ одновременно какъ величину распора, такъ и величину
равнодѣйствующихъ относительно опоръ.

Поэтому при разсчетѣ поступаемъ такъ: (рис. 91) дѣлимъ,
стѣдовательно, послѣ построенія діаграммы нагрузки арку верти-
кальными плоскостями на элементы, при чмъ вѣсъ элементовъ
пропорціоналенъ среднимъ высотамъ діаграммы. Эти высоты, въ
томъ же масштабѣ, что на разрѣзѣ или въ уменьшенномъ пропор-
ціонально, переносимъ на планъ силь и строимъ на данныхъ
грузахъ произвольный веревочный многоугольникъ, но произвольно
взятыму полюсу, а затѣмъ находимъ истинный полюсъ для вере-
вочной кривой, проходящей черезъ данные три точки *a*, *c*, *b*,

какъ изложено подробнѣ въ курсѣ графической статики и строительной механики.

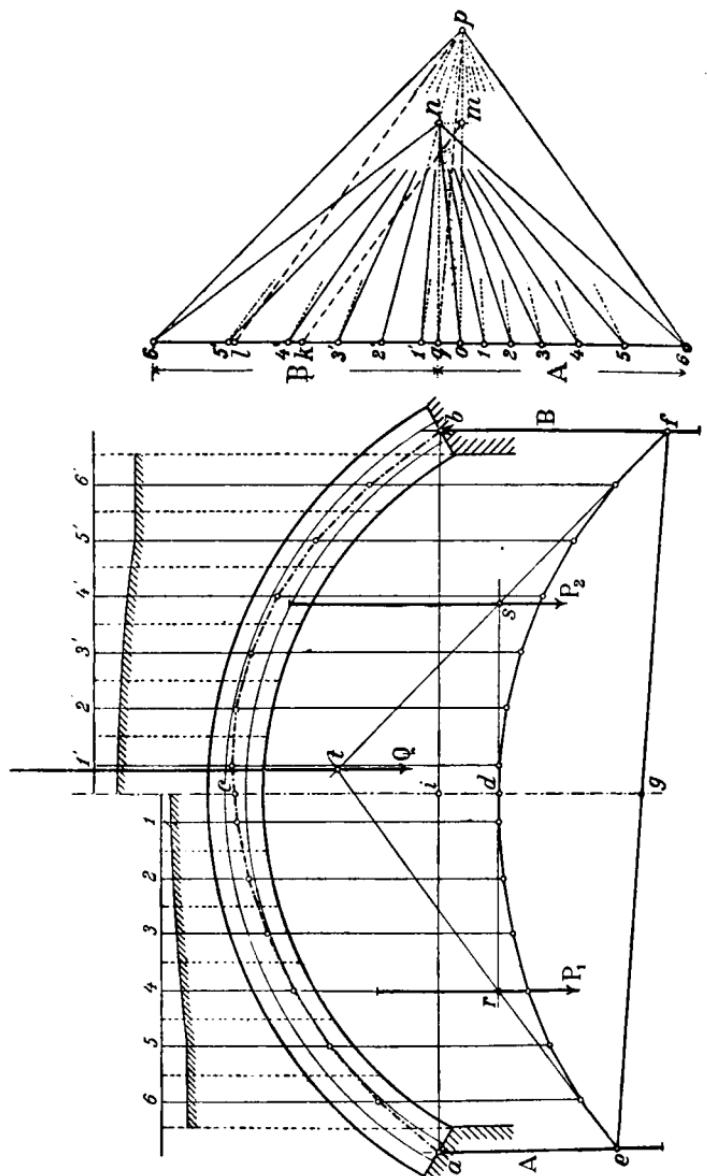


Рис. 91. Рассчетъ мостовой арки, когда шовъ излома выше пять.

Построивъ линію давленія, которая въ даніомъ случаѣ будеть послѣдней изъ веревочныхъ кривыхъ (ломанныхъ), мы получимъ какъ величину распора, такъ и величину усилий въ любомъ сѣченіи арки или свода, а потому будемъ имѣть всѣ данные для определенія наибольшаго напряженія материала, изъ котораго будуть возведены своды или арки.

Сравнивъ величину наибольшаго полученнаго напряженія съ величиной допускаемаго прочнаго сопротивленія даннаго матеріала, увидимъ, насколько послѣдній удовлетворяетъ своему назначенію.

61. Рассчетъ мостовой арки, когда шовъ излома въ пятахъ. Въ этомъ случаѣ расчетъ значительно упрощается, такъ какъ не приходится строить вспомогательного веревочного многоугольника и можно получить величину распора прямо.

Дѣло въ томъ, что линія давленія не можетъ выходить изъ средней трети толщины арки. Но такъ какъ распоръ для обѣихъ половинъ арки одинаковый, то очевидно что предѣломъ, черезъ который можетъ пройти линія давленія въ болѣе нагруженной половинѣ, будетъ нижняя точка средней трети пятового шва, а

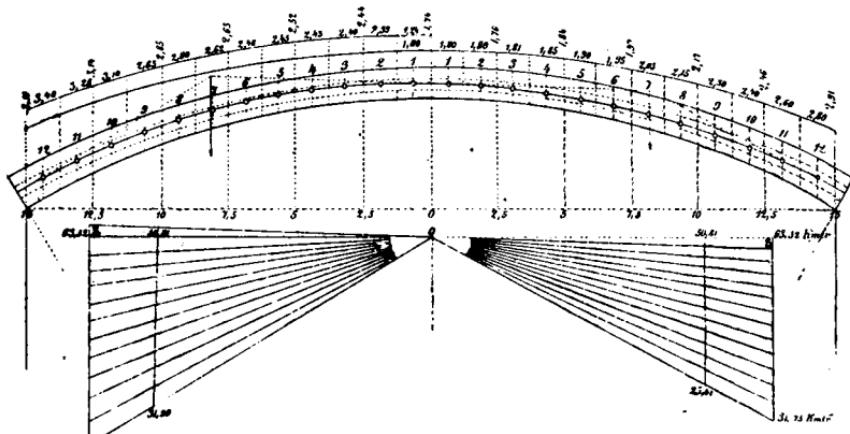


Рис. 92. Рассчет мостовой арки, когда шовъ излома въ пятахъ.

для менѣе нагруженной половины, наоборотъ, верхняя точка средней трети пятового шва. Поэтому, полагамъ распоръ въ срединѣ замочнаго шва, находимъ распоръ болѣе нагруженной половины, провѣдя равнодѣйствующую въ нижнюю точку средней трети пяты; а затѣмъ находимъ распоръ для менѣе нагруженной половины, провѣдя равнодѣйствующую въ верхнюю треть пяты. Очевидно, арка будетъ въ равновѣсіи и линія давленія не выйдетъ изъ средней трети толщины арки только въ томъ случаѣ, когда окажется, что найденный для болѣе нагруженной половины распоръ менѣе, чѣмъ для менѣе нагруженной половины.

А потому, признавъ первый изъ нихъ за истинный, если это условіе удовлетворено, строимъ линію давленія для обѣихъ

половинъ (рис. 92), и находимъ наибольшее напряженіе матеріала для разныхъ сечений арки. Этимъ кончается графическая часть расчета арки.

Мы не приводимъ здѣсь вовсе аналитического способа расчета, такъ какъ онъ уступаетъ графическому какъ въ простотѣ, такъ и наглядности, а точность графического расчета для практики болѣе, чѣмъ достаточна. Напомнимъ здѣсь только одно, что до расчета мы всегда должны сначала назначить приблизительную толщину арки по таблицамъ и формуламъ, приведеннымъ выше, и строить линію давленія при этой толщинѣ, а затѣмъ уже, если есть запасъ въ прочности матеріала и въ устойчивости, можемъ уменьшить толщину арки и продѣлать весь расчетъ снова. Иногда, впрочемъ, приходится толщину даже увеличивать противъ принятой приблизительно.

62. Графическій расчетъ быковъ и устоевъ.

Когда будетъ законченъ расчетъ арокъ или сводовъ пролетной части, приступаютъ къ расчету устойчивости и прочности опоръ, т. е. быковъ и устоевъ. Расчетъ этотъ весьма простъ, такъ какъ отъ свода мы уже имѣемъ равнодѣйствующую, а потому приходится лишь продолжить линію давленія, прибавляя къ этой равнодѣйствующей грузы опоръ. Въ быкахъ (рис. 93а) можетъ

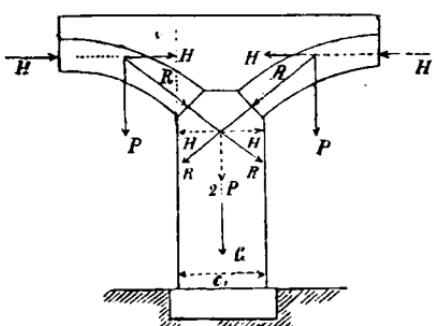


Рис. 93а. Графическій расчетъ быковъ.

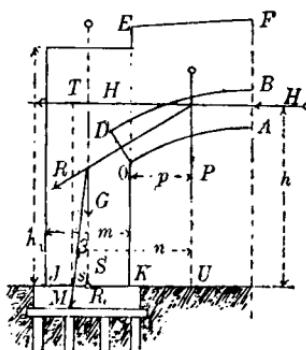


Рис. 93б. Тоже—устоевъ.

случиться, что равнодѣйствующія съ двухъ сторонъ быковъ будуть равны или эквивалентны одинъ другому. Тогда окончательная равнодѣйствующая пройдетъ по вертикали, что очень выгодно отразится на устойчивости быка. При расчетѣ фундамента быка надо лишь не забывать, что сопротивленіе грунта на значительной глубинѣ увеличивается.

Совершенно иначе стоитъ дѣло съ устоями, которые всегда подвержены дѣйствію распора лишь съ одной стороны (рис. 93в). Кривая давленія въ устой оканчивается равнодѣйствующей, наклонной къ горизонту. При этомъ, очевидно, уголъ наклона не долженъ превосходить угла, допускаемаго треніемъ. Къ счастію, устои подвержены напору земли и при томъ съ противоположной распору стороны. Это очень выгодно отражается на устойчивости устоя, особенно когда онъ значительной высоты. Поэтому при опредѣленіи устойчивости и прочности устоевъ всегда приходится прибавлять къ линіи давленія усилия отъ напора земли, по правиламъ намъ известныемъ.

Выше мы указали, что въ быкахъ недостаточно бываетъ принимать во вниманіе лишь грузы, приходящіе сверху, и что на нихъ могутъ дѣйствовать удары отъ льдинъ и воды, способные опрокинуть или разрушить мостъ. Поэтому приходится проверять устойчивость быковъ на случай сильного ледохода. Величина силы удара зависитъ не только отъ крѣпости льда, но и отъ скорости движенія и толщины льдинъ. Прежде всего для расчета надо опредѣлить крѣпость льда, у котораго сопротивленіе равно въ среднемъ 12 пудамъ на одинъ кв. дюймъ (временное сопротивленіе раздробленію). Затѣмъ, зная правило живыхъ силъ, скорость и размѣры льдинъ, можемъ найти силу эквивалентную живой и построить линію давленія въ окончательномъ видѣ.

Изъ всего изложенного мы видимъ, что затрудненія въ разсчетѣ моста могутъ встрѣтиться лишь при опредѣленіи вѣнчанихъ усилий, дѣйствующихъ на разныя части моста; во всемъ же остальномъ разсчетъ значительно проще, чѣмъ, напримѣръ, при опредѣленіи устойчивости и прочности церкви со сложными сводами, арками и парусами.

Опредѣливъ линію давленія въ быкахъ или устояхъ, приступаютъ къ опредѣленію прочности ихъ на основаніи законовъ неравномѣрнаго сжатія и продольнаго изгиба. Для этого нужно найти наиболыше напряженіе материала и сравнить это напряженіе съ прочнымъ сопротивлениемъ материала, изъ котораго будетъ построенъ быкъ или устой.

V. Планировка работъ при постройкѣ каменныхъ мостовъ.

63. Расположение временныхъ зданій при постройкѣ моста. Мы уже говорили, что на успѣшность работъ очень сильно вліяетъ правильное веденіе работъ, расположение вспомогательныхъ приспособленій, материаловъ и т. д.

Практика показала, что временные сооруженія, нужные для администраціи и рабочихъ при постройкѣ мостовъ, лучше будетъ располагать всѣ на одномъ берегу, тогда какъ на другомъ берегу располагать всѣ строительные материалы съ домикомъ для сторожа или пріемщика ихъ. На рис. 94 показанъ примѣръ такого расположения, при чёмъ видно, какимъ образомъ располагается путь между складами материаловъ, дабы послѣдніе легко могли быть нагружены на вагонетки, проходящія по путямъ, расположеннымъ сверхъ подмостковъ.

Когда мостъ строится не въ городѣ или вообще не въ заселенной мѣстности, для рабочихъ должны быть устранимы специальные бараки, гдѣ они ночуютъ и проводятъ день въ дождливое время. На этотъ случай бараки устраиваются такъ, чтобы выходъ изъ нихъ былъ не во дворъ, гдѣ расположены другія административныя постройки, а непосредственно на волю или улицу.

Вообще, прежде чѣмъ приступить къ какимъ-либо работамъ, устраиваются сараи для храненія инструментовъ и материаловъ, которыхъ нельзя оставлять на открытомъ воздухѣ, а также комнатку для сторожа надъ этими инструментами и материалами.

Чтобы временные сооруженія не могли быть расположены такъ, что будутъ впослѣдствіи мѣшать производству главныхъ работъ, необходимо сейчасъ же по устройствѣ сараевъ, или даже до этого, сдѣлать разбивку работъ. Безъ этой разбивки довольно трудно ориентироваться въ расположеніи построекъ и материаловъ вообще.

Разбивка работъ не ограничивается тѣмъ, что намѣчаютъ оси быковъ и устоевъ, но необходимо также обозначить границы устоевъ и быковъ, какъ будетъ изложено дальше.

64. Разбивка работъ. Разбивка работъ состоить изъ двухъ частей: а) изъ обозначенія на мѣстѣ продольной и попечной осей быковъ, а также продольной оси устоевъ, съ обс-

значениемъ разстоянія между ними, и б) изъ постановки репера для отмѣриванія высотъ всѣхъ частей строящагося моста.

Для этого начинают разбивку въ слѣдующемъ порядке. Согласно имѣющемуся генеральному плану (рис. 94) наносятъ

точно положение крайнихъ точекъ продольной оси моста посредствомъ теодолита и забиваются на обоихъ берегахъ въ плоскости нормальной къ оси моста по одной вѣхѣ А и В (рис. 95). Иногда вместо одной вѣхи забиваются двѣ сваи по возможности перпендикулярно къ оси на поверхности земли и эти сваи свя-

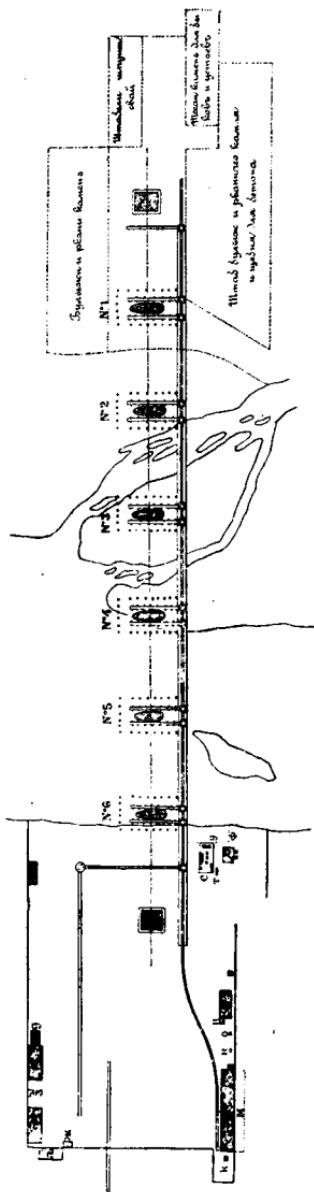


Рис. 94. Расположение зданий и материалов при устройстве моста: а—столовая рабочих; б—барак кессончиков; в—барак сборников; г—кухня рабочих (нар.св.); д—кузница; е—сарай запасный; ж—помещение стропителя; з—паровой котел; и—баки; к—кауличковая водопроводная труба; м—насос; н—стесарни; п—помещение машиниста; ч—лазарет и помытческие ванны; я—гараж для хранения цемента.

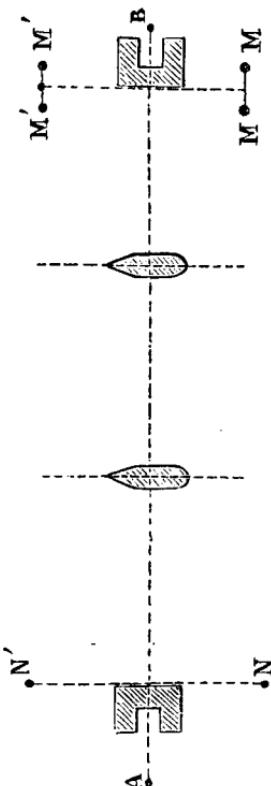


Рис. 95. Разбивка продольной и поперечной осей моста.

зываютъ между собой схваткой, на которой укрѣпляютъ желѣзные шесты вмѣсто вѣхъ для обозначенія крайнихъ точекъ продольной оси. И вѣхи и шесты должны быть взяты всегда за предѣлами устоевъ.

Установивъ продольную ось, приступаютъ къ опредѣленію на мѣстѣ направлениія поперечныхъ осей. Для этого устанавливаютъ теодолитъ на продольной оси такъ, чтобы линія этой оси проходила черезъ горизонтальную проекцію визирной линіи. Послѣ этого поворачиваютъ теодолитъ подъ уголъ 90° и отмѣчаютъ точки N и N' на линіи направлениія поперечной оси вѣхами.

Вмѣсто того, чтобы ставить непосредственно вѣхи, забиваютъ въ концахъ тѣхъ же линій по двѣ сваи M, M' и M', M''; связываютъ послѣднія схватками и на нихъ ставятъ шесты.

Вся остальная разбивка производится уже при помощи приведенныхъ линій, а именно: отмѣряютъ согласно плану разстоянія отъ продольной оси и отъ одной изъ поперечныхъ устоевъ. Но чтобы можно было найти поперечную ось у быковъ, надо имѣть возможность производить измѣренія надъ водой. Для этого пользуются зимнимъ временемъ года и укладываютъ по льду особые мостки по возможности горизонтально и на нихъ, натянувъ причалку или проволоку, отмѣряютъ разстоянія между осями быковъ. Обозначивъ точки пересѣченія продольной оси съ поперечными, надо закрѣпить ихъ, т. е. сдѣлать такъ, чтобы можно было потомъ легко найти. Для послѣдней цѣли забиваютъ на берегу по двѣ сваи на каждомъ въ такомъ направлениі, чтобы линіи, соединяющія двѣ точки на парѣ свай, проходили черезъ центръ быка (рис. 96).

Тамъ, гдѣ вода вообще не замерзаетъ, поперечные оси и центры быковъ опредѣляютъ послѣ того, какъ будуть заби-

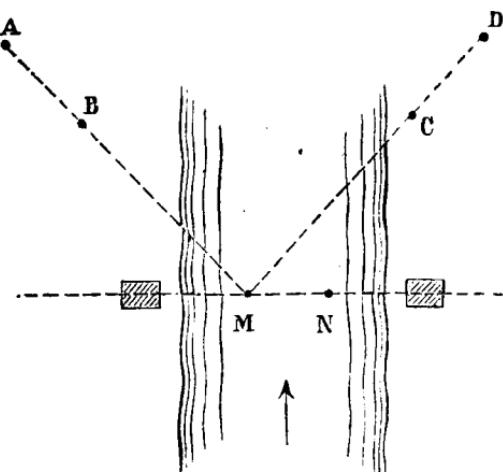


Рис. 96. Опредѣленіе центра быка или точки пересѣченія продольной оси съ поперечной.

ты сваи и устроена часть мостковъ. Окончательное устройство мостковъ можетъ быть сдѣлано лишь послѣ опредѣленія границъ опоръ вообще.

Кромѣ разбивки осей весьма важно установить въ самомъ уже началѣ работъ, такъ называемый, реперъ. Послѣдній пред-

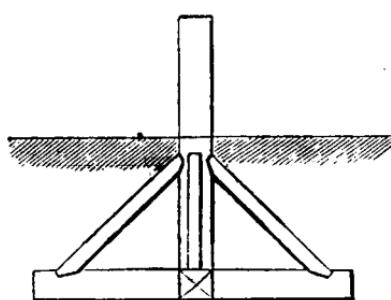


Рис. 97. Реперъ.

ставляеть изъ себя (рис. 97) врытый въ землю столбъ длиною 0,5 сажени; а для того, чтобы столбъ не садился или углублялся въ грунтъ отъ времени, подъ столбъ дѣлается крестообразная подкладка, въ которую опираются 4 подкоса отъ столба. На реперъ обозначается точка, отъ которой по-

томъ отмѣряютъ высоты частей моста. Если мостъ строится въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ, то реперъ складывается въ видѣ каменного столба на прочномъ фундаментѣ.

65. Испытание моста. Когда мостъ будетъ готовъ, приходится еще испытать, насколько онъ отвѣчаетъ условіямъ устойчивости и прочности. Для этой цѣли мостъ нагружаютъ пескомъ или рельсами, если онъ назначенъ для обыкновеннойѣзды. Количество нагрузки должно быть то, которое было принято въ разсчетѣ, и при томъ только съ одной стороны, какъ въ діаграммѣ нагрузки. Для желѣзнодорожныхъ мостовъ испытаніе производится такъ: берется поѣздъ, составленный изъ трехъ восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженныхъ вагоновъ по обѣ стороны этой группы паровозовъ; два изъ паровозовъ обращены трубами одинъ къ другому. Пробный поѣздъ, установленный на мосту чаиболѣе невыгоднымъ образомъ, остается на немъ около 12 часовъ.

Но такъ какъ такое испытаніе даетъ намъ только статическій результатъ, то для динамического испытанія поѣздъ изъ двухъ восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженныхъ вагоновъ пропускается по мосту со скоростью отъ 20 до 40 верстъ въ часъ.

При всѣхъ испытаніяхъ мѣриломъ прочности и устойчивости моста служить величина прогиба свода, а для динамического испытанія еще и величина бокового колебанія. Послѣднєе обстоя-

тельство въ каменныхъ мостахъ почти отсутствуетъ, если мостъ достаточно широкъ.

Величину осадки или прогиба при нагрузкѣ опредѣляютъ посредствомъ инвельира, устанавливаемаго въ моста на неподвижной точкѣ. Но такъ какъ прогибъ каменныхъ мостовъ сравнительно очень малъ и доходитъ лишь до нѣсколькихъ миллиметровъ, то результаты, полученные инвельиромъ, весьма неточны. Вотъ почему для этой цѣли принимаютъ рычажные аппараты, дающіе увеличеніе въ показаніяхъ прогиба въ нѣсколько десятковъ разъ. Описаніе этихъ приборовъ будетъ приведено нами ниже въ книгѣ о металлическихъ мостахъ.

66. Постройка моста въ Кепеникѣ близъ Берлина.

Кружала состояли изъ 6 желѣзныхъ фермъ, поставленныхъ на разстояніи 1,80 м. другъ отъ друга и соединенныхъ другъ съ другомъ связями изъ уголковъ и листовъ; опалубка, состоявшая изъ досокъ толщиною 8 сант., была расположена непосредственно на кружалахъ*). Каждая ферма представляла рѣшетчатую балку на четырехъ опорахъ. Верхній поясъ ихъ былъ согнутъ точно по дугѣ свода и состоялъ изъ уголковъ $100 \times 100 \times 10$ мм., къ которымъ въ серединѣ на протяженіи 4,60 м. былъ приклепанъ еще вертикальный листъ 100×13 мм. Нижній поясъ на всемъ протяженіи состоялъ изъ уголковъ $70 \times 70 \times 7$ мм.; рѣшетка въ средней части была сдѣлана изъ уголковъ $50 \times 50 \times 5$ мм. и около опоръ изъ уголковъ $60 \times 60 \times 6$ мм. Высота сооруженія посерединѣ пролета, включая сюда и опалубку, получилась равной 1 метру, а чистый проѣздъ былъ шириной 7,70 м. и высотою 3,50 м. при меженномъ горизонтѣ воды. Средними опорами служили два ряда свай, соединенныхъ насадками; крайними опорами служили обрѣзы фундаментовъ. На этомъ нижнемъ строеніи покоялись кружальные фермы, при чемъ на опорахъ были поставлены желѣзные цилиндры съ пескомъ; для точной установки служили дубовые клины, расположенные между насадкой, соединяющей рядъ свай, и доской, подложенной подъ желѣзные цилиндры. Фермы были собраны на заводѣ такимъ образомъ, что, выкинувъ нѣсколько заклепокъ, ихъ можно было разобрать на 3 составныхъ части, которые доставлялись къ мѣсту работъ въ отдельности и здѣсь опять собирались. При помощи блоковъ, прикрепленныхъ къ мачтамъ судна, фермы приподнимали по одиночкѣ, потомъ подвозили и устанавливали на мѣсто. Такимъ же образомъ производилась и разборка кружала по окончаніи работъ. Ежедневно устанавливали отъ трехъ до четырехъ фермъ. Послѣ установки концы ихъ соединялись тяжами со сваями средней опоры, а между постѣдними и каменными устоями ставились еще горизонтальные распорки; благодаря этому фермы могли принимать на себя нѣкоторое бо-

*) Толкмитъ: «Проектированіе каменныхъ мостовъ», переводъ Прокофьева.

ковое давление и превращались такимъ образомъ въ арочныя. На самомъ дѣлѣ для прочности этого и не требовалось потому, что кружала въ состояніи были выдержать всю нагрузку, какъ простыя, свободно лежащія балки.

Точный и обстоятельный расчетъ кружалъ не быть сдѣланъ; разсчитывалась приблизительно только средняя, болѣе напряженная часть, при этомъ она разсматривалась какъ балка на двухъ опорахъ съ вертикальной нагрузкой, равной вѣсу свода. Размѣры крайніхъ элементовъ, полученные по этому разсчету, признаны были достаточными для крайніхъ пролетовъ. Панели верхняго пояса разсчитывались не по узловой, а по силошной нагрузкѣ, т. е. и на мѣстный изгибъ, такъ какъ нагрузка передавалась непосредственно на поясъ.

Послѣ того какъ кружала эти были установлены, оказалось, что они выгоднѣе обыкновенныхъ деревянныхъ кружалъ, какъ въ отношеніи прочности, жесткости, легкости установки, такъ и въ отношеніи стоимости; вслѣдствіе этого та же система была примѣнена и для двухъ другихъ пролетовъ. Главное же преимущество заключалось въ томъ, что устраивалась осадка, которая при большихъ деревянныхъ кружалахъ вслѣдствіе большого количества соединеній и трудности правильной пригонки частей, получается довольно значительной и вызываетъ трещины въ сводѣ. При этомъ надо замѣтить, что наиболѣе опасны трещины, которые появляются не при раскружаливаніи, а уже при самой кладкѣ свода вслѣдствіе деформаціи кружалъ. Выгода примѣненій въ данномъ случаѣ системы заключалась и въ томъ, что сотрясеніе при раскружаливаніи устраивалось, такъ какъ сначала опускались сант. на 4 или на 5 поршии среднихъ песчаныхъ цилиндровъ, тогда какъ крайнія опоры оставались въ прежнемъ положеніи. Благодаря этому фермы линчались только среднихъ опоръ, но по-прежнему представляли одно цѣлое; превратившись же въ балки съ двумя опорами, они становились нѣсколько слабѣе, но оставались все еще довольно прочными. Подъ вліяніемъ полной нагрузки сводомъ они могли только прогнуться сильнѣе и при этомъ, конечно, опять должны были лежать на опущенныхъ среднія опоры. Но этого на самомъ дѣлѣ не случилось; среднія опоры оставались свободными, чего и можно было ожидать. Вслѣдствіе же того, что кружала послѣ устраненія среднихъ опоръ становились болѣе гибкими, по все поддерживали кладку свода, постѣднія начинала работать на сжатіе постепенно, хотя и слабо. При такихъ условіяхъ безъ всякаго риска можно было приступить къ опусканию среднихъ опоръ даже спустя самое непродолжительное время послѣ окончанія кладки свода. Даже и въ томъ случаѣ, если бы растворъ оказался слишкомъ мягкимъ, и сводъ не началъ бы еще работать на сжатіе, не могло произойти никакихъ вредныхъ послѣдствій, такъ какъ кружала при томъ нѣсколько осѣли бы и среднія опоры опять стали бы поддерживать ихъ, послѣ чего раскружаливаніе можно было отерочить произвольно.

Предыдущими соображеніями авторъ руководствовался уже при

проектированиі кружалъ, почему онъ и не замедлилъ провѣрить ихъ на практикѣ. Поэтому уже по прошествію 36 часовъ носѣ замыканія свода среднія опоры были ощущены на 4 или на 5 сант., и когда оказалось, что онѣ остаются свободными, спустя еще 24 часа сводъ былъ раскруженъ посредствомъ одновременного выпусканія песка изъ всѣхъ цилиндроў. Успѣхъ былъ полный. Сводъ оказался безъ измѣненія, осадки въ ключѣ не произошли и трещинъ не появились.

Одна желѣзная кружальная ферма вѣсила 1340 кил., всего для свода длиною 18 мет. и шириной 10 мет. потребовалось 8550 кил. желѣза, т. е. 47,4 кил. на 1 кв. метръ горизонтальной проекціи. Для сравненія стоимости въ томъ пролетѣ, который не нуженъ былъ для пропуска судовъ, были устроены деревянныя кружала. На это потребовалось, не считая нижнаго строенія, кромѣ 39,4 куб. мет. дерева и 540 кил. нагелей еще 1090 килогр. связей.

Послѣ того, какъ свайныя опоры были уже готовы, кружала устанавливались съ 16 сентября по 8 октября и послѣ раскруженія, что произошло 8 ноября 1890 г., фермы были разобраны и временно сохранились на мѣстѣ работы. Потомъ лѣтомъ 1891 г. ими опять воспользовались для постройки нового моста, при этомъ только разстояніе между фермами вслѣдствіе большей ширины моста было увеличено съ 1,80 до 2,20 мет.

Послѣ этого кружальные фермы на основаніи договора перешли въ собственность подрядчика.

На покрытие расходовъ по устройству кружалъ, включая сюда сборку и разборку фермъ, точную установку ихъ на пестчаныхъ цилиндрахъ, заготовку и устройство всего нижнаго строенія, а также и забивку свай, потребовалось при постройкѣ первого моста 12.399 мар. и при вторичномъ примѣненіи тѣхъ же кружалъ для другого моста—5.913 мар.

Какъ мы сказали, кружала были покрыты опалубкой, состоявшей изъ досокъ, положенныхъ прямо на верхній поясъ фермъ вплотную другъ къ другу, и загружены кирпичемъ. Для первого свода потребовались доски толщиною 8 сант.; для второго моста, вслѣдствіе болѣе значительнаго пролета досокъ, слѣдовало бы назначить ихъ толщину въ 10 сант., а сдѣланъ былъ двойной настилъ изъ досокъ толщиною 5 сант., такъ какъ при этомъ легче получается гладкая поверхность опалубки и скорѣе можно устраниТЬ ребра отдѣльныхъ досокъ. Устройство опалубки лежало на обязанности подрядчика по каменнымъ работамъ, который заготавливала и доски для этого. На подмостки первого моста еще до начала кладки свода были сложены всѣ необходимыя материалы, и здѣсь они были такъ размѣщены, что опалубка сильнѣе всего загружалась непосредственно надъ кружальными фермами. Послѣднія при этомъ по серединѣ дали осадку отъ 20 до 30 мм. Надо замѣтить, что кружала были сдѣланы не совсѣмъ точно по дугѣ свода, а съ увеличеніемъ стрѣлы подъема на 4 сант.

На устройство опалубки и на загруженіе кружалъ потребовалось

десять рабочихъ дней. Кладка свода начиналась отъ опоръ и производилась равнотмѣрно съ двухъ сторонъ и во всѣхъ трехъ пролетахъ одновременно и продолжалась съ 18 октября до 6 ноября. При этомъ для того, чтобы предотвратить появление большихъ напряженій въ кромкахъ камней и чтобы дать давленію возможность распределиться равнотмѣрно, въ сводѣ дѣлались зазоры.

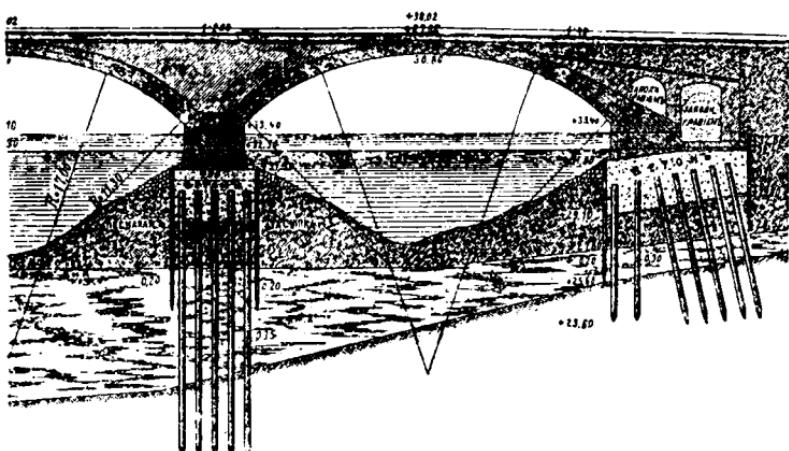


Рис. 98. Разрѣзъ моста въ Кепеникѣ близъ Берлина.

Въ ключѣ такихъ зазоровъ—два, и оба они расположены въ верхней части свода; около каждой пяты сдѣлано тоже по два зазора, но только одинъ изъ нихъ расположены наверху, а другой—внизу. Зазоры эти не оставались совершенно пустыми, а заполнялись сначала не плотно камнями на нескѣ вмѣсто раствора, а послѣ раскружаливанія эти камни вынимались и снизу опять устанавливались уже на цементѣ. При постройкѣ второго моста оказалось нежелательнымъ передавать всю тяжесть свода на кружальныхъ фермы, разстояніе между которыми было 2,2 мет. Прибавивъ три новыя фермы, но одной для каждого пролета, конечно, можно было бы избѣжать этого. Однако предпочтѣніе слабѣе нагружать кружала, и для этого дѣлали сводъ не сразу на полную толщину, а въ два приема, при чѣмъ обѣ части были равной толщины. Кромѣ вышеуказанныхъ сопротивлений относительно загруженія кружала къ этому побудило и то обстоятельство, что при сильно наклоненныхъ швахъ, какъ это было замѣчено при постройкѣ первого моста, нельзя получить безупречной кладки на цементномъ растворѣ, и что затрудненія въ этомъ отношеніи возрастаютъ съ увеличеніемъ длины шва. Въ такихъ случаяхъ каменщики охотно прибѣгаютъ къ раствору, слишкомъ затвердѣвшему, и чтобы приладить камень, слишкомъ много передвигаютъ его взадъ и впередъ, а между тѣмъ для каменной кладки на цементномъ растворѣ весьма важно,

чтобы камни вдавились въ растворъ, изготовленный надлежащимъ образомъ, и чтобы послѣ этого они уже не приподнимались и не передвигались. Сооруженіе свода по частямъ вовсе не означаетъ раздѣленія свода на два отдѣльныхъ кольца, такъ какъ оно ведется безъ всякаго нарушенія перевязки швовъ. Сводъ имѣть сквозные швы, и всѣ отдѣльные части его соединены совершенно правильно; это достигается тѣмъ, что обѣ части захватываются другъ друга штрабами. Выполненіе не представило никакихъ затрудненій и было даже удобнѣе и легче, чѣмъ въ первомъ случаѣ. Для устройства нижней части свода потребовалось девять рабочихъ дней, а шесть дней спустя была готова и верхняя часть. Здѣсь также были сдѣланы вышеуказанные зазоры; раскружаливаніе было сдѣлано тѣмъ же способомъ и съ равнинѣтъ успѣхомъ.

Своды какъ первого моста, такъ и второго не дали трещинъ ни во время кладки ихъ, ни позднѣе, хотя раскружаливаніе послѣдовало черезъ три дня, при томъ надъ сводами не было еще сдѣлано забутки, и даже зазоры не были задѣланы. Раскружаливаніе до устройства забутки не всегда можно допустить, такъ какъ равновѣсіе незагруженаго свода сильно отличается отъ равновѣсія загруженаго. Поэтому слѣдуетъ точно опредѣлять положеніе линіи давленія для собственнаго вѣса; для данного случая это было сдѣлано, и устойчивость свободностоящаго свода оказалась при этомъ вполнѣ обезпеченої.

Своды были сдѣланы изъ хорошаго кирпича на цементномъ растворѣ. Растворъ былъ сдѣланъ изъ одного объема цемента на три объема песку.

Для получения гладкой поверхности опалубка первого моста покрывалась картономъ, потомъ пробовали нижнія поверхности камней, соприкасающіяся съ опалубкой, обмазывать нѣсколько глиной; эта глина послѣ раскружаливанія выскабливалась для расшивки швовъ. Это оказалось однако нѣсколько неудобнымъ и потому было отмѣнено. При постройкѣ второго моста и примѣненіе картона сочли излишнимъ.

Опораживаніе песчаныхъ цилиндровъ производилось каменьщиками и рабочими, и продолжалось около получаса. Надо еще замѣтить, что послѣ первого небольшого опускания поршней песчаныхъ цилиндровъ, расположенныхъ на среднихъ опорахъ, отверстіе для вытеканія песку опять безъ труда закрывалось. Песчаные цилинды пригнаны уже ранѣе при постройкѣ моста въ Потсдамѣ. Они склепаны изъ листового желѣза толщиной 4 м.м. и надъ дномъ имѣли три отверстія для вытеканія песку, закрываемыя тремя небольшими винтами. Для наполненія употребляли обыкновенный строительный песокъ, который предварительно сушили на желѣзныхъ листахъ. Поршень состоялъ изъ куска дубового дерева и былъ снабженъ желѣзными кольцами и небольшой направляющей рейкой, которая проходила между двумя рядами заклепокъ, расположенныхъ на стыкѣ листа.

На рис. 98 представлена продольный разрѣзъ моста; основаніемъ его, какъ видно, служитъ свайный ростверкъ, окруженный шпунтовыми

стѣнками; передъ устройствомъ основанія производилась засыпка пескомъ; послѣднее дѣжалось съ цѣлью уплотненія слабой болотистой почвы и уменьшенія глубины заложенія опоръ.

Въ заключеніе укажемъ, что еще Перроне въ 1780 году составилъ проектъ каменнаго моста, пролетомъ въ 150 метровъ или 70 саженей, а въ 1890 году Куанье составилъ проектъ бетоннаго моста пролетомъ въ 160 метровъ или 75 саженей. Эти величины приходится считать до сихъ поръ предѣльными для пролетовъ каменныхъ мостовъ.



ОГЛАВЛЕНИЕ.



Отдѣлъ I-й.

ЧАСТИ МОСТОВЪ И ИХЪ УСТРОЙСТВО.

I. Понятіе о каменныхъ мостахъ.

	стр.
1. О мостахъ вообще	1
2. Части моста	2
3. Особенности каменныхъ мостовъ	4
4. Нѣкоторыя свѣдѣнія о существующихъ каменныхъ мостахъ	4
5. Мостъ черезъ рѣку Энсъ	7
6. О бетонныхъ мостахъ вообще	10
7. Мостъ черезъ Дунай у Мундеркинга	11

II. Каменные части опоръ.

8. Типы устоевъ	13
9. Устои съ обратными стѣнками	15
10. Устои съ откосными крыльями	16
11. Устои въ видѣ прямоугольныхъ столбовъ	17
12. Типы быковъ	18
13. Размѣры устоевъ и быковъ	19
14. Быки и устои специального назначенія	22

III. Производство работъ по устройству опоръ.

15. Устройство оснований подъ устоями	24
16. Устройство оснований подъ быками	25
17. Укладка бетона въ основаніи устоевъ и быковъ	28
18. Каменная кладка быковъ и устоевъ	30
19. Облицовка устоевъ и быковъ съ наружной поверхности	31
20. Облицовка ледорѣзовъ	33

IV. Устройство каменныхъ пролетныхъ частей.

21. О пролетныхъ частяхъ вообще	35
22. Виды пролетныхъ частей	36

23. Устройство пролетныхъ частей изъ тесанного камня	39
24. Устройство шарнировъ въ каменныхъ аркахъ и сводахъ	41
25. Устройство сводовъ изъ кирпича	43
26. Устройство пролетныхъ частей изъ нетесанного постелистаго камня	44
27. Устройство сводовъ изъ бетона	45

V. Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

28. Устройство кружалъ	47
29. Необходимыя приспособления при устройствѣ кружалъ и лѣсовъ	50
30. Осадка арокъ и сводовъ	53
31. Установка кружалъ и раскружаливаніе	54
32. Производство работъ по укладкѣ камней и бетона.	56

VI. Устройство проѣзжей части моста.

33. Надсводныя стѣнки	59
34. Предохраненіе мостового свода отъ дождя.	60
35. Устройство каменныхъ мостовъ и тротуаровъ	61
36. Карнизы и перила на каменныхъ мостахъ	62
37. Устройство віадуковъ, акведуковъ и туннелей	63

Отдѣль II-й.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗСЧЕТЪ И ПЛАНИРОВКА РАБОТЪ.

I. Мѣстная изысканія.

38. Объ изысканіяхъ вообще	66
39. Выборъ мѣста для постройки моста	67
40. Определеніе профиля мѣстности	68
41. Определеніе живого сѣченія рѣки	71
42. Определеніе состава и сопротивленія грунта	72
43. Определеніе горизонтовъ воды и ледохода.	73
44. Скорость теченія воды	74
45. Непосредственное измѣреніе скорости	76
46. Собирание побочныхъ свѣдѣній на мѣстѣ	77

II. Данныя для проектированія каменныхъ мостовъ.

47. Ширина каменныхъ мостовъ	78
48. Продольный и поперечный уклоны мостового полотна	79
49. Общее попятіе объ отверстіи моста	80
50. Предельная скорость для устойчивости разныхъ грунтовъ	81

51. Определение величины отверстия моста	88
52. Нагрузка на каменные мосты	85
53. Допускаемый напряженія	86

III. Проектированіе каменныхъ мостовъ.

54. Число точекъ опоры	88
55. Толщина свода въ каменныхъ мостахъ	90
56. Толщина быковъ	92
57. Толщина устоевъ	93
58. Специальный правила проектированія мостовъ	94

IV. Расчетъ каменныхъ мостовъ.

59. Общее понятіе о расчетѣ мостовъ	95
60. Расчетъ мостовой арки, когда шовъ излома выше пять	96
61. Расчетъ мостовой арки, когда шовъ излома въ пятахъ	98
62. Графический расчетъ быковъ и устоевъ	99

V. Планировка работъ при постройкѣ каменныхъ мостовъ.

63. Расположеніе временныхъ зданій при постройкѣ моста	101
64. Разбивка работъ	—
65. Испытаніе моста	104
66. Постройка моста въ Кепеникѣ близъ Берлина	105