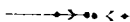


А. А. ПОЛЬЩУКЪ,

преподаватель Высшаго Художественнаго Училища при Императорской
Академіи Художествъ.

МОСТЫ

ИХЪ УСТРОЙСТВО, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗСЧЕТЪ.

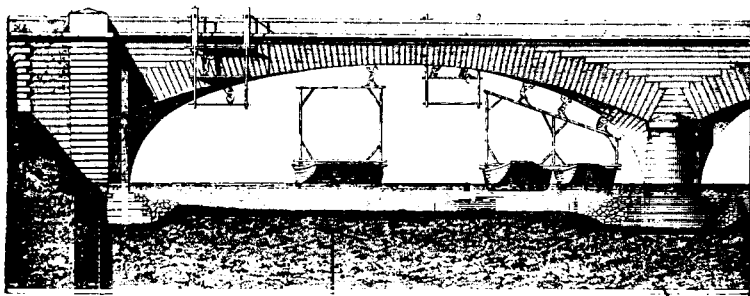


ЧАСТЬ I-ая.

КАМЕННЫЕ МОСТЫ.

ОБЩІЯ ПОНЯТІЯ.

Съ 98 рисунками въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

УЧЕБНАЯ ТИПОГРАФИЯ

1910.

КАМЕННЫЕ МОСТЫ.

Отдѣль І-ый.

ЧАСТИ МОСТОВЪ И ИХЪ УСТРОЙСТВО.

І. Понятіе о каменныхъ мостахъ.

1. О мостахъ вообще. Мостомъ принято называть сооруженіе, служащее для удобнаго сообщенія одной мѣстности съ другой, отдѣленной какимъ-либо оврагомъ, рѣкой, проливомъ или вообще неудобопроходимымъ 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 названіе желѣзнаго, а Николаевскій мостъ черезъ ту же рѣку чугуннаго, 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 идетъ

не проѣзжая часть, а глубокий желобъ, по которому течетъ вода, какъ показано на рис. 2.

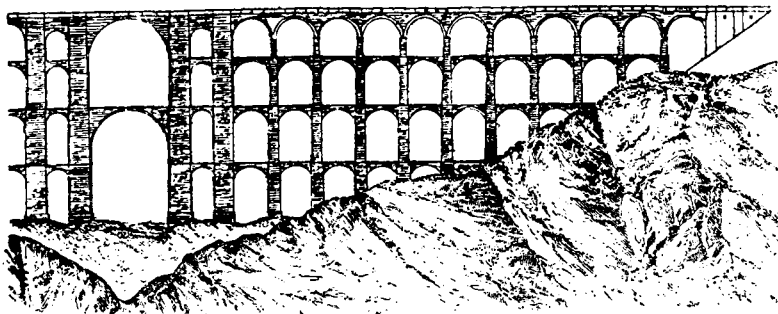


Рис. 1. Виадукъ въ долину Гелтшъ.

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

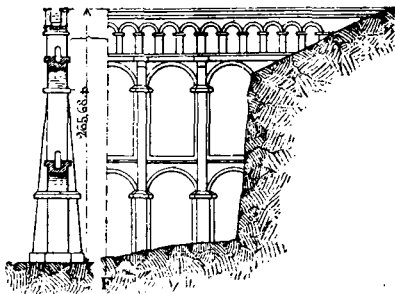


Рис. 2. Рокфавурскій акведукъ.

Подвижные мосты носятъ названіе паромовъ; мостовой настилъ, поддерживаемый водой непосредственно, носитъ названіе плотового моста. Такой мостъ долго существовалъ въ Ригѣ.

Мосты, имѣющіе опорами плавучія тѣла: барки, ящики, понтоны, бочки и т. д., носятъ названіе плашкаутныхъ или понтонныхъ. Таковъ, напр., Дворцовый мостъ черезъ Неву у Зимняго дворца. Мосты, перекрывающіе небольшія отверстія на пути и служащіе для пропуску весеннихъ водъ, носятъ названіе трубъ.

2. Части моста. Всякій, видѣвшій какой-либо постоянный проѣзжий 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-

ственно на берега, которые замѣняютъ опоры, т. е. являются какъ бы естественными опорами.

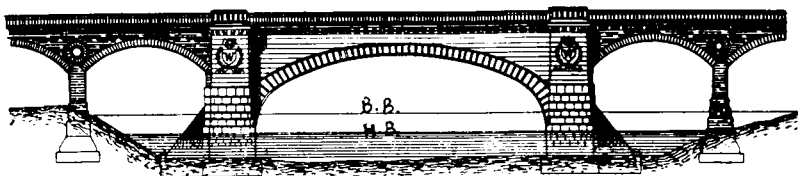


Рис. 3. Фасадъ каменнаго моста близъ Берлина по дорогѣ въ Шарлотенбургъ.

Береговые опоры принято называть устоями, а промежуточные—быками. Пролетная часть имѣетъ цѣлью поддерживать настилъ, по которому собственно и происходитъ ходьба и ѣзда. Поэтому въ плотовыхъ мостахъ, гдѣ настилъ лежитъ на водѣ, ни опоръ, ни пролетныхъ частей нѣтъ.

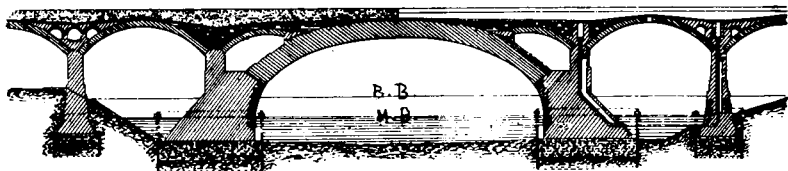


Рис. 4. Разрѣзъ того же моста.

Кромѣ указанныхъ частей въ мостахъ бываютъ и другія, имѣющія специальное назначеніе. Такъ, чтобы предохранить проѣзжихъ и прохожихъ отъ случайнаго 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 прохожихъ 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 верѣдко 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 коробчатого 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 щечовыхъ сторонъ.

Каменные мосты отличаются отъ деревянныхъ и металлическихъ многими характерными чертами. Прежде всего тѣмъ, что каменные мосты складываются изъ отдѣльныхъ камней, какъ обыкновенныя арки, благодаря чему образуется значительный распоръ, удерживающій камни въ равновѣсін. 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 слѣдовательно и солидныхъ основаній. Въ зависимости отъ вѣса камней вспомогательныя 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 равномерно всѣми своими точками верхней поверхности, а не отдѣльными узлами. Если же приходится передавать грузъ отдѣльными 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. Нѣкоторые 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 сажени. 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., имѣетъ пролетъ въ 12, 33 сажени, при высотѣ стрѣлки 27,73 сажени. Алькантарскій виадукъ въ Испаніи имѣетъ 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.

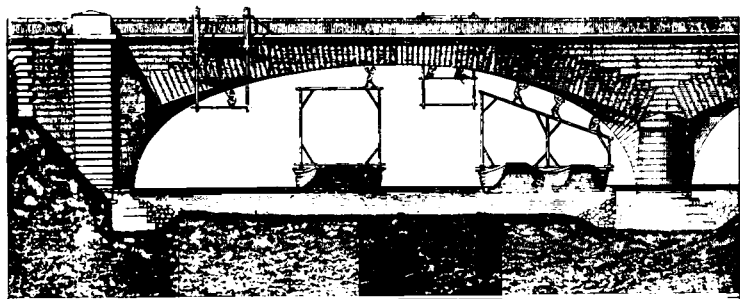


Рис. 5. Фасадъ моста въ Нейли по оригиналу Перроне 1782 года.

Пролеты каменныхъ мостовъ доведены въ настоящее время до величины выше 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 стремятся 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 черезъ рѣчку 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 Пейли сравнительно со сводами между балками въ 3,375 разъ меньше. Это показываетъ, какой громадный запасъ прочности имѣютъ наши кирпичные и бетонные своды въ домахъ.

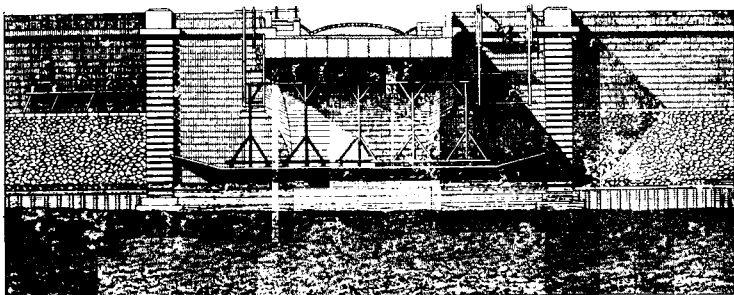


Рис. 6. Поперечный разрѣзъ того же моста во время распивки швовъ.

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 перевязи.

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

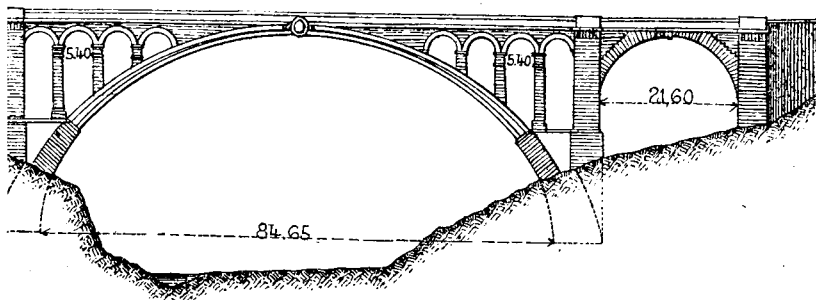


Рис. 7. Мостъ Адольфа въ Люксембургѣ.

Изъ другихъ мостовъ, знакомство съ которыми имѣть большое значеніе въ практикѣ, это мостъ въ Люксембургѣ, построенный 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. Среднее 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 метр. имѣетъ толщину въ замкѣ 1,5 метра, т. е. 1 : 60 пролета. Въ томъ и другомъ мосту толщина, слѣдовательно, вдвое меньше, чѣмъ въ Нейльскомъ.

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

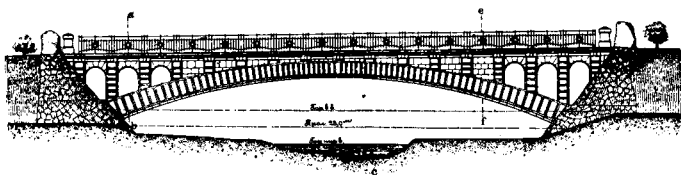


Рис. 8. Общій видъ моста черезъ рѣку Энсъ.

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 тележки не въ состояніи на мосту разъѣхаться. Панели для пѣшеходовъ шириною 0,7 метра, или 0,33 саж., или 1 арш. Материкъ, на которомъ возведенъ мостъ (рис. 9), представляетъ изъ себя пестрый песчаникъ, лежащій 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

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

Арка при 8 каменщикахъ и 8 рабочихъ была сложена въ 7,5 рабочихъ дней. Уже черезъ 15 дней послѣ укладки замочныхъ камней начали опускать кружала. Для этого 21 человекъ по данному знаку открыли отверстія въ горшкахъ съ пескомъ и выпустили по 3 мм. высоты песку. Черезъ 28 дней послѣ положенія замочнаго камня снова опустили немного 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 подверженнымъ во всѣхъ точкахъ сжатію, тогда какъ въ пятахъ это давленіе оказалось неравномернымъ 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; сверху послѣднихъ идетъ забутка. Вся кладка на цементномъ растворѣ.

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

Сверху забутки идетъ слой асфальта для предохраненія арокъ отъ прониканія воды и сверху 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 пята 7753 марки; плотничныя работы по устройству лѣсцовъ, кружалъ, подъемныхъ лебедокъ и т. д. 4354 марки; каменные работы 9353 мар.; асфальтовый слой, желѣзные скрѣпленія, анкера и проч. 7371 мар.

6. О бетонных мостах вообще. Мосты из бетона или желѣзо-бетона получили въ послѣднее время значительное распространѣніе, благодаря быстротѣ, съ которой они могутъ быть возведены, а также благодаря легкости пролетныхъ частей.

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

Но съ 1893 года мы видимъ мосты уже съ пролетомъ въ 50 метр. 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 пролетъ моста черезъ Иллеръ у Кемптена въ Баваріи, размѣромъ 64,5 метр. или 30 саж., построенный инженеромъ Кольберомъ въ 1906 году (рис. 11).

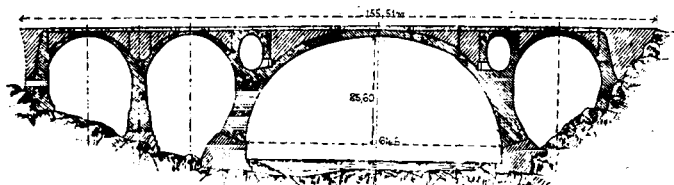


Рис. 11. Мостъ черезъ Иллеръ у Кемптена (бетонный).

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, состоятъ главнымъ образомъ изъ массивныхъ сплошныхъ арокъ или сводовъ, имѣютъ въ основѣ своей каменные матеріалы 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 металлических мосты. Это мы дѣлаемъ 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 другіе состоятъ изъ отдѣльныхъ фермъ, почти одинаковаго вида и системы.

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

7. Мостъ черезъ Дунай у Мундеркинга. Чтобы имѣть представленіе 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 легкой и на весь пролетъ въ одну арку. Пролетъ моста 50 метровъ при подъемѣ 5 метр.

Арка состоитъ изъ двухъ частей съ тремя шарнирами (рис. 12). Работы по исполненію проекта въ натурѣ начались

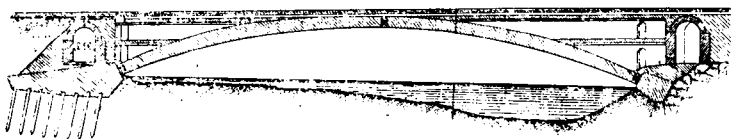


Рис. 12. Бетонный мостъ черезъ Дунай у Мундеркинга.

съ того, что въ Мюнхенъ 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 наносномъ грунтѣ. Котлованъ вынуть безъ водоотлива, котораго сдѣлать не удалось, а потому пришлось забить 145 свай діаметромъ не менѣе 25 см. или 10 дюймовъ.

Сваи забиты подъ угломъ 15° къ вертикали. Нагрузка на сваю доходить 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

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

Бетонъ для свода изготовлялся весьма тщательно. Щебень били изъ юрскаго известняка; размѣрами щебень до 4 см. Составъ бетона 1:2,5:5 и смѣшиваніе производилось въ особыхъ ботоньеркахъ 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 былъ рассчитанъ на нагрузку въ 400 кл. на кв. метръ или 110 пуд. на кв. саж., не считая собственнаго вѣса моста.

Наибольшее напряженіе матеріала 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 длинѣ, 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 плитамъ сдѣлано съ такимъ расчетомъ, 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 былъ 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. Каменные части опоръ.

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

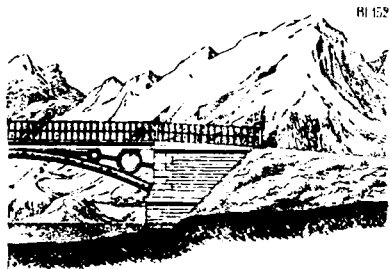


Рис. 13. Фасадъ устоя съ обратными стѣнками у моста близъ Зундгофенъ.

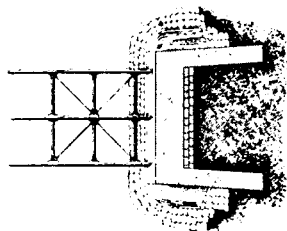


Рис. 14. Планъ устоя съ обратными стѣнками у того же моста.

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.

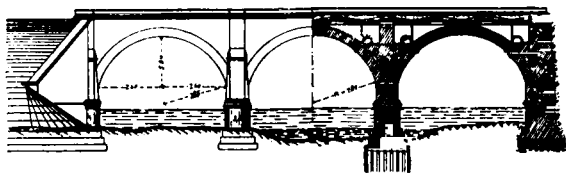


Рис. 15. Фасадъ и разрѣзъ устоя съ откосными крыльями.

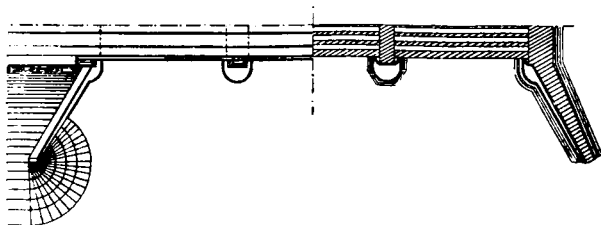


Рис. 16. Планъ устоя съ откосными крыльями у того же моста.

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 суженія рѣки въ этомъ типѣ не измѣнится, сравнительно съ остальной шириной рѣки, тогда какъ въ первомъ типѣ будетъ значительное измѣненіе условій прохода льда и воды. Получая обратное движеніе вслѣдствіе удара о стѣну, часть воды станетъ задерживать остальную. Но въ то же время второй типъ будетъ дороже.

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

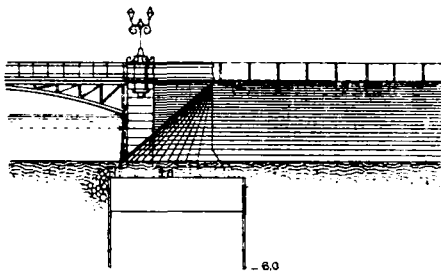


Рис. 17. Фасад сплошного устоя моста у Кюстрина.

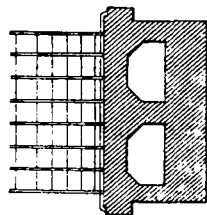


Рис. 18. Планъ сплошного устоя у того же моста.

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 предложено примѣнить, разбираютъ его на части, соединенныя 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 виадука, и ближайшій къ водѣ устой служитъ для предохраненія отъ подмыва грунта. Это подмываніе происходитъ оттого, что быки и устои всегда уменьшаютъ русло рѣки.

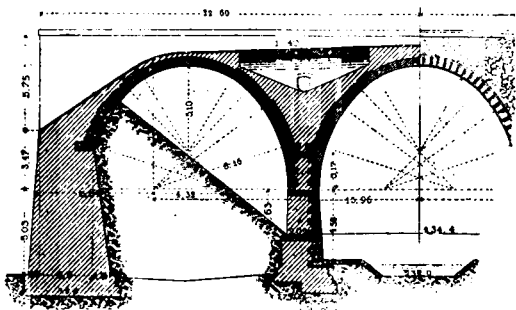


Рис. 19. Сложный устой моста на дорогѣ Берлинъ-Менцъ.

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 центр тяжести устоя можно въ этомъ случаѣ перемѣстить на такое мѣсто, что центр давленія будетъ по возможности ближе къ центру тяжести площади основанія.

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

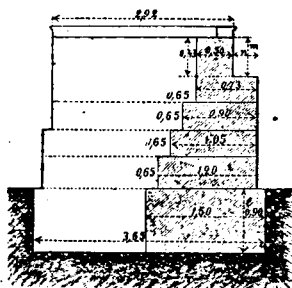


Рис. 20. Разрѣзъ устоя съ обратными стѣнками.

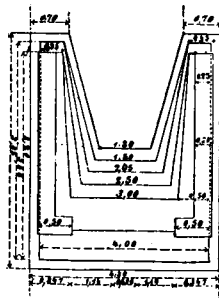


Рис. 21. Планъ устоя съ обратными стѣнками.

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 устоя, называемая иногда шириною устоя, 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 ѣздой 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 лучше связываютъ насыпь съ устоемъ, т. е. насыпь мало вліяетъ на ихъ устойчивость, всегда будетъ плотно къ нимъ прилегать и нѣтъ 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

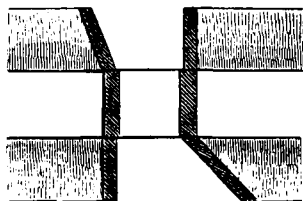


Рис. 22. Планъ устоя съ откосными крыльями.

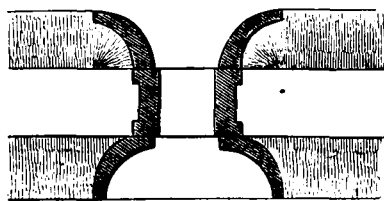


Рис. 23. Планъ устоя со сложными откосными крыльями.

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 косою, т. е. лицевая сторона устоевъ не перпендикулярна къ оси моста. Вслѣдствіе этого устои въ видѣ откосныхъ крыльевъ, а также съ обратными стѣнками, будутъ 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 изъ приведенныхъ. Типъ

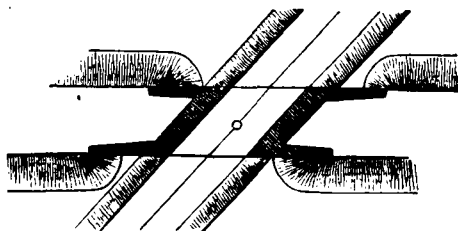


Рис. 24. Планъ устоя съ обратными стѣнками для косою моста.

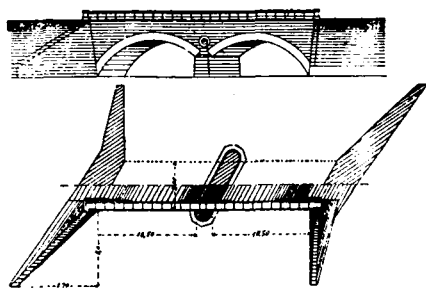
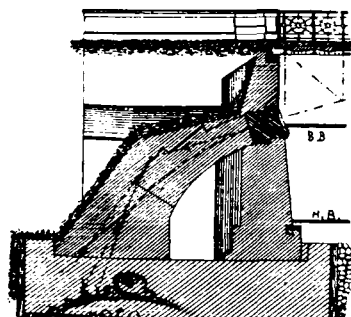


Рис. 25. Планъ устоя съ откосными крыльями для косою моста.

это имѣетъ то достоинство, что благодаря замкнутости очертаній и тонкости стѣнъ, можетъ оказаться наиболѣе выгоднымъ съ экономической точки зрѣнія. Кромѣ того при этомъ типѣ можетъ оказаться, что работы по устройству основаній 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



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 Кюстрина. Изъ этого рисунка видно, что авторъ старался придать своду устоя такую форму, чтобы линія давленія проходила по возможности по оси толщины арки. Пролетная часть не каменная, а желѣзная арочной системы, развивающая довольно большой распоръ. Передняя стѣнка и опорная для каменнаго свода имѣютъ одно общее основаніе изъ бетона. Хотя при такомъ устройствѣ линія давленія какъ бы выходитъ за предѣлы нейтральной оси основанія 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 равномерному 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 горизонтальнаго сѣченія. Вся разница заключается лишь въ формѣ передняго (верховаго) или задняго конца быка. Дѣло въ томъ, что плоская сторона, обращенная къ теченію рѣки, представляла бы большое сопротивленіе этому теченію, а во время ледохода задерживала бы ледъ. Понятно, что въ виадукахъ или мостахъ черезъ сухое пространство, или со стоячей водой, форма передней грани не имѣетъ никакого значенія и потому дѣлается одинаковой съ задней гранью.

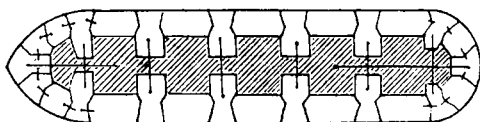


Рис. 27. Планъ быка съ острымъ угломъ изъ кривыхъ линій.

Опытъ 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 обдѣлка камней при такой формѣ грани сильно осложняется, то мы часто видимъ другія формы передней грани, а именно: въ видѣ треугольника остраго или притупленнаго, 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-

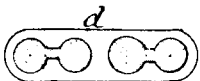
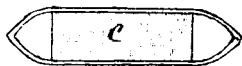
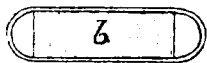
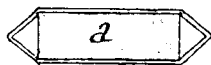


Рис. 28. Формы быковъ въ зависимости отъ плана ихъ.

стройками, носящими въ зависимости отъ ихъ назначенія, названіе ледорѣзовъ. Верхняя грань ледорѣза обыкновенно наклонена къ горизонту для того, чтобы быкъ не перерѣзывалъ льда, а ломалъ его, когда послѣдній подымается на эту наклонную часть. Съ тою же цѣлью верхняя грань ледорѣза дѣлается заостренной (рис. 29).

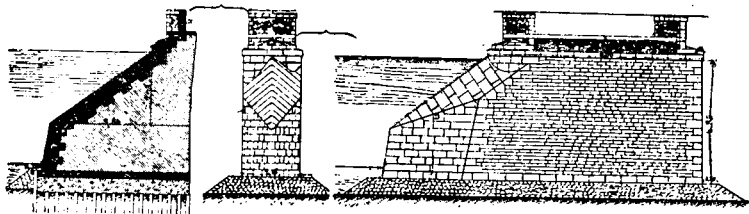


Рис. 29. Разрѣзъ и два фасада ледорѣза.

Очевидно высота съ котораго начинается ледорѣзъ не произвольна, а зависитъ отъ высоты льда въ рѣкѣ весною. Поэтому, чтобы ледъ 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 поднятъ и что высота пролетныхъ частей зависитъ отъ размѣровъ судоходства. Во второмъ случаѣ предполагается, что берегъ выше требуемаго судоходствомъ пространства или что судоходства нѣтъ вовсе, и все зависитъ отъ высоты берега, который нежелательно опускать во избѣжаніе 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 балластнаго слоя отъ расползанія въ стороны, устои обносятся вверхъ карнизомъ, шириною не менѣе аршина при вышинѣ въ 12 верш. Иногда вмѣсто этого по краямъ прикрѣпляютъ деревянный брусъ болтами, заѣзданными въ кладку.

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

Вообще же дѣлають такъ, чтобы наименьшая толщина устоя была отъ 0,4 до 0,6 высоты устоя отъ даннаго 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 толщина должна быть одинакова съ толщиной этой послѣдней; къ концамъ же толщина можетъ уменьшаться до 1 аршина наверху, а книзу побольше.

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

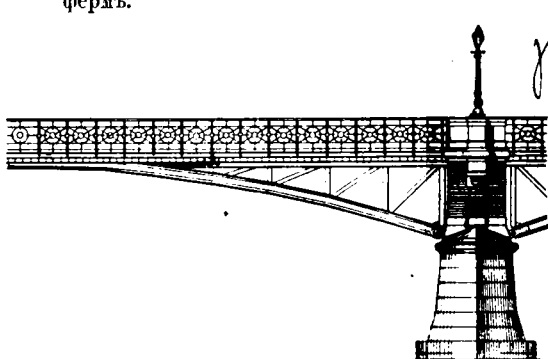


Рис. 30а. Передній фасадъ быка съ обдѣлкой выступающей части моста у Кюстрина.

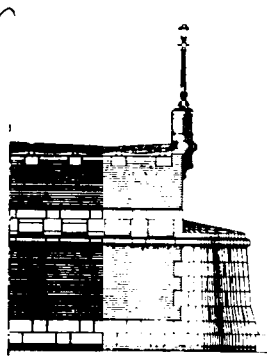


Рис. 30б. Боковой фасадъ передней части того же быка.

Толщина стѣнъ устоевъ третьяго типа почти такая же, какъ перваго, т. е. сверху дѣлають 3 фута, а книзу утолщаютъ.

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.

Боковые грани быковъ обыкновенно дѣлаются не вертикальными, а нѣсколько наклонными, что придаетъ быкамъ большую устойчивость, а давленіе при этомъ дѣлается болѣе равномернымъ, 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 дѣлають еще закругленія въ планѣ. Эти закругленія носятъ названіе 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 носитъ названіе колпака. Колпакъ высокою не менѣ одной шестой толщины быка.

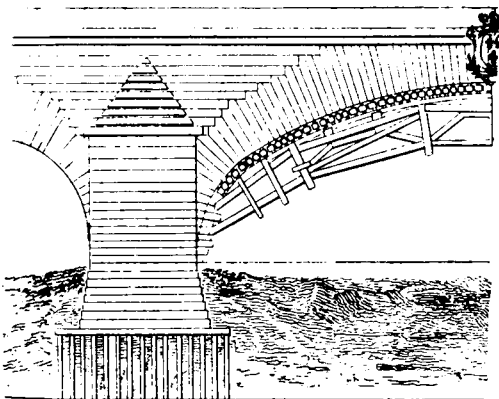


Рис. 31. Устройство колпака надъ головкой быка.

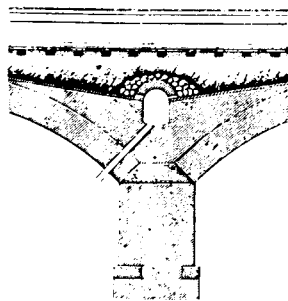


Рис. 32. Устройство отвода воды изъ пазухи сводовъ.

Высота, оставляемая въ запасъ для балластного слоя или мостовой, вызывается 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 пята сводовъ будутъ всегда ниже средины свода. А потому, если мостовая проницаема для воды, послѣдняя будетъ просачиваться черезъ швы и портить кладку быковъ. Наоборотъ, если мостовая непроницаема, вся вода почти останется на поверхности проезжей части, мѣшая проходу и ѣздѣ.

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

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

14. Быки и устои спеціального 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 спеціальное 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 поднимающихъ 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 имѣть пространство, куда будетъ помещаться часть пролетной половины, устой получается значительно большихъ размѣровъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда разводной части нѣтъ.

Другой примѣръ устройства опоръ съ поворотной разводной частью показанъ на рис. 35. Опоры эти принадлежатъ 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, цѣлыя башни, которыя не только служатъ своей прямой цѣли, но и украшаютъ мостъ, придавая ему грандіозный видъ.

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

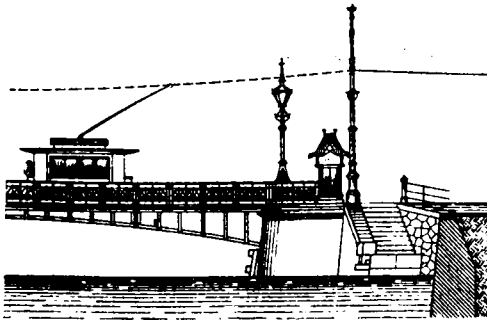


Рис. 33. Фасадъ устоя моста въ Кенигсбергѣ.

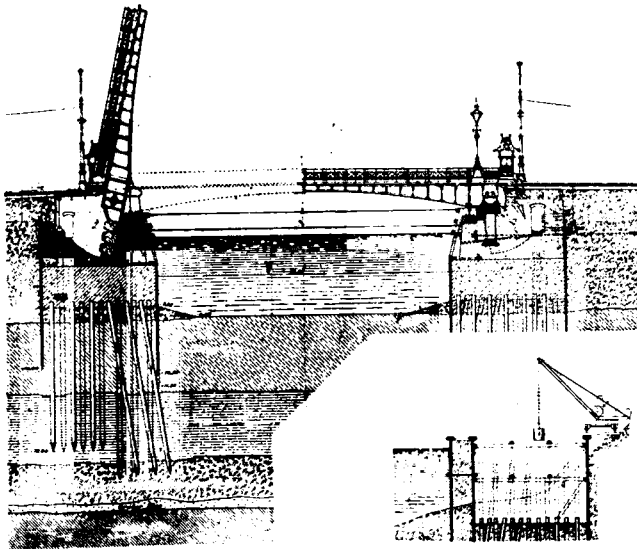


Рис. 34. Разрѣзь устоя того же моста съ показаніемъ устройства основанія.

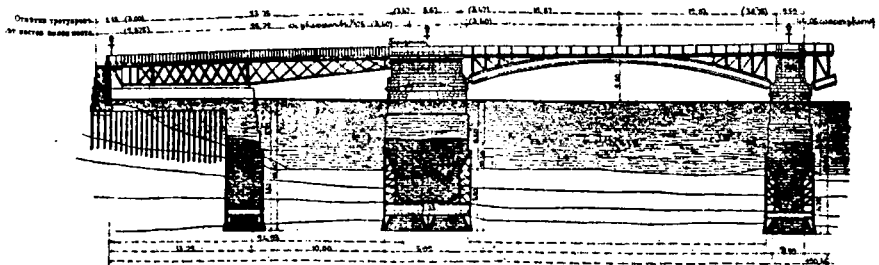


Рис. 35. Разрѣзь устоя Литейнаго (Александровскаго) моста у разводной части.

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

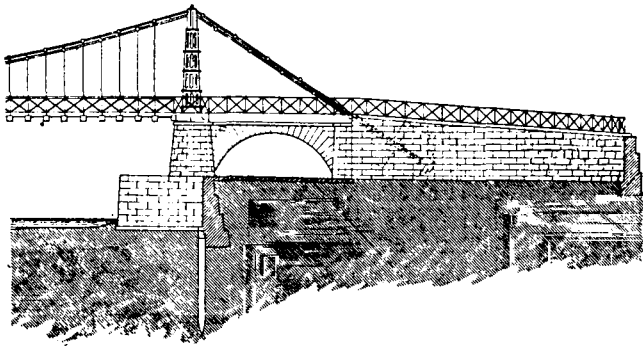


Рис. 36. Устой висячаго моста въ Зеренгѣ.

рис. 36. Мостъ лежитъ черезъ рѣку Маасъ въ Зеренгѣ и имѣетъ пролѣтъ 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 устой, какъ мы видѣли, всегда будутъ значительныхъ размѣровъ, а потому примѣнять къ нимъ, наиримѣръ, понтонные ящики или кессоны не совсѣмъ практично 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 нѣкоторыми наиболее характерными способами устройства этихъ основаній.

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

ней 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 идетъ 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 укрѣпленію 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, свай, спиливаютъ ихъ также подъ водой, и уже на нихъ опускаютъ бетонъ посредствомъ воронки (рис. 37) или опускающаго ящика (рис. 38).

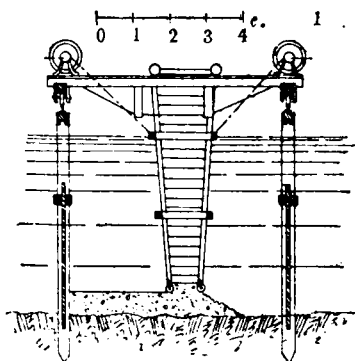


Рис. 37. Воронка для опусканія бетона.

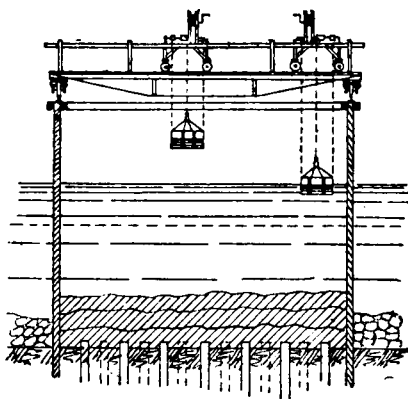


Рис. 38. Опускающіе ящики для той же цѣли.

Иногда примѣняютъ кессоны, особенно если устой находится при высокомъ берегу 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 чемъ 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 чемъ 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 вѣсь 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 вполне возможно. Такъ, въ Петербургѣ подъ быками Александровскаго или Литейнаго моста допущено давленіе въ 15 клгр. 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 саженой 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 клгр. на кв. см. Въ устоѣ Охтенскаго моста при глубинѣ 11 саж. отъ ординара допущена нагрузка въ 10,8 клгр. 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 основанийъ подъ быками, замѣтимъ, что наиболѣе удобнымъ и вѣрнымъ способомъ въ настоящее время является устройство основанийъ при помощи кессоновъ, подробно описанныхъ въ курсѣ основанийъ и фундаментовъ. Здѣсь остается сказать, что размѣры кессоновъ бывають 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 бывають 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 былъ 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 бывають изъ камня, но конечно значительно меньшихъ размѣровъ.

Очень часто примѣнялись до послѣдняго времени при устройствѣ основанийъ подъ быками понтонные ящики. Работы при помощи этихъ ящиковъ производились уже римлянами, отъ которыхъ потомъ перешли въ другія страны Европы. Такъ, быки Николаевского моста въ Петербургѣ имѣють 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 внослѣдствіи снимается, а нижняя остается, предохраняя кладку основанія и самого быка (рис. 39) отъ размыванія.

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

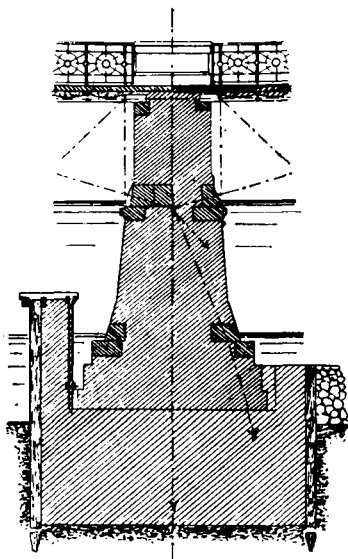


Рис. 39. Бетонное основаніе быка моста у Кюстрина.

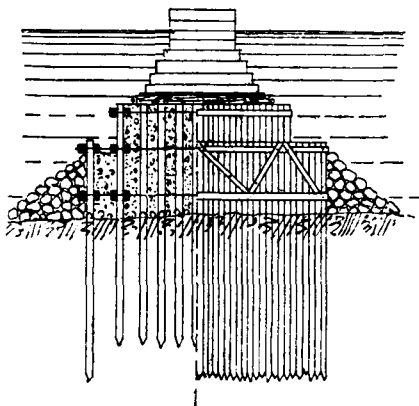


Рис. 40. Основанія быковъ Николаевскаго моста.

17. Укладка бетона въ основаніи устоевъ и быковъ. Бетонъ представляетъ изъ себя матеріалъ чрезвычайно удобный для кладки основаній устоевъ и быковъ. Эти удобства зависятъ отъ того, что бетонъ въ сыромъ видѣ матеріалъ рассычатый, 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 желаютъ придать, безъ всякихъ на это затратъ.

Вотъ почему мы видимъ почти всѣ основанія подъ устоями и быками изъ бетона, исключая, конечно, нѣкоторые древніе мосты, а также новые, гдѣ каменная кладка оказалась дешевле и достаточно удобной для кладки, напр., въ понтонныхъ 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 качества 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 указаніями 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 Иллеръ 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 вполне точно осведомленнымъ 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 извѣстно. 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 опускаемыхъ 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 грунтъ очень часто и примѣняютъ опускаемые ящики.

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

При укладкѣ воронками прежде всего слѣдуетъ стремиться, чтобы передвиженіе воронки было медленное, равномерное 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 рассчитаны въ соотвѣтствіи съ сѣченію 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 равномерности свойствъ въ разныхъ частяхъ бетона. Чѣмъ размеры сѣченія воронки больше, тѣмъ лучше; во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ дѣлать сѣченія менѣе 1 кв. саж. въ свѣту.

Что же касается того обстоятельства, что вскорѣ послѣ укатыванія на поверхности бетона образуется налетъ отъ осадки известкового 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 вполне будетъ достаточна, благодаря кладкѣ слоями и при томъ почти горизонтальными.

Нѣсколько иначе будетъ дѣло съ кладкой при помощи опускаемыхъ 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, накидные массы камня безъ всякаго раствора, и находящіяся 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 матеріалъ не особенно долговѣчный, то очевидно, для каменныхъ мостовъ и желѣзныхъ такая кладка не примѣнима.

Кладку каменную для мостовыхъ устоевъ ведутъ на гидравлическомъ или цементномъ растворѣ, такъ какъ известковый растворъ въ водѣ почти не твердѣетъ 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 получаются неровные и очень толстые.

Понятно само собой, что никакихъ особыхъ причинъ, кромѣ красоты и частью долговѣчности, нѣтъ, чтобы непременно дѣлать облицовку. Существуетъ много мостовъ, сложенныхъ безъ облицовки, при чемъ мосты эти просуществовали много вѣковъ, безъ видимыхъ признаковъ разрушенія кладки. Но тамъ, гдѣ мостъ некрываетъ 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 расшиваются 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 тощій смѣшанный растворъ бываетъ изъ 1-й части цемента портландскаго, 2 частей извести и 6 частей песку. Въ Испаніи на Сѣверной желѣзной дорогѣ смѣшанный растворъ имѣлъ 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 обдѣланы камнемъ или особымъ хорошо обожженнымъ облицовочнымъ кирпичемъ.

При каменной кладкѣ устоевъ мостовъ соблюдаютъ 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 бутоваго камня, они облицовываются для красоты и прочности естественнымъ тесаннымъ камнемъ. Очевидно, камень для этого долженъ быть твердыхъ породъ, трудно подвергающихся вывѣтриванію, даже будучи насыщеннымъ водой и подверженнымъ замораживанію. Наиболѣе часто применяются слѣдующія породы камней: граниты, песчаники, известняки, а также сіениты, порфиры и т. д.

Большинство гранитныхъ породъ прекрасно выполняютъ своё назначеніе, чего нельзя сказать про песчаники и известняки. Между послѣдними попадаются часто такіе сорта, что они отъ одного прикосновенія съ водой распадаются на мелкіе куски. Особенно это относится къ породамъ, содержащимъ большое количество каменной соли или алебастра. 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 полученія 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 опредѣленныхъ размѣровъ камни обтесываются со всѣхъ сторонъ начисто или только съ лица, а въ остальныхъ плоскостяхъ грубо. Растворъ берется съ нескотомъ, но не крупнымъ, а скорѣе мелкимъ, благодаря чему и количество его должно быть меньше. Обыкновенно составъ изъ 1 части цемента и 2 частей песка.

Такъ какъ облицовочные камни полезно дѣлать по возможности крупныхъ размѣровъ, то укладывать ихъ на растворъ правильно 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 немного 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 портитъ 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, которыя могутъ быть доступны водѣ. Поэтому, такую кладку ведутъ лишь

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

Надо обратить вниманіе, что въ мѣстахъ, гдѣ уровень воды часто мѣняется или часто происходитъ 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 нераціонально, 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 пирановъ. Работа по облицовкѣ при этомъ будетъ дороже и потому, что приходится облицовку дѣлать не въ одинъ наружный камень, а класть тесаные 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 Лионѣ (рис. 41).

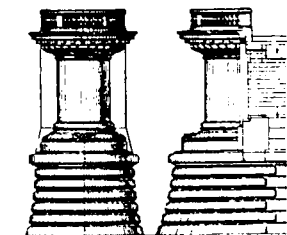


Рис. 41. Обработка быковъ моста въ Лионѣ.

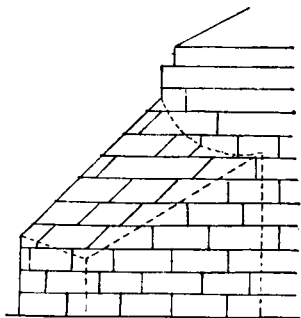


Рис. 42. Облицовка ледорѣза камнями съ горизонтальными постелями.

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

наклонными, перпендикулярными къ линіи ребра. Тогда, какъ видно изъ рис. 43 и 44, получится и небольшая часть горизонтальнаго шва, на которомъ лежитъ камень не самаго верхняго, а слѣдующаго ряда. Чтобы ка-

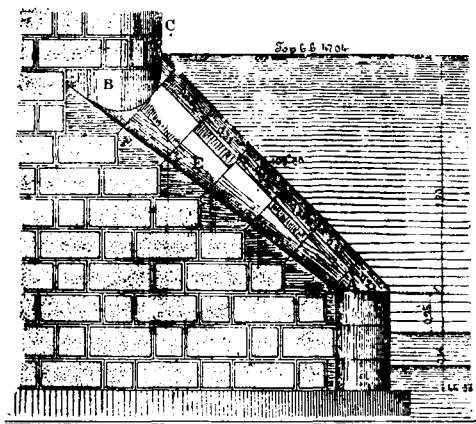


Рис. 43. То же камнями со швами, нормальными къ линіи ледорѣза.

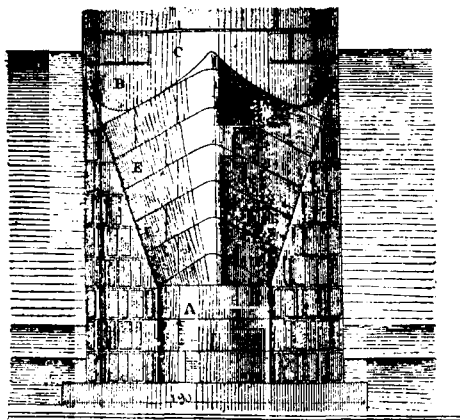


Рис. 44. Передній фасадъ предыдущаго ледорѣза.

мни не сползали, они удерживаются крайнимъ, а также треніемъ. Можно, конечно, теску камней вести такъ, что часть камней будетъ стоять на горизонтальной плоскости, т. е. вести теску колѣнами.

Это очень хорошо съ теоретической точки зрѣнія, но въ практикѣ не совсѣмъ удобно и при томъ дорого. Неудобство кладки такихъ камней заключается въ томъ, что весьма трудно пригнать камни такъ, что они будутъ плотно прилегать другъ къ другу. Во всякомъ случаѣ передъ обработкой камней, камнетесамъ необходимо выдать шаблоны и эскизы въ натуральную величину, такъ какъ иначе немислима тщательная и аккуратная работа. — Разница между шаблономъ и эскизомъ та, что шаблонъ даетъ только фигуру профиля, а эскизъ даетъ всю плоскость камня въ натуральную величину.

Когда ледоходъ на рѣкѣ небольшой, ледорѣзы дѣлаются довольно крутыми и ледъ разбивается непосредственно о стѣнки быка. Тамъ, гдѣ нѣтъ вовсе ледохода, ледорѣзы совершенно отсутствуютъ, какъ мы уже говорили, и, наоборотъ, гдѣ ледоходъ слишкомъ великъ и льдины очень крѣпки, стараются передъ

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

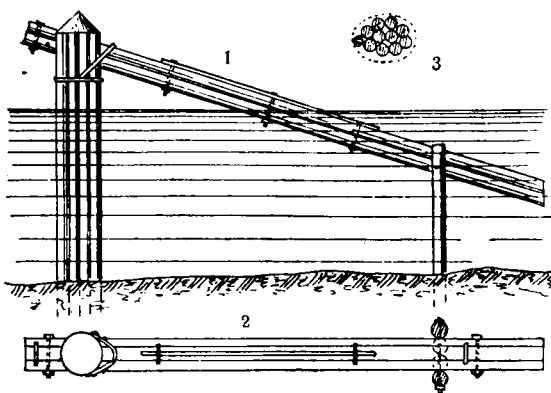


Рис. 45. Деревянный ледорѣзъ.

Деревянные ледорѣзы состоятъ изъ куста свай, забитыхъ въ дно рѣки передъ быками на извѣстномъ разстояніи, а къ этому кусту наклонены подъ небольшой уголъ 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 при-
мѣняются, лѣсъ обыкновенно бываетъ въ изобиліи.

IV. Устройство каменныхъ пролетныхъ частей.

21. О пролетныхъ частяхъ вообще. Пролетныя части бываютъ изъ естественнаго камня, кирпича, бетона и же-
лѣзо-бетона. Только изъ послѣдняго матеріала иногда дѣлаютъ балочныя пролетныя части; во всѣхъ же остальныхъ случаяхъ пролетныя части всегда арочной системы.

Насколько это выгодно для прочности и устойчивости самихъ арокъ, настолько это невыгодно для устойчивости устоевъ. Быки и въ этомъ случаѣ будутъ въ весьма хорошихъ условіяхъ, такъ какъ дѣйствіе двухъ противоположныхъ арокъ не измѣнитъ вертикальной передачи груза на фундаментъ.

Отношеніе 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 имѣетъ толщину въ замкѣ въ 1:60 пролета; мостъ въ Нейли 1:27 пролета и т. д.

Величина пролета и толщина свода зависятъ не только отъ качествъ матеріала, на него употребляемаго, но и отъ величины нагрузки, которая на него приходится. Со времени открытія 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 громаднѣй, 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 конечно въ замкѣ, такъ какъ къ пятамъ толщина увеличивается до двухъ разъ.

22. Виды пролетныхъ частей. Пролетныя части имѣютъ какъ разныя формы направляющихъ кривыхъ, такъ и разный видъ кладки, въ зависимости отъ матеріала кладки и формы опоръ. Когда продольная ось моста перпендикулярна къ передней сторонѣ устоя или быка, то мостъ носитъ названіе прямого, а если нѣтъ, то косоугого.

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



Рис. 46. Фасадъ косо́го моста на Шпре.

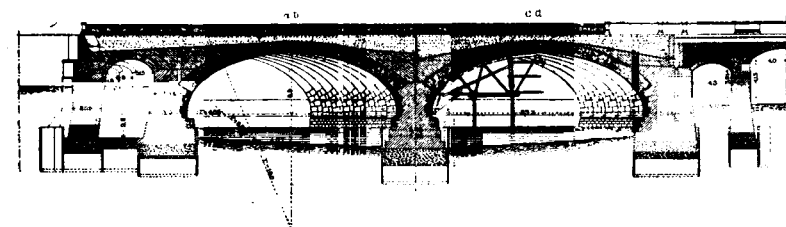


Рис. 47. Разрѣзь того же моста.

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

Для того, чтобы со-
всѣмъ 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 сверху него
еще нѣсколькихъ мень-
шихъ сводовъ и арокъ,
чтобы можно было по-
ложить балластъ для
проѣзжей части, иначе количество балласта и нагрузки будетъ
громодно.

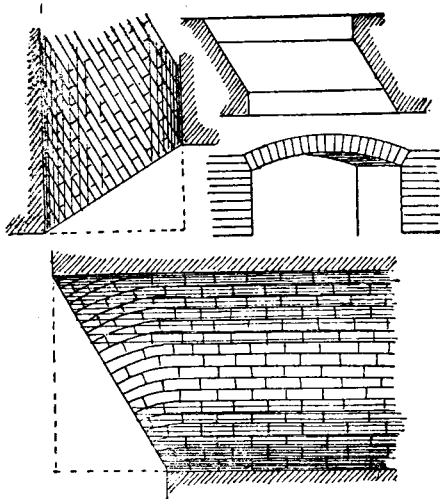


Рис. 48. Кладка косыхъ сводовъ.

Часто одинъ сводъ черезъ всю рѣку вызываетъ все же устройство
опоръ, независимо отъ того, что сводъ опирается прямо на грунтъ. Пре-
красный примѣръ такихъ опоръ виденъ изъ рис. 49, относящійся къ мосту
Лавуръ на желѣзной дорогѣ въ Кастръ. Пролетъ главной арки или свода

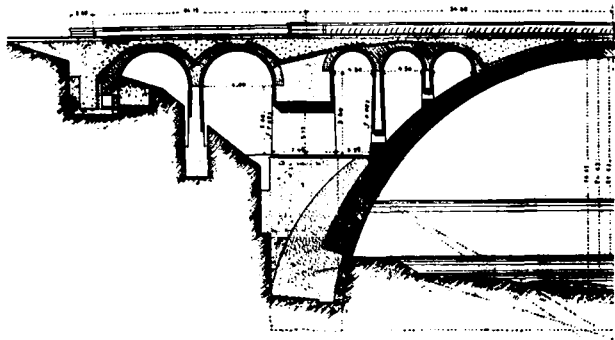


Рис. 49. Разрѣзъ моста Лавуръ.

61,5 метра. Мостъ построенъ въ 1882—1884 году инженеромъ Сажурне. 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, приведеннаго на рис. 7.

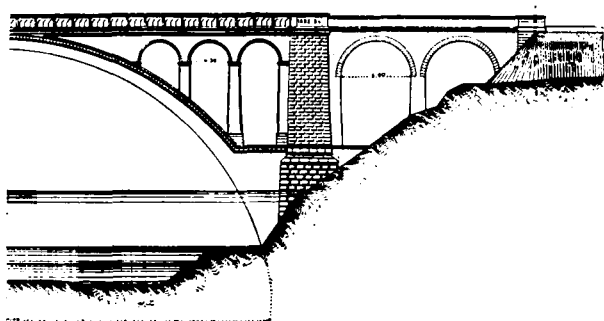


Рис. 50а. Фасадъ этого моста.

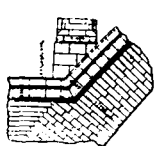


Рис. 50в. Детали кладки этого моста.

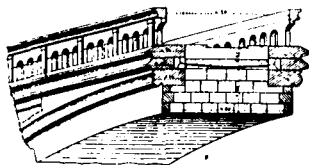
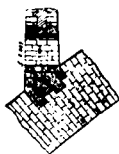


Рис. 50с. Поперечный разрѣзъ свода этого моста.

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 полученъ 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.

Отдѣльные 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 работъ 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 больше рядовъ, при чемъ соблюдаютъ съ фасада перевязь швовъ, какъ и внутри.

Лицевая поверхность свода всегда обдѣлывается чистой теской въ гладь, тогда какъ щечовыя 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, гдѣ свехъ 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-

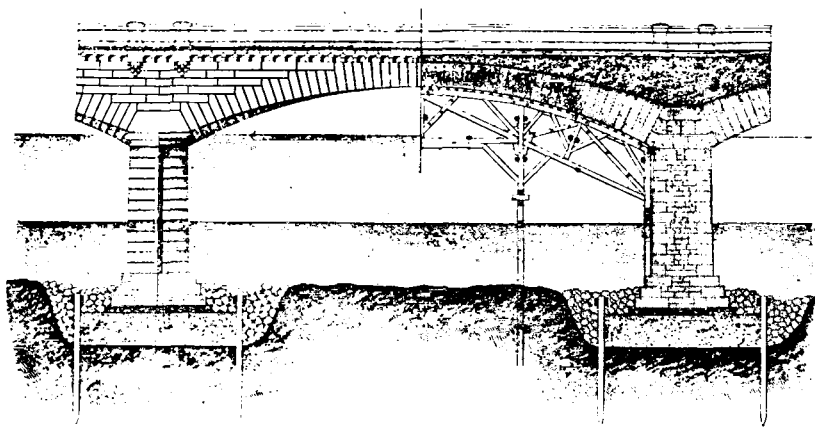


Рис. 51. Фасадъ и разрѣзь моста у Лютиха.

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

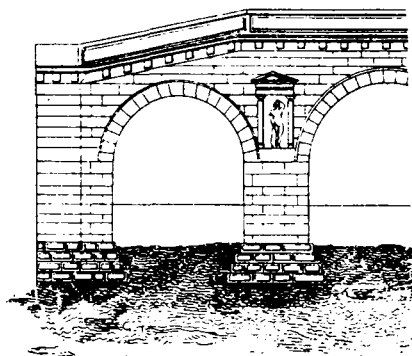


Рис. 52. Фасадъ моста со сводомъ, верхняя поверхность котораго кривая.

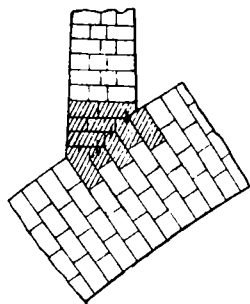


Рис. 53. Деталь сопряженія поперечной стѣны съ главнымъ сводомъ.

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 расшиваются 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 кружалъ. Лучше всего, какъ при устройствѣ опоръ, законопачивать швы снаружи паклей или прокладывать въ швахъ веревки. Последній способъ хорошъ тѣмъ, что непосредственно даетъ швы равной толщины, что весьма важно какъ для красоты, такъ и правильности работъ. 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 извѣстно, всякая сплошная каменная арка относительно разсчета устойчивости и прочности является статически неопредѣлимой, и мы принуждены для этого разсчета 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 разсчетъ статически опредѣлимымъ. Къ сожалѣнію, камень, матеріалъ не обладающій вовсе тѣми прекрасными свойствами, какія присущи желѣзу или стали, а потому, чтобы сдѣлать шарниры, приходится примѣнять матеріалъ вовсе не каменный, а металлическій, т. е. дѣлать шарниры совсѣмъ такіе 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 свинцовыя прокладки.

Цѣль шарнировъ не только облегчить расчетъ 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 раскружаливанія 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 совѣтуетъ во избѣжаніе этихъ недостатковъ скашивать кромки камней къ пятамъ, что мы видимъ на рис. 5 и 6.

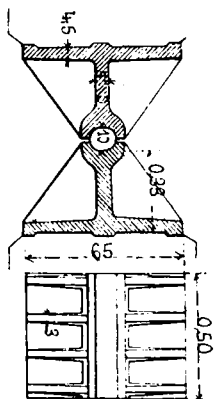


Рис. 54. Шарниръ чугуный
моста у Индигкофена.

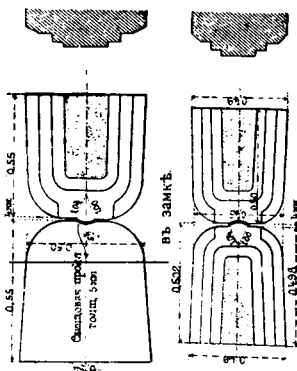


Рис. 55. Шарниръ каменный моста
на пути въ Дрезденъ.

Понятно, что если оставить наружные швы открытыми, т. е. дѣлать пустошовку, то уже этимъ однимъ 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 раскруживанія.

Другой весьма дешевый способ достичь того же, что достигается посредством шарнировъ, заключается въ томъ, что въ замкѣ и въ пятахъ на среднюю треть толщины арки кладутъ 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 давленіе на камни, прикасающіеся къ этимъ прокладкамъ, будетъ сравнительно больше, а именно, втрое, почему ихъ надо дѣлать изъ болѣе твердыхъ породъ. Остающіеся на одну треть пустые швы въ мѣстахъ прокладокъ задылаются вполнѣ въ послѣдствіи по полной осадкѣ арки или свода.

25. Устройство сводовъ изъ кирпича. Лучшее всего—если кирпичъ для мостовыхъ арокъ или сводовъ будетъ лещевымъ, т. е. съ постелями не параллельными, а наклонными по радіусу кривизны арки. Но цѣна такого кирпича выше цѣны обыкновеннаго, 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 будетъ очень толстой, то швы кверху получаются безобразно толстыми, да кромѣ того самая кладка будетъ очень непрочной. Во избѣжаніе 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 нѣскольку рядовъ въ перемежку.

Въ то время, когда для кладки изъ тесаннаго камня значеніе раствора самое незначительное, для кладки изъ кирпича растворъ имѣетъ громадное вліяніе, 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 выветриванію на открытомъ воздухѣ, подвергаясь дѣйствію воды и мороза, то въ большинствѣ случаевъ арки или своды изъ кирпича облицовываются или естественнымъ камнемъ или особымъ облицовочнымъ кирпичемъ, подобно тому, какъ это дѣлается въ гражданскихъ сооруженіяхъ. Въ послѣднемъ случаѣ облицовка

идеть одновременно съ кладкой, такъ какъ размѣры кирпичей всегда одинаковы. Впрочемъ, и облицовку камнемъ дѣлають одновременно съ кирпичной кладкой. Разница только та, что швы 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 кирпичнаго моста съ кирпичной же облицовкой. Мостъ находится близъ Берлина въ Кепеникѣ и построенъ въ 1890—1891 году. Ниже мы дадимъ подробное описаніе постройки этого моста.

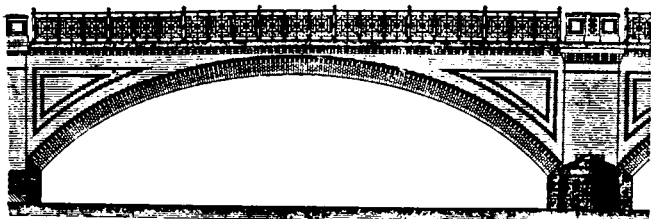


Рис. 56. Фасадъ моста близъ Берлина, съ кирпичной облицовкой.

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

Здѣсь растворъ имѣетъ такое же большое значеніе, какъ при кладкѣ изъ кирпича, если не больше. Поэтому будетъ очень рационально примѣнять растворъ цементный или смѣшанный.

Опытъ показалъ, что смѣшанный растворъ въ камняхъ съ гладкими поверхностями сдѣлается лучше, чѣмъ чистый цементный растворъ съ пескомъ. Это происходитъ повидимому отъ того, что цементный растворъ быстрее твердѣетъ; имѣетъ меньшую эластичность, и разъ нарушенное при осадкѣ сдѣлание уже не возобновляется вновь, чего нельзя 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 предпочитать 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 работъ.

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

Здѣсь будетъ уместно указать на одно весьма интересное обстоятельство, а именно на то, что арки изъ тесаннаго камня обладаютъ однимъ большимъ недостаткомъ, особенно если камни были гладко обтесаны въ постеляхъ, давать перемѣщеніе камней или скользить вдоль швовъ внизъ. Благодаря этому, камни съ теченіемъ 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 пролѣзжей части появляются трещины, куда попадаетъ вода, что еще болѣе ускоритъ разрушеніе 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 твердѣетъ 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 кривой 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 громаднхъ 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 слѣдовательно, чтобы въ проѣзжей части имѣлся разрывъ въ линіи касанія съ опорой. Между тѣмъ дѣлать этотъ 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 извѣстной 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 испытаніе.

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

Очень часто придаютъ бетоннымъ мостамъ видъ каменныхъ. Въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ особымъ щитамъ, на которыхъ набиты рейки для образованія бороздъ въ видѣ швовъ, самая же набивка бетона производится слоями, нормальными къ кривой арки. Съ вѣншей 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. Отличіе 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 усиліямъ. Это весьма важно для устойчивости свода или арки, и потому слѣдуетъ всегда отдавать предпочтеніе желѣзо-бетоннымъ конструкціямъ передъ бетонными.

Къ сожалѣнію, какъ показали опыты, желѣзо въ бетонѣ сохраняется не особенно долговѣчно, и мы имѣемъ случаи, когда черезъ 15 лѣтъ желѣзо въ бетонѣ потеряло всякое значеніе, 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 желѣзные части обдѣлывали 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 оказывалось, 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 твердѣетъ, и слѣдовательно 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 сооружений, кружала устраиваются такъ же, какъ тамъ. Но въ тѣхъ случаяхъ, когда пролетъ больше 10 саж. или 20 метровъ, является уже необходимымъ дѣлать кружала, образуясь 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, вѣрную и смѣшанную. Ни бабочная система, ни лучистая, ни другія, примѣняемые 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 Пфальцелѣ. Пролетъ сводовъ довольно небольшой, а именно: 22 метра.

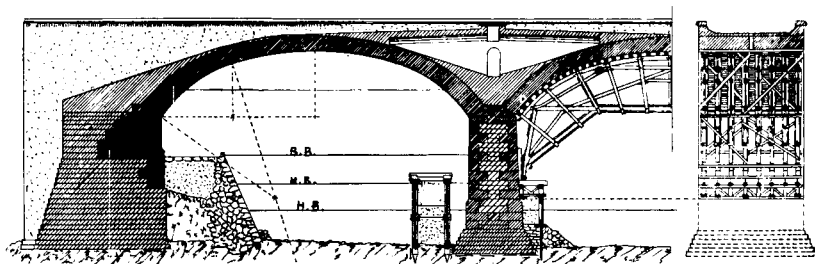


Рис. 57. Разрѣзъ моста при Пфальцелѣ, съ кружалами подкосной системы.

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

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

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

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

Арочная система кружалъ уже значительно сложнее подкосной. Мы приводимъ на рис. 58 образецъ устройства такихъ кружалъ у моста Адольфа въ Люксембургѣ, имѣющемъ пролетъ, 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, схваченныхъ болтами (рис. 59).

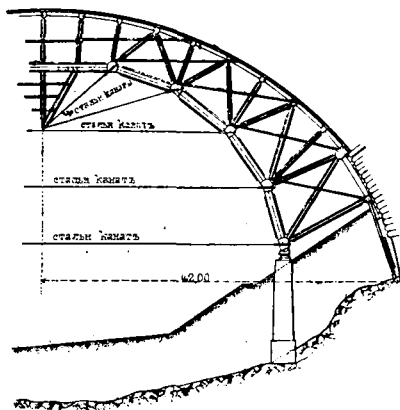


Рис. 58. Кружала моста Адольфа арочной системы.

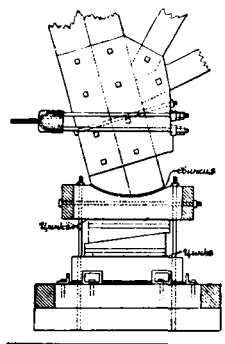


Рис. 59. Деталь башмака этихъ кружалъ.

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

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

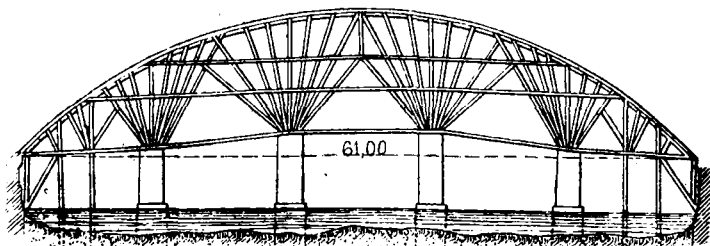


Рис. 60. Кружала вѣрной системы моста черезъ рѣку Дее.

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

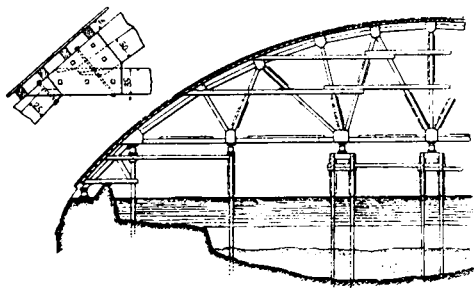


Рис. 61. Крусала вѣрной системы на сваяхъ моста Antoinette.

Въ большинствѣ случаевъ промежуточные опоры для поддержанія крусалъ устраиваются на сваяхъ (рис. 61). Очевидно, что при очень высокихъ мостахъ эти крусала будутъ дороже предыдущихъ, имѣющихъ точку опоры непосредственно на берегу.

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

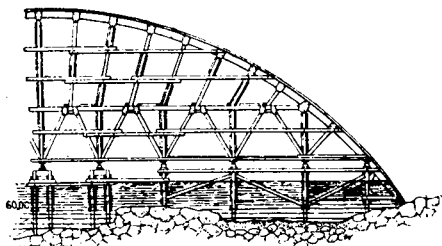


Рис. 62. Крусала сложной системы виадука Gour-Noir.

системъ одновременно, что встрѣчается 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

вѣрныхъ. Понятно, что въ этомъ случаѣ загорожено все пространство рѣки, и прохода для судовъ нѣтъ.

29. Необходимыя приспособленія при устройствѣ крусалъ и лѣсовъ. Одни крусальные ребра, какъ извѣстно, 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. Расчетъ 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 брусевъ 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 винтъ необходимо класть подъ каждую точку опоры кружала, а потому, чѣмъ меньше будетъ этихъ опоръ, тѣмъ проще и дешевле будетъ работа. Въ этомъ отношеніи кружала подкосной и арочной системы выигрываютъ, чѣмъ вѣрной.

Наконецъ, для возможности кладки свода необходимо устраивать лѣса; иначе нельзя будетъ доставить на мѣсто работъ матеріалъ. 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 промежуточные временныя опоры, или настилъ класть прямо на прогоны, поддерживаемые многими сваями на небольшомъ сравнительно разстояніи, какъ показано на рис. 64.

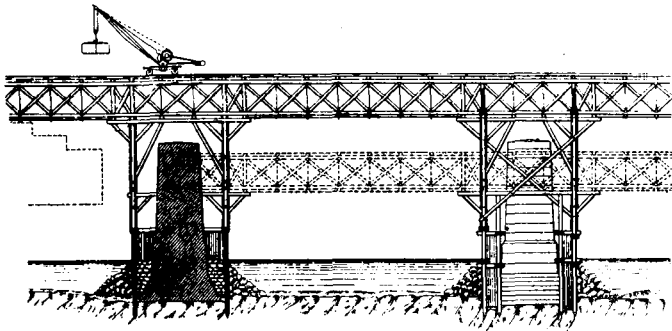


Рис. 63а. Устройство лѣсовъ при постройкѣ моста при Пфальцелѣ; фасадъ.

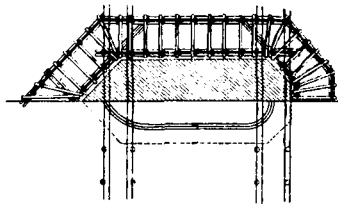


Рис. 63б. Тоже планъ.

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

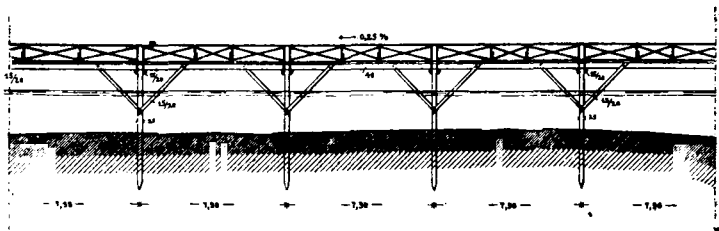


Рис. 64. Устройство простыхъ лѣсовъ на часто поставленныхъ сваяхъ.

дится имѣть возможность подавать матеріалъ 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 чемъ верхній ярусъ служить только для того, чтобы перевозить матеріалъ на всякое мѣсто плана кладки и оттуда

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

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

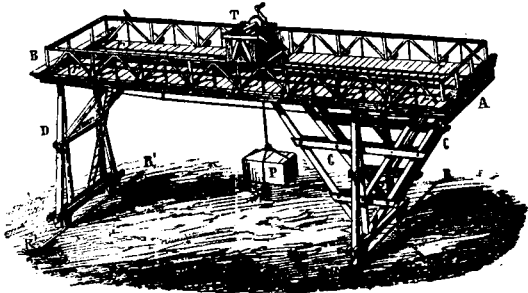


Рис. 65. Устройство передвижного крана.

Здѣсь для ясности неподвижная площадка тѣсовъ показана въ видѣ поверхности земли, а самый кранъ, двигающійся по рельсамъ, и на которомъ стоитъ лебедка, катящаяся по рельсамъ на верхней площадкѣ крана, показанъ какъ бы самостоятельнымъ сооруженіемъ. Изъ рисунка ясно видна возможность доставить камень на любое мѣсто на полостъ 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 нѣкоторую часть ея. Слѣдовательно, другую часть нагрузки несутъ 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 вынута кружалъ осадка можетъ быть еще такая же. Такимъ образомъ вся осадка арки и свода противъ того, что было сдѣлано при вычерчиваніи кружалъ, можетъ оказаться равной 0,02 пролета.

Въ приведенномъ выше мосту въ Нейли эта осадка была 0,0156 черезъ нѣсколько дней. Кирпичныя 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 были 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 меньше. Къ пятамъ, какъ было изложено въ курсѣ сводовъ гражданскихъ сооружений, эта высота уменьшается пропорціонально разстоянію отъ пятъ къ замку, при чемъ въ пятахъ она равна нулю.

Сопоставляя все изложенное выше, видимъ, что осадка кружалъ сама по себѣ никакого вреда не приноситъ, но что вредъ заключается въ возможности при слабыхъ кружалахъ измѣненія формы, такъ что вначалѣ кружала поднимаются отъ тяжести кладки съ боковъ сверху, а уже при окончаніи кладки начинаютъ 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 будутъ ничѣмъ гарантированы, и мостъ можетъ разрушиться.

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

кружалъ 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 достигнуть вполне крѣпкой и неизмѣняемой связи между отдѣльными кусками деревянныхъ брусьевъ.

Чтобы избѣжать совершенно измѣненія формы кружалъ во время кладки арки, особенно же выпучиванія кружалъ кверху, еще до приступа къ кладкѣ нагружаютъ замочную часть кружалъ камнями и держатъ 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 будетъ совершенно готова и когда будетъ 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 будутъ 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 возведенныя арки, хотя это случается рѣдко.

Если по дороговизнѣ нельзя будетъ ставить винты для опусканія кружалъ, 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. Мѣшки съ пескомъ или горшки, конечно, будутъ удобнѣе, хотя требуютъ прикрытія 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 вътрое болѣе величины давленія въ наиболѣе опасномъ мѣстѣ. 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 деревянные кружала отъ времени высыхаютъ и подверженныя значительному давленію довольно значительно ссыхаются, и этимъ какъ бы автоматически сами опускаются и при томъ очень равномерно и медленно.

32. Производство работъ по укладкѣ камней и бетона. Укладка камней для устройства арокъ производится

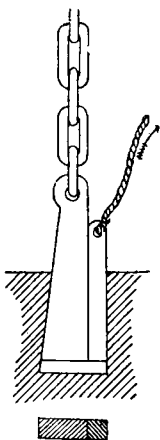


Рис. 66. Устройство подъёмныхъ клиньевъ.

въ извѣстномъ порядкѣ, иногда весьма отличнымъ другъ отъ друга. Такъ, если мы имѣемъ дѣло съ тесаннымъ камнемъ значительнаго 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 примѣнять для этого особыя приспособленія въ видѣ клиньевъ или волчьихъ лапъ, какъ показано на рис. 66.

Укладка посредствомъ этихъ приспособленій имѣетъ 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, выравнивать 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 cadaго камня, а направленіе швовъ провѣряется по малкѣ или воровѣ.

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 заливают жидким раствором по укладкѣ всѣхъ камней.

, При прямыхъ мостовыхъ сводахъ камни приходится тесать только по двумъ системамъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей: перпендикулярной къ опалубкѣ или по направленію 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 эшюры въ натуральную величину, такъ какъ иначе могутъ происходить ошибки, трудно исправимыя впоследствии.

Кромѣ всего этого надо имѣть въ виду, что и при тесовой кладкѣ соблюдается правильная перевязь, тѣмъ болѣе, что значеніе раствора почти отсутствуетъ и мало влияетъ 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 къ щековой поверхности. Остальные правила уже извѣстны.

Такъ какъ укладку бетона лучше производить слоями, нормальными къ кривой опалубки, то необходимо дѣлать особыя 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 дѣлаютъ балочные мосты.

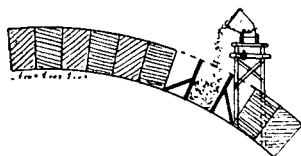


Рис. 67. Щиты для кладки бетона.

На рис. 68 показанъ мостъ системы Геннебика черезъ Вьеннъ 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 желѣзобетона. Арматура всѣхъ частей сооруженія (рис. 69) сдѣлана изъ стали, сопротивленіе разрыву которой должно было равняться не менѣе 4200 кил. на кв. см.

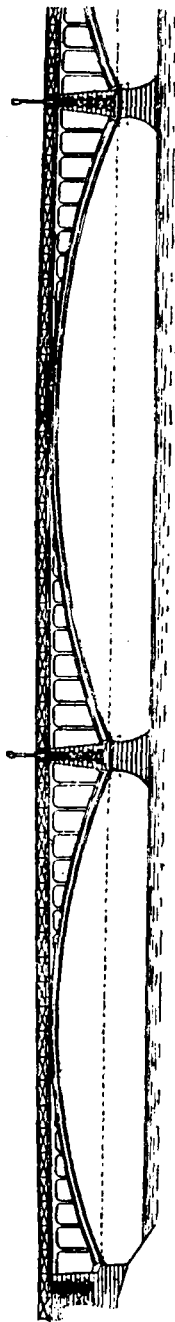


Рис. 68. Фасадъ желѣзо-бетоннаго моста системы Геннебика въ Шателеро.

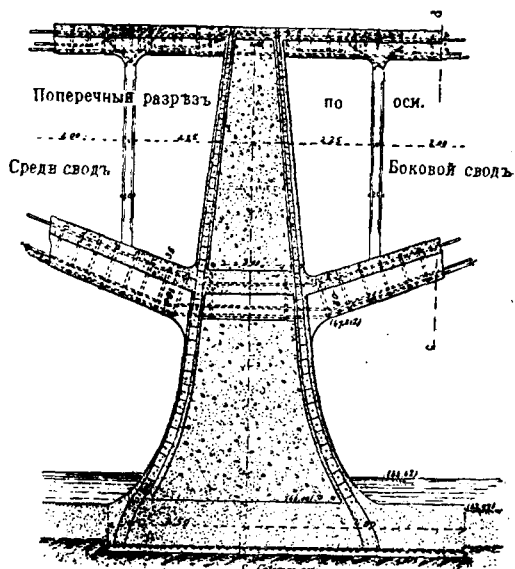


Рис. 69. Разръзъ быка того же моста изъ желѣзо-бетона.

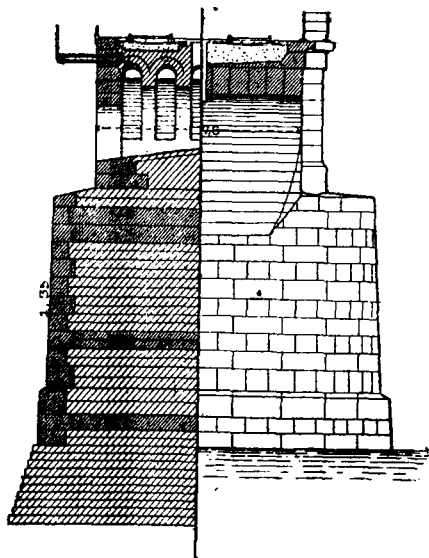


Рис. 70. Разръзы (поперечные) моста съ продольными стѣнками при Пфальцелѣ.

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

VI. Устройство проѣзжей части моста.

33. Надсводныя стѣнки. Выше мы указали, что пазухи сводовъ обыкновенно получаютъ 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 задѣланными, и слѣдовательно щечковыхъ или продольныхъ стѣнокъ не сдѣлано. Между тѣмъ на рис. 70 показанъ мостъ, гдѣ вмѣсто сплошной забутки сдѣланы продольныя стѣнки. Послѣдній способъ имѣетъ 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 больше затрудненій при расчетѣ 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 нѣтъ 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 рассчитаны.

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 меньше 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 бы разрушеніе на болѣе продолжительное время, но все же не спасъ 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 толщиной въ 2,5 вершка и затѣмъ покрываютъ бетонъ жирнымъ цементнымъ растворомъ слоемъ въ 0,5 вершка. Но такъ какъ въ подобномъ слоѣ легко появляются трещины, уничтожающія все значеніе смазки, то сверхъ ихъ кладется слой асфальта толщиной отъ 1 до 2 дюймовъ. Асфальтъ имѣетъ то достоинство, что можетъ, благодаря своей эластичности, вытягиваться, не теряя связи между частицами. Вмѣсто асфальта для дешевизны часто примѣняютъ смолистый бетонъ, сверхъ забутки.

Смолистый бетонъ готовятъ 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 перемѣшиванія прибавляютъ 0,6 части противъ смолы песку и наконецъ 11 частей полученнаго тѣста смѣшиваютъ съ 9 частями щебня.

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

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

ляется изъ болѣе мягкаго асфальта съ большимъ количествомъ гудрона, тогда какъ верхній изъ болѣе твердаго и при томъ съ примѣсю 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 особые колодцы и затѣмъ по трубамъ опускается въ рѣку возлѣ устоевъ и быковъ. Трубы для отвода воды дѣлаются гончарныя или чугуныя.

35. Устройство каменной мостовой и тротуаровъ. 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 лучше больше, доходя до 4 футовъ. Назначеніе песчанаго слоя состоитъ въ томъ, чтобы ослабить вредное вліяніе на сводъ случайныхъ ударовъ мгновенной или ударной нагрузки и т. д. Песокъ насыпается не раньше, чѣмъ окрѣпнуть смазка и забутка.

Самая мостовая кладется совершенно такъ же, какъ на улицахъ и дворахъ.

Бетонная мостовая можетъ быть положена непосредственно на забутку или смазку. Роль песка здѣсь выполняетъ монолитность 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 вполне рационально по своей прочности.

Въ небольшихъ мостахъ вода успѣваетъ стекать прямо по мостовой, если послѣдняя имѣетъ продольный и поперечный уклонъ, такъ что въ устройствѣ указанныхъ выше приспособленій 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

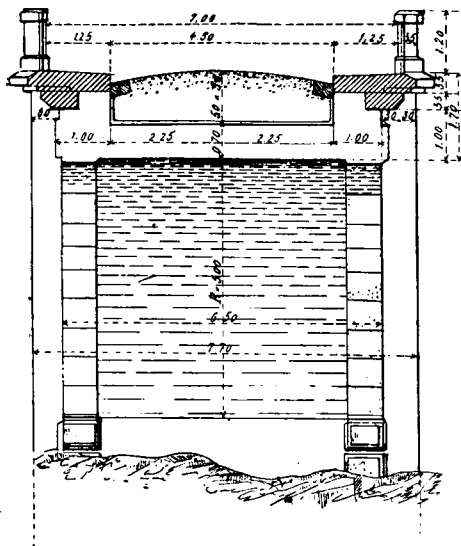


Рис. 71. Разрѣзъ тротуара и свода съ устройствомъ проѣзжей части.

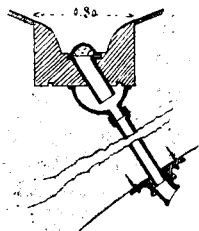


Рис. 72. Деталь лотка для отвода воды съ моста изъ тесаннаго камня.

непроницаемого слоя смазки. Поэтому очень часто отводные трубы в длинных мостах помещают непосредственно в лотках на известном расстоянии (рис. 72).

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

36. Карнизы и перила на каменных мостах.

Назначеніе карнизовъ не только въ томъ, чтобы украшать мостъ, но и въ томъ, чтобы предохранить щечовыя поверхности его отъ воды, которая, унося пыль съ панели или тротуара, пачкаетъ и портитъ 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 карнизными камнями устраиваются перила изъ кирпича, камня или бетона. Высота перилъ должна быть не менѣе 1.5 аршина.

Когда перила дѣлаются металлическія, то послѣднія укрѣ-

плюются 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.

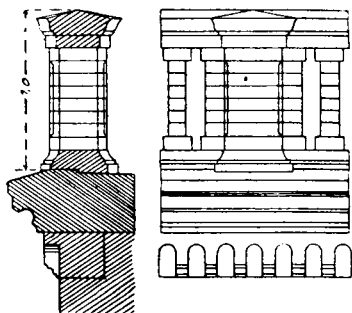


Рис. 73. Устройство каменныхъ периль съ карнизомъ.

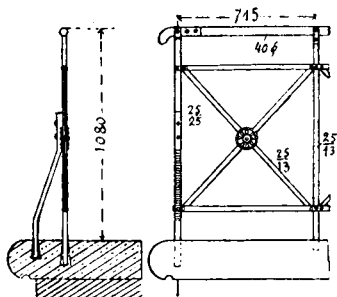


Рис. 74. Желѣзные перила съ кронштейнами.

37. Устройство виадуковъ, акведуковъ и туннелей. Такъ какъ виадуки представляютъ собою тѣ же мосты, но лежащіе въ пространствѣ, лишенномъ 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 ненормальнаго 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 забучена не горизонтально, а подъ одинъ общій уклонъ во всю длину.

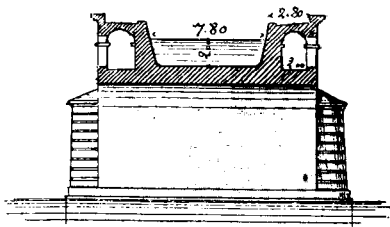


Рис. 75. Видъ желоба акведука и быка подъ нимъ на рѣкѣ Орбѣ.

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 теченіемъ времени находитъ себѣ путь для просачиванія.

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 естественнаго 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 дѣлаютъ 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 идетъ слой асфальта толщиною не менѣе 0,6 дюйма, при чемъ, если не дѣлаютъ 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 матеріала 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 вполне удовлетворительныхъ результатовъ, а потому въ послѣднее время вмѣсто непроницаемаго желоба стали прокладывать прямо водопроводныя трубы громаднаго діаметра. Трубы дѣлаютъ или изъ чугуна или изъ бетона, соединяя отдѣльныя части совершенно такъ, какъ это дѣлается въ водопроводныхъ или канализаціонныхъ трубахъ.

Чтобы быть увѣреннымъ въ хорошемъ устройствѣ соединений, трубы испытываются до пріемки 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 нѣсколько отличается по устройству своему отъ моста, хотя такъ же, какъ мостъ, служить для сообщенія двухъ мѣстностей, раздѣленныхъ 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.

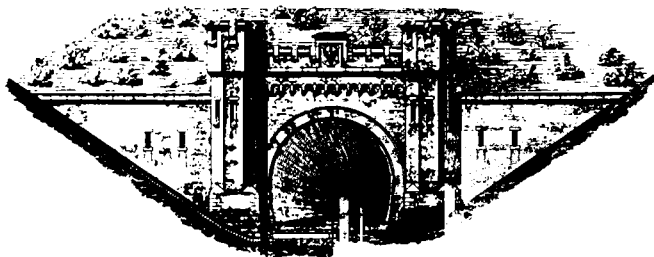


Рис. 76. Туннель по дорогѣ въ Аахенъ.

Единственно удобнымъ способомъ сложить сводъ, когда пространство сверхъ свода закрыто, — это производить кладку отдѣльными неширокими арками, перевязывая ихъ на извѣстномъ лишь разстояніи, а не сплошь, 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 матеріаломъ.

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 тѣдою 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 будутъ всѣ данныя. Подъ такимъ названіемъ разумѣютъ всѣ свѣдѣнія, нужныя при проектированіи моста, а слѣдовательно, имѣющія или могущія имѣть вліяніе на размѣры цѣлаго моста и отдѣльныхъ его частей, а также вліяніе на выборъ того или другого матеріала, той или другой формы. Сюда прежде всего относятся мѣстныя изысканія, въ составъ которыхъ входитъ:

I. Опредѣленіе профили мѣстности.

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

III. Опредѣленіе профили 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: опредѣленіе бассейна главнаго русла или его притоковъ; опредѣленіе 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 новаго не прибавятъ для измѣненія проекта, составленнаго на основаніи горизонта высокихъ водъ и устойчивости моста отъ нагрузки. Исключеніе составляютъ очень узкіе мосты, шириною менѣе 4-хъ саженой. 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, нами приводимыхъ. Въмѣсто 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. Последнюю въ этомъ случаѣ также стремятся 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. Руслó 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, гдѣ русло наиболѣе неподвижно. Одни (Dupuit) совѣтуютъ выбирать прямолинейные участки рѣки, другіе (Croizette - Desnoyers), наоборотъ, — наиболѣе крутые изгибы рѣки, основываясь на томъ фактѣ, что тамъ, гдѣ рѣка, имѣя наиболѣе быстрое и кривое теченіе, долго не мѣняла русла, послѣднее очевидно очень неподвижно. Къ сожалѣнію, при большой кризиснѣ 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 отдѣленнымъ отъ берега проваломъ.

Какъ намъ извѣстно, дѣлать косые своды нераціонально, а потому нужно или измѣнить направленіе дороги такъ, чтобы оно было нормально къ теченію 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 осторожностію, такъ какъ опытъ показалъ, что въ большинствѣ случаевъ новое русло влеку 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 палліативной.

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

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

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

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

Съемка должна представлять подробный планъ мѣстности въ горизонталяхъ, 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 Некаръ между Штудтгартомъ и Каништадтъ. На этомъ планѣ не показаны лишь высоты въ горизонталяхъ, какъ это было указано, и что всегда слѣдуетъ дѣлать по образцу на рис. 78.

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

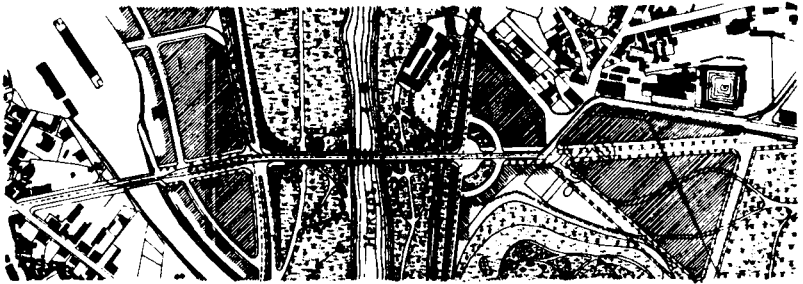


Рис. 77. Планъ мѣстности при рѣкѣ Некаръ.

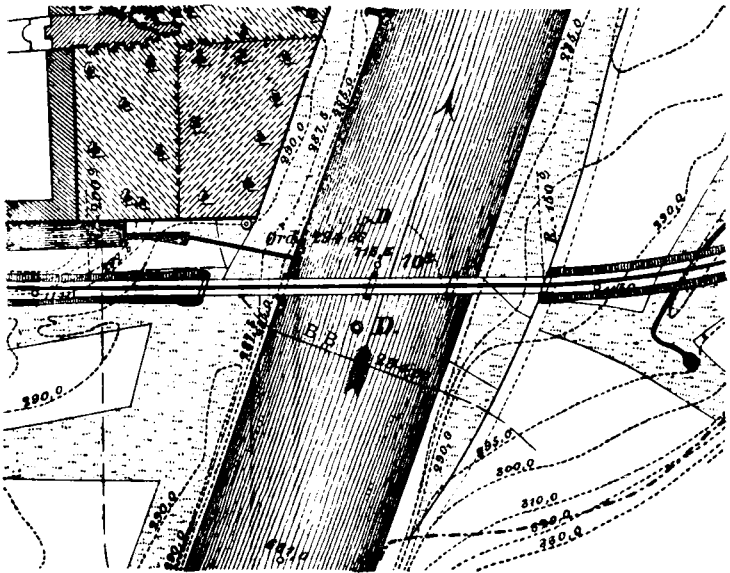


Рис. 78. Планъ мѣстности съ горизонталями на рѣкѣ Везиръ.

Какъ ясно изъ рисунка, мостъ здѣсь не каменный, а желѣзный, причемъ видно, что мостъ арочный, съ каменными быками и въ пять пролетовъ.

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

ныя на теченіи рѣки, сразу показываютъ, насколько рѣка разливается при извѣстномъ уровнѣ.

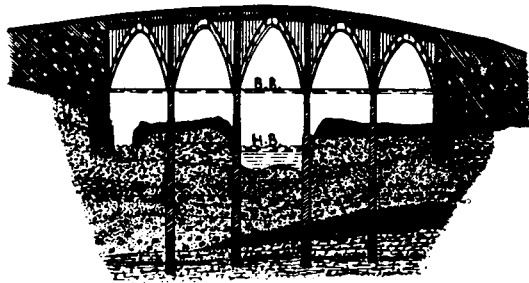


Рис. 79. Профиль моста и разрѣзъ грунтовъ на рѣкѣ Некаръ (77).

Планъ въ горизонталяхъ 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.

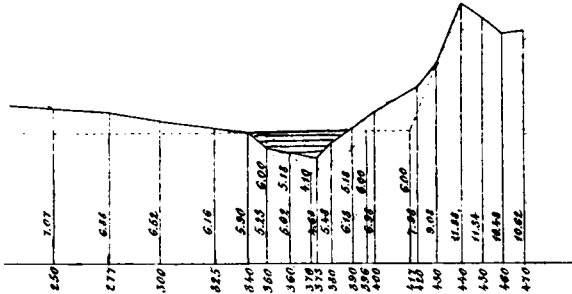


Рис. 80. Профиль мѣстности съ показаніемъ высотъ.

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 профили.

41. Опреѣленіе живого сѣченія рѣки. Одновременно съ определѣніемъ профили мѣстности опредѣляютъ профиль дна рѣки или русла. Дѣлается это лѣтомъ съ лодокъ, съ забивкой свай или шестовъ и непосредственнымъ измѣреніемъ 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, діаметромъ 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 направленія 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 саженой (рис. 81).

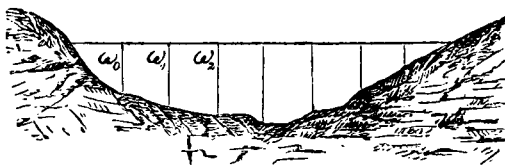


Рис. 81. Профиль живого сѣченія рѣки вообще.

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. Последніе нужны для проверки точнаго мѣстоположенія точки, съ которой производится промѣръ глубины. Если имѣется нѣсколько 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 будутъ сдѣланы всѣ измѣренія и нанесены на разрѣзъ или профиль съ обозначеніемъ всѣхъ нужныхъ данныхъ: собственно рѣки, поймы, старорѣчье и т. д., обозначаютъ горизонтъ высокихъ, низкихъ и межженныхъ водъ, а также высоту горизонта во время наблюдений.

Здѣсь надо сдѣлать нѣсколько поясненій. Подъ названіемъ поймы, какъ сказано было выше, разумѣютъ 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, будетъ 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 больше, 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 имѣетъ 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 пуда на 1 кв. дюймъ, на глубинѣ 4 саж. имѣетъ сопротивленіе 2,75 пуда. Въ виду этого весьма важно вывести формулы зависимости сопротивленія разныхъ грунтовъ отъ глубины. Къ сожалѣнію, до сихъ поръ вопросъ этотъ не получилъ удовлетворительнаго рѣшенія, такъ какъ представляетъ для своего рѣшенія весьма большія затрудненія. Это происходитъ отъ того, что намъ неизвѣстны многіе законы явленій сжимаемости и свойствъ тѣлъ въ разныхъ состояніяхъ. Такъ, напримѣръ, илистый грунтъ въ водѣ даже на глубинѣ 6 саж. имѣетъ то же сопротивленіе, что на глубинѣ 2 саж.

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

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

$$q = a + be^2$$

Для глины, въ то же время будетъ:

$$q = a + be.$$

Такъ, напримѣръ, если песчаный грунтъ имѣетъ 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, принятое равнымъ отъ 3 до 7 пудовъ на 1 кв. дюймъ.

43. Опредѣленіе горизонтовъ воды и ледохода.

Обыкновенно принимаютъ только три горизонта водъ: высокій, меженный и низкій. Горизонтъ меженныхъ 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 опредѣленіи горизонта высокихъ водъ, а также времени ихъ существованія и зависимости ихъ отъ другихъ мѣстныхъ явленій, приходится пользоваться или показаніями мѣстныхъ жителей, или отыскивать слѣды, оставленные этимъ горизонтомъ при разливѣ на берегахъ или стволахъ деревьевъ. Въмѣсто всего этого можно производить непосредственныя наблюденія въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ. Для производства этихъ наблюденій устанавливають 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 отмѣчаютъ 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 горизонтѣ воды во время спуска водъ и во время прорыва плотинъ.

На первый взглядъ кажется, что опредѣленіе толщины льда и крѣпости его, опредѣленіе горизонта водъ 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. Цѣпной мостъ въ Турнонѣ устоялъ въ 1841 году во время наводненія, благодаря тому, что плотина, служившая насыпью для аллеи моста, прорвалась. Тотъ же мостъ въ 1857 году былъ снесенъ 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 посрединѣ рѣки (рис. 82). Намъ самое важное знать количество протекаю-

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



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

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

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

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

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

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

По Гагену средняя скорость равна 0,857 наибольшей u поверхности, т. е. $\bar{v} = 0,857u$. По Вейсбаху $\bar{v} = 0,837u$. По Прони $\bar{v} = 0,8164u$. 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 сѣченія 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.
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 измерение скорости. Непосредственное измерение 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); разбиваютъ на берегу базу и проводятъ перпендикулярно къ ней три линіи AA_1 , CC_1 и BB_1 въ разстояніи до 40 саж. другъ отъ друга. Одинъ наблюдатель съ мензурой становится на линіи базы въ

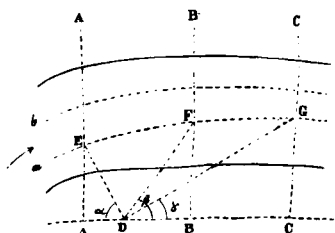


Рис. 83. Определение скорости воды на поверхности при помощи поплавка.

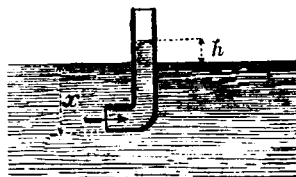


Рис. 84. Трубка Пито для определения скорости на любой глубинѣ.

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 опусканія поплавка и подаютъ сигналы наблюдателю въ точкѣ D , для нанесенія угловъ α , β и δ , когда поплавокъ будетъ

находиться на этихъ линияхъ. 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 опредѣленія 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 черезъ $V_x = \mu \sqrt{2gh \cdot \frac{f_2}{f_1}}$, гдѣ f_2 площадь вертикальнаго колѣна трубки; f_1 площадь входнаго отверстія; μ коэффициентъ, опредѣляемый для каждой трубки особо.

Вмѣсто трубки Пито можно употреблять вертушку Вольмана, показанную на рис. 85. Скорость здѣсь опредѣляется по формулѣ $v = \alpha + \beta n$, гдѣ n число оборотовъ; α и β особые коэффициенты, найденные при движеніи вертушки въ стоячей водѣ съ извѣстной скоростью.

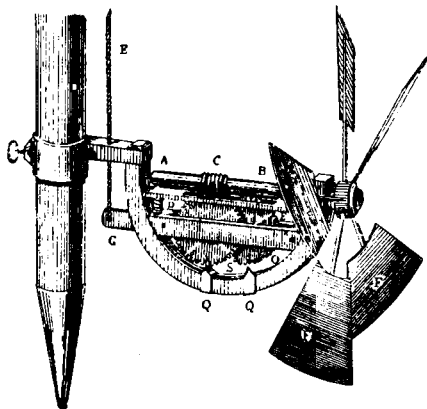


Рис. 85. Вертушка Вольмана для той же цѣли, что и трубка Пито.

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 вскрытія рѣки, о быстротѣ таянія снѣговъ, о количествѣ выпадающей при дождяхъ воды. Дѣло въ томъ, что эти явленія бываютъ неодинаковы для каждаго 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 сказаннаго надо знать количество выпадающей въ данной мѣстности дождевой воды вообще, такъ какъ можетъ случиться, что эта вода вся почти одновременно выпадетъ въ данной мѣстности. Но если бы мы приняли во вниманіе всю эту воду и вздумали бы проектировать

нашъ мостъ и насыпи 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 грунтѣ мѣловой формациі съ трещинами вся вода уходитъ въ грунтъ, а при растительной землѣ съ поверхности стекаетъ до 75% объема выпадающей воды. Испареніе воды въ средней полостѣ 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 счастью, 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 1.000.000, стараются придавать мосту такую ширину, чтобы одновременно могли разѣхаться 3 пары извозчиковъ и два трамвая, что составитъ $10 \times 6 + 28,5 = 88,5$ 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 шоссеиныхъ дорогахъ опредѣляется шириной этихъ послѣднихъ.

Мосты желѣзнодорожные (рис. 86) имѣютъ ширину при одной колѣѣ 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.

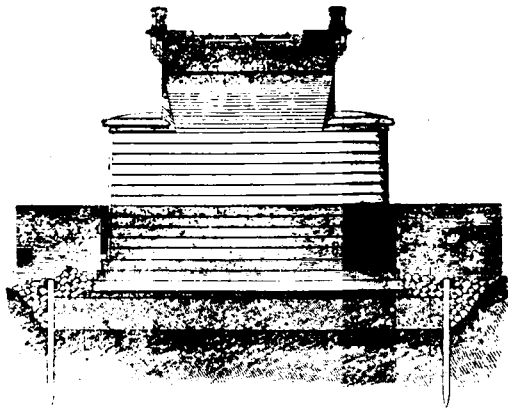


Рис. 86. Поперечный разръзъ желъзнодорожнаго моста.

48. Продольный и поперечный уклоны мостового полотна. Продольный уклонъ дѣлають обыкновенно (если нѣтъ 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 меньше, чѣмъ при торцовыхъ или булыжныхъ мостовыхъ.

Подъемъ дѣлается или по непрерывной кривой во всю длину, или въ видѣ ломанной линіи съ горизонтальными частями. Последнее дѣлается 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 наклонныя соединяются между собою кривой (обыкновенно параболой).

Что касается поперечнаго уклона или поперечной профили мостового настила, то онъ бываетъ или вогнутымъ, или выпуклымъ, при чемъ 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 будутъ достаточно высокими, то можетъ случиться, что никакого продольнаго уклона дѣлать не придется, и остается одинъ лишь поперечный уклонъ для отвода воды съ мостового настила и тротуаровъ.

Для желѣзнодорожныхъ мостовъ желательно вовсе не имѣть продольныхъ уклоновъ, дабы не развивались побочныя усилія и дабы не приходилось напрасно тормозить поѣзды, хотя бывають случаи, что избѣгнуть ихъ очень трудно, а потому, какъ исключеніе, допускають уклонъ до 0,025.

49. Общее понятіе объ отверстіи моста. Въ большинствѣ случаевъ, когда строится мостъ, промежуточные опоры или быки отнимають у живого сѣченія рѣки часть площади (рис. 87), а слѣдовательно, чтобы черезъ сѣченіе у моста могло

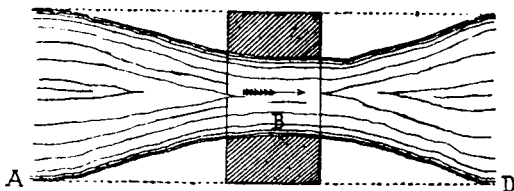


Рис. 87. Суженіе русла рѣки быками.

пройти то же количество воды, что прежде, вода должна передъ мостомъ подняться на такую высоту, что свободное отъ быковъ сѣченіе 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 высокыхъ 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. Последнее 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 меньше.

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

Но кромѣ всего этого стуженіе русла влечетъ 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,

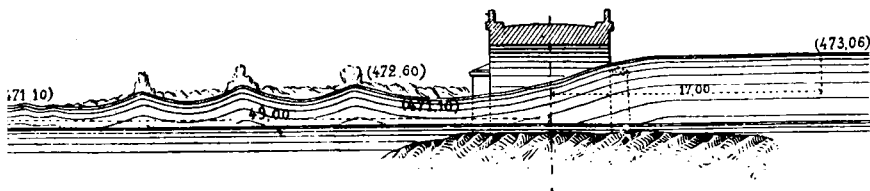


Рис. 88. Подъемъ воды передъ быками и быстрота теченія ниже быковъ.

что для судоходства предѣльное наденіе 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 условий. Поэтому, кромѣ указанныхъ выше изысканій, потребуется при проектированіи моста изученіе свойствъ грунтовъ, лежащихъ ниже дна рѣки, а также вліяніе 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, Моранде 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 приведенныя 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 высотъ мостового свода.

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

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

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

51. Опредѣленіе величины отверстія моста. Приводя вышеуказанныя мнѣнія двухъ авторовъ, Эспиталье говорить: «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 вполне 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 половодѣ 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 половодѣ вслѣдствіе суженія русла быками и устоями, и затѣмъ проектируютъ мостовой сводъ такъ, чтобы пята свода лежали не ниже 3,5 фута отъ этого уровня, считая, что пята имѣетъ наклонъ къ горизонту не менѣе 30°. Иначе эту высоту слѣдуетъ брать отъ обратныхъ пятъ, которыя, какъ извѣстно, дѣлаются обыкновенно подъ такимъ угломъ. При этомъ высота въ замкѣ для свода въ нижней поверхности должна быть не менѣе 10 футовъ отъ указаннаго уровня.

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

Совершенно иначе будетъ дѣло съ отверстіемъ мостовъ въ томъ случаѣ, когда берега будутъ 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? II 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 ощупью найти наиболѣе раціональное изъ всѣхъ возможныхъ при данныхъ условіяхъ.

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

Бывали примѣры, когда дѣлали подступную 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 движеніе по мосту, но все же спасти отъ прорыва плотины.

Часто вода, проходящая подъ насыпью черезъ сдѣланные въ ней отверстія и трубы, промывала грунтъ на такую глубину, что образовались рывины, повлекшія за собою обвалъ всей насыпи и размывъ 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 наблюдаютъ, чтобы высота свода въ замкѣ никакъ не была менѣе 14 футовъ отъ уровня высокихъ водъ, хотя для несудоходныхъ нужно всего 10 футовъ. Эта послѣдняя высота дѣлается для того, чтобы плавающие 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, шириною не менѣе 7 футовъ. Тропинка эта поддерживается или особой стѣнкой, или же откосомъ, покрытымъ камнями (рис. 57 и 89).

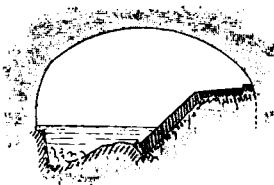


Рис. 89. Устройство бичевника возлѣ устоевъ.

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 послѣдней можетъ быть во всѣхъ мостахъ одинаковой, отъ первой увеличивается съ толщиной свода, а слѣдовательно, съ величиной пролета.

Поэтому постоянный грузъ точно можетъ быть полученъ только по окончаніи расчета 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 временнаго груза, то его принимаютъ равнымъ для желѣзныхъ дорогъ въ 5600 килгр. на 1 кв. метръ или 1540 пуд. на 1 кв. сажень плана проѣзжей части.

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

Но такъ какъ расчетъ 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 подвижнаго груза постоянный, равный 560 килогр. на 1 кв. метръ или 3 пудамъ на 1 кв. футъ или 154 пудамъ на 1 кв. саж.; но считаютъ его лишь съ одной стороны, оставляя другую безъ временной нагрузки, т. е. только съ постоянной.

Для железнодорожных 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 СООРУЖЕНІЯ.	Пролетъ въ метрахъ.	Высота временной нагрузки въ метр. для сводовъ изъ:	
		Кирпича. Въсь куб. метра 1,8 тонны.	Изъ камня или бетона. Въсь куб. метра 2,3 тонны.
Мосты подъ главныя желѣзныя дороги при наибольшемъ 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 желѣзныя дороги при наибольшемъ 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 второстепенныя желѣзныя дороги.	0—10	1,00	0,78
	10—20	0,82	0,64
	20—40	0,64	0,50
Мосты подъ шоссеиную дорогу.	0—10	0,56	0,44
	10—20	0,44	0,34
	20—40	0,32	0,24
Пѣшеходные мосты.	въ	0,32	0,24

53. Допускаемыя напряженія. Величина сопротивленія матеріаловъ 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 матеріалъ или грунтъ, свойства и сопротивленіе которыхъ намъ неизвѣстны, необходимо произвести испытаніе.

СОПРОТИВЛЕНИЕ КЛАДКИ.

НАИМЕНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА.	Килогр. на кв. см.	Пуды на кв. дюймъ.
	до	до
Тесовая кладка изъ грубо-колотого гранита . . .	25	10
Тоже изъ песчаника	7	2,75
Бутовая кладка на цем. раствѣ	10	4
» » известк. раствѣ	5	2
Кирпичная (кирпичъ) на цем. раствѣ	25	10
Изъ отборнаго кирпича на цем. раствѣ	12	4,75
Обыкновен. кирпич. к.л. на цем. раствѣ	10	4
» » на извест. раствѣ	7	2,75
Хорошо трамб. бетонъ (устон)	15	6,0
Бетонъ для сводовъ, тщательно изготовлен.	30	12
Бетонная кладка стѣн и фундаментовъ	10	4
Бетонъ въ трубахъ (трамбованный)	6,25	2,4

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

Допускаемые 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 пучащійся	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 камнями	12	4,8
Каменистый грунтъ слабой породы	5	2,0
» » средней твердости	7,5	3,0
Известнякъ и песчаникъ	20	8,0
Граниты и др.	80	32,0

Допускаемое давленіе на глину и песокъ при кес- сонныхъ основаніяхъ.

НАИМЕНОВАНИЕ ГРУНТА.	Килогр. на кв. см.	Пуды на кв. дюймъ.
При глубинѣ заложения 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 рѣшался довольно просто. Къ сожалѣнію опытъ показалъ, что цѣна кладки за единицу объема быстро увеличивается съ величиной пролета, при чемъ 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 данномъ 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 на столько условно и такъ мало основательно, что является совер-

иенно излишнимъ. Всякая рациональная конструкція всегда будетъ обладать красотой, такъ какъ не будетъ въ ней элементовъ беспокойныхъ 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 суженія 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.

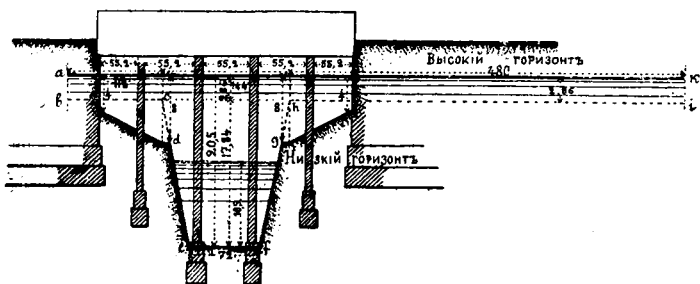


Рис. 90. Углубленіе русла искусственно для уменьшенія подъема воды отъ суженія русла.

Само собой понятно, что это углубленіе будетъ заноситься землей и пескомъ, а потому его слѣдуетъ или очищать время отъ времени, или же дѣлать тамъ, гдѣ 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 обычнаго 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 имѣетъ 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 рассчитать мостъ, необходимо сначала спроектировать его и дать своду толщину, хотя бы приблизительную, и уже затѣмъ измѣнять эту толщину въ зависимости отъ данныхъ расчета. Весьма важно, поѣтому, на основаніи практики назначать толщину до расчета 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		
$\frac{1}{4}$	$0,15 + 0,15 \sqrt{2R}$	$0,20 + 0,17 \sqrt{2R}$
$\frac{1}{6}$	$0,15 + 0,14 \sqrt{2R}$	$0,20 + 0,16 \sqrt{2R}$
$\frac{1}{8}$	$0,15 + 0,13 \sqrt{2R}$	$0,20 + 0,15 \sqrt{2R}$
$\frac{1}{10}$	$1,15 + 0,12 \sqrt{2R}$	$0,20 + 0,14 \sqrt{2R}$
$\frac{1}{12}$	$0,15 + 0,11 \sqrt{2R}$	$0,20 + 0,13 \sqrt{2R}$

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 сожалѣнiю въ приведенныя формулы вовсе не входитъ величина сопротивленiя 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 сопротивленiя.

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

Тогда искомая толщина выразится черезъ уравненіе:

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

Примѣръ I. Мостъ Адольфа въ Люксембургѣ имѣетъ пролетъ 84,65 метра и отношеніе стрѣлы къ пролету больше $\frac{1}{4}$. Радиусъ $R=43$ метра, такъ что

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

Прочное сопротивленіе матеріала принято 17 килогр. на 1 кв. см., следовательно, 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, имѣетъ отношеніе стрѣлы къ пролету равное $\frac{1}{10}$. Радиусъ $R=150$ метровъ. Следовательно, 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 изложеннаго видно, что приведенная таблица отно-

сится къ матеріалу съ прочнымъ сопротивленіемъ 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 извѣстна толщина въ замкѣ. Примѣрные подсчеты показали, что для арки или свода, въ которыхъ желательно имѣть одинаковое напряженіе матеріала, какъ въ замкѣ, такъ и въ пятахъ, толщина въ послѣднихъ должна быть:

Отношеніе стрѣлки къ пролету.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{12}$
$k =$	$2e$	$1,8e$	$1,4e$	$1,2e$	$1,1e$

Здѣсь e обозначаетъ толщину въ замкѣ, найденную по предыдущему, k 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 поръ былъ $\frac{1}{17}$ пролета, и то только для опыта.

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

Обыкновенно для этого берутъ толщину равной $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ 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 продольнаго изгиба, то, зная весь грузъ моста или отдѣльныхъ сводовъ, можно бы раздѣлить его на прочное сопротивленіе матеріала и получить площадь поперечнаго сѣченія быка, когда равнодѣйствующая силъ пойдетъ по вертикали. Но такъ какъ быки обыкновенно бываютъ значительной высоты, то продольный изгибъ почти всегда имѣетъ мѣсто.

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

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

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

Въ зависимости отъ этихъ обстоятельствъ толщина быка трудно поддается точному опредѣленію безъ спеціальнаго расчета. Мы можемъ ограничиться приведенными приближеніями, такъ какъ въ томъ случаѣ, когда при расчетѣ 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 толщину быковъ дѣлають 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 объ 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, принадлежащую 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 пяты 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 нѣсколько меньше. Но для устоевъ съ откосными крыльями толщина эта сохраняется, при чемъ самыя откосныя стѣнки рассчитываются на устойчивость по отношенію къ напору земли, какъ въ обыкновенныхъ подпорныхъ стѣнкахъ.

58. Спеціальныя правила проєктированія мостовъ. Проекты мостовыхъ сооружений, представляемые на утверждение подлежащихъ центральныхъ установлений Министерства Путей Сообщенія, разрѣшаются въ нижеслѣдующихъ 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 сплавыя 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 проєктированія и устройства мостовъ, преподаанныя въ главѣ I отд. IV Свода распоряженій Министерства Путей Сообщенія по службѣ пути, а также и въ другихъ дѣйствующихъ правилахъ, опубликованныхъ къ руководству для учреждений, сему Министерству подвѣдомственныхъ; въ частности при проєктированіи мостовъ черезъ судоходныя и сплавыя рѣки, надлежитъ руководствоваться общими условіями, указанными въ утвержденномъ Господиномъ Министромъ Путей Сообщенія циркулярѣ бывшаго Департамента шоссейныхъ и водныхъ сообщеній, опубликованномъ въ «Вѣстникѣ Министерства Путей Сообщенія» за 1897 г. № 39.

Къ эскизнымъ проектамъ мостовыхъ сооружений должны быть приложены:

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

б) планъ русла и долины рѣки на возможно большемъ протяженіи вверхъ и внизъ по теченію, а именно: или не менѣе удвоенной ширины поймы въ разсматриваемомъ мѣстѣ или 5-кратной ширины коренного русла и, во всякомъ случаѣ, не менѣе одной версты, съ показаніемъ на семъ планѣ: линій наибольшихъ глубинъ, направленія главныхъ струй, теченія высокихъ водъ, уклоновъ главнаго русла и поймы, линій судовыхъ и плотовыхъ ходовъ и весеннихъ протоковъ и границъ разлива при самомъ высокомъ горизонтѣ 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) геологическій разрѣзъ русла рѣки въ предѣлахъ проектируемаго моста;
- е) проекты струенаправляющихъ и струеводныхъ сооружений, а также укрѣпленія руселъ 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 основаній, при чемъ, въ случаѣ надобности, система основаній должна быть разработана въ надеждамъ числѣ вариантовъ, съ подсчетомъ ихъ сравнительной стоимости. Къ расчету опоръ должны быть приложены чертежи кривыхъ давленій съ опредѣленіемъ наибольшаго давленія на грунтъ.

Въ расчетъ устойчивости опоръ должны быть введены дополнителныя 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, коэффициентъ сцепленія 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 расчетами, необходимыми для сужденія о возможности примѣненія данной системы, и в) приблизительнаго подсчета вѣса.

IV. Расчетъ каменныхъ мостовъ.

59. Общее понятіе о расчетѣ мостовъ. Мостовые своды по своему расчету 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 несбыточныхъ предположеній. Во всемъ остальномъ при построеніи діаграммы нагрузки руковод-

ствуютъ тѣми же правилами, какія были изложены въ теоріи устойчивости и прочности сводовъ гражданскихъ сооружений.

Ниже во второй части мостовъ мы увидимъ, что при расчетѣ желѣзныхъ и деревянныхъ мостовыхъ фермъ нельзя будетъ поступать какъ въ гражданскихъ сооруженияхъ, а приходится принимать во вниманіе еще напряженія, могущія явиться слѣдствіемъ торможенія поѣздовъ, если мостъ приходится подъ желѣзную дорогу. При каменныхъ же мостахъ это усиліе отъ торможенія не принимается вовсе во вниманіе и только потому, что вѣсъ самого мостового свода сравнительно съ временнымъ усиліемъ отъ торможенія весьма значительный, и послѣднее усиліе, введенное въ расчетъ, очень мало измѣнитъ результаты расчета, тогда какъ при фермахъ распределеніе усилій измѣняетъ очень значительно величину напряженій въ разныхъ частяхъ ихъ. Все это объясняется тѣмъ, что каменный сводъ представляетъ изъ себя сплошную массу значительнаго вѣса, имѣющую сверху значительный балластъ и потому распределяющій весь грузъ почти равномерно на всю ширину и даже длину моста.

При расчетѣ мостового свода или арки можетъ быть два случая: одинъ, когда мостъ будетъ довольно пологій и шовъ излома явно лежить въ пятахъ, и другой, когда мостъ близко подходитъ къ полукружности по формѣ и шовъ излома выше пять. Мы рассмотримъ оба случая отдѣльно.

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

Поэтому при расчетѣ поступаемъ такъ: (рис. 91) дѣлимъ, слѣдовательно, послѣ построенія діаграммы нагрузки арку вертикальными плоскостями на элементы, при чемъ вѣсъ элементовъ пропорціоналенъ среднимъ высотамъ діаграммы. Эти высоты, въ томъ же масштабѣ, что на разрѣзѣ или въ уменьшенномъ пропорціонально, переносимъ на планъ силъ и строимъ на данныхъ грузахъ произвольный веревочный многоугольникъ, но произвольно взятому полюсу, а затѣмъ находимъ истинный полюсъ для веревочной кривой, проходящей черезъ данныя три точки *a*, *c*, *e*,

какъ изложено подробно въ курсѣ графической статики и строительной механики.

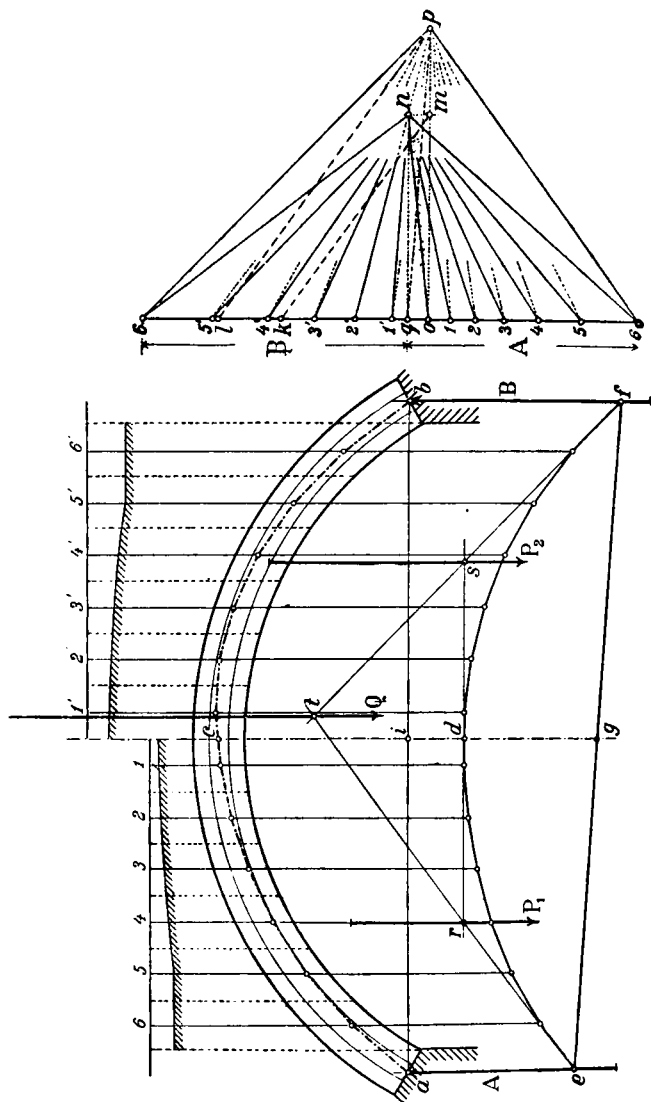


Рис. 91. Расчетъ мостовой арки, когда шовъ излома выше пяти.

Построивъ линію давленія, которая въ данномъ случаѣ будетъ 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 данныя для опредѣленія наибольшаго напряженія матеріала, изъ котораго будутъ возведены своды или арки.

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

61. Расчетъ мостовой арки, когда шовъ излома въ пятахъ. Въ этомъ случаѣ расчетъ значительно упрощается, такъ какъ не приходится строить вспомогательнаго веревочнаго 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

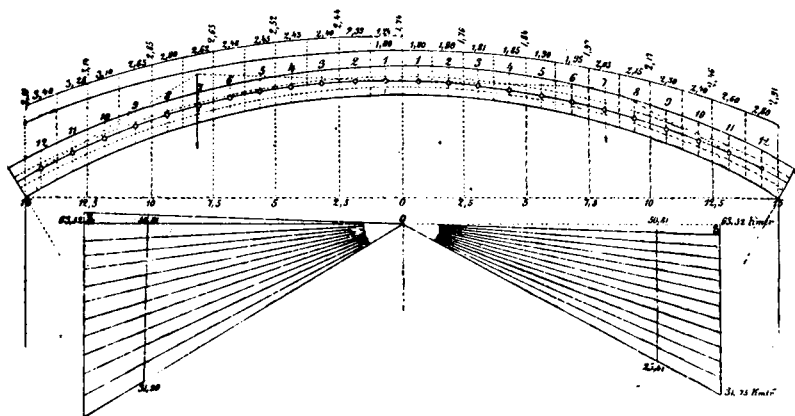


Рис. 92. Расчетъ мостовой арки, когда шовъ излома въ пятахъ.

для менѣе нагруженной половины, наоборотъ, верхняя точка средней трети пятового шва. Поэтому, полагая распоръ въ срединѣ замочнаго шва, находимъ распоръ болѣе нагруженной половины, проводя равнодѣйствующую въ нижнюю точку средней трети пяты; а затѣмъ находимъ распоръ для менѣе нагруженной половины, проводя 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 меньше, 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 сѣченій арки. Этимъ кончается графическая часть расчета арки.

Мы не приводимъ здѣсь вовсе аналитическаго способа расчета, такъ какъ онъ уступаетъ графическому какъ въ простотѣ, такъ и наглядности, а точность графическаго 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

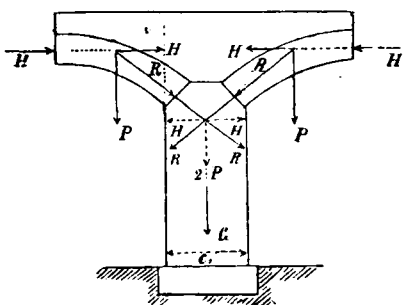
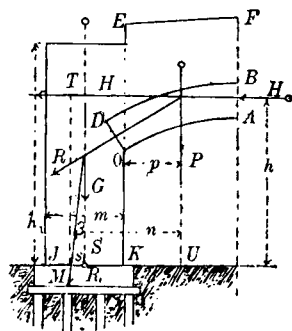


Рис. 93а. Графическій расчетъ быковъ.



93в. Тоже—устье.

случиться, что равнодѣйствующія съ двухъ сторонъ быковъ будутъ 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 стоит дѣло съ устоями, которые всегда подвержены дѣйствию распора лишь съ одной стороны (рис. 93в). Кривая давленія въ устоѣ оканчивается равнодѣйствующей, наклонной къ горизонту. При этомъ, очевидно, уголъ наклона не долженъ превосходить угла, допускаемаго треніемъ. Къ счастью, 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 усилія отъ напора земли, по правиламъ намъ извѣстнымъ.

Выше мы указали, что въ быкахъ недостаточно бываетъ принимать во вниманіе лишь грузы, приходящіеся сверху, и что на нихъ могутъ дѣйствовать удары отъ льдинъ и воды, способные опрокинуть или разрушить мостъ. Поэтому приходится провѣрять устойчивость быковъ на случай сильнаго 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 изложеннаго мы видимъ, что затрудненія въ расчетѣ моста могутъ встрѣтиться лишь при опредѣленіи внѣшнихъ усилій, дѣйствующихъ на разные части моста; во всемъ же остальномъ расчетъ 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 неравнобѣрнаго сжатія и продольнаго изгиба. Для этого нужно найти наибольшее напряженіе матеріала и сравнить это напряженіе съ прочнымъ сопротивленіемъ матеріала, изъ котораго будетъ построена быкъ или устой.

V. Планировка работъ при постройкѣ каменныхъ мостовъ.

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

Практика показала, что временныя сооруженія, нужныя для администраціи и рабочихъ при постройкѣ мостовъ, лучше будетъ располагать всѣ на одномъ берегу, тогда какъ на другомъ берегу располагать всѣ строительные матеріалы съ домикомъ для сторожа или пріемщика ихъ. На рис. 94 показанъ примѣръ такого расположенія, при чемъ видно, какимъ образомъ располагается путь между складами матеріаловъ, 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 устраиваемы спеціальныя 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 приступать къ какимъ-либо работамъ, устраиваются сараи для храненія инструментовъ и матеріаловъ, которыхъ нельзя оставлять на открытомъ воздухѣ, а также комнатку для сторожа надъ этими инструментами и матеріалами.

Чтобы временныя сооруженія не могли быть расположены такъ, что будутъ впослѣдствіи мѣшать производству главныхъ работъ, необходимо сейчасъ же по устройствѣ сарая, или даже до этого, сдѣлать разбивку работъ. Безъ этой разбивки довольно трудно ориентироваться въ расположеніи построекъ и матеріаловъ 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 состоитъ изъ двухъ частей: а) изъ обозначенія на мѣстѣ продольной и поперечной осей быковъ, а также продольной оси устоевъ. съ обс-

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

Для этого начинаютъ разбивку въ слѣдующемъ порядкѣ. Согласно имѣющемуся генеральному плану (рис. 94) наносятъ

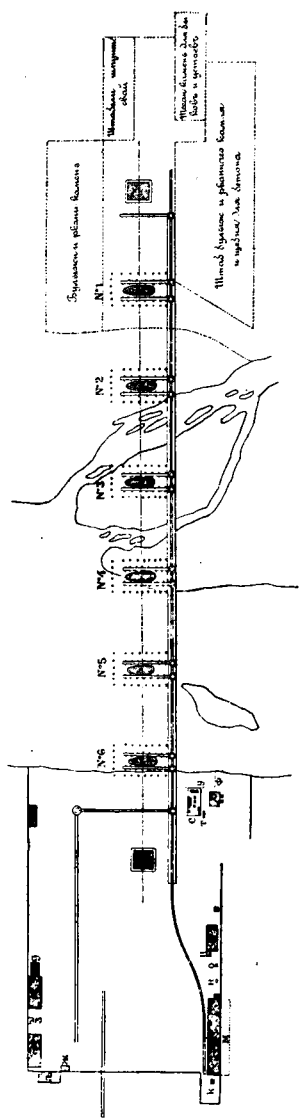


рис. 94. Расположеніе зданий и матеріаловъ при постройкѣ моста: а—столовая рабочая; б—баракъ кассонниковъ; в—кухня рабочихъ (навѣс); г—кузница; к—погребокъ; п—сарай запасный; р—помѣщеніе строителя; с—паровой котель; т—бакъ; у—каучуковая подопроводная труба; ф—насосъ; х—стесаря; ц—помѣщеніе машиниста; ч—лазаретъ и помѣщеніе врача; м—навѣсъ для хранения цемента.

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

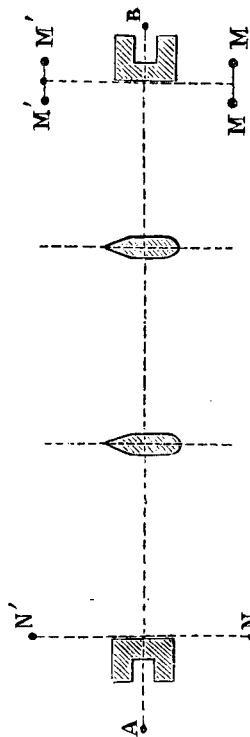


Рис. 95. Разбивка продольной и поперечной осей моста.

зываютъ между собою 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 направленія 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 90^0 и отмѣчаютъ точки X и N' на линіи направленія поперечной оси вѣхами.

Вмѣсто того, чтобы ставить непосредственно вѣхи, забиваютъ въ концахъ тѣхъ же линій по двѣ сваи M, M' и 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 поперечныя оси 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 направленіи, чтобы линіи, соединяющія двѣ точки на парѣ свай, проходили черезъ центръ быка (рис. 96).

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

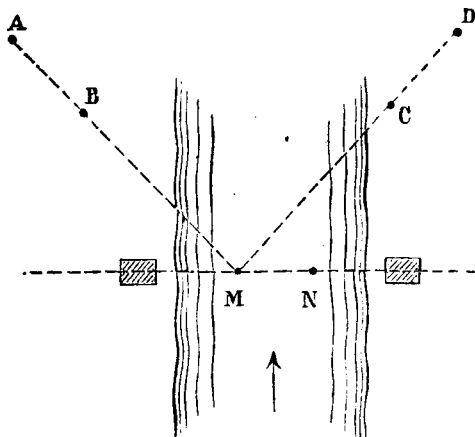


Рис. 96. Опредѣленіе центра быка или точки пересѣченія продольной оси съ поперечной.

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-

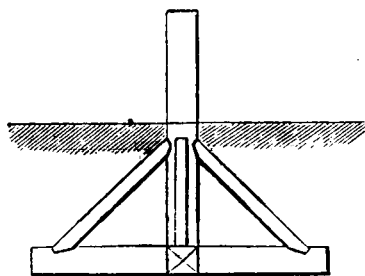


Рис. 97. Реперъ.

ставляетъ 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 потомъ отмѣряютъ высоты частей моста.

Если мостъ строится въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ, то реперъ складывается въ видѣ каменнаго столба на прочномъ фундаментѣ.

65. Испытаніе 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 обыкновенной ѣзды. Количество нагрузки должно быть то, которое было принято въ расчетѣ, 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 груженыхъ вагоновъ по обѣ стороны этой группы паровозовъ; два изъ паровозовъ обращены трубами одинъ къ другому. Пробный поѣздъ, установленный на мосту наиболѣе невыгоднымъ образомъ, остается на немъ около 12 часовъ.

Но такъ какъ такое испытаніе даетъ намъ только статическій результатъ, то для динамическаго испытанія поѣздъ изъ двухъ восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженыхъ 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 динамическаго испытанія еще и величина бокового колебанія. Послѣднее обстоя-

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

Величину осадки или прогиба при нагрузкѣ опредѣляютъ посредствомъ нивелира, устанавливаемого внѣ моста на неподвижной точкѣ. Но такъ какъ прогибъ каменныхъ мостовъ сравнительно очень малъ и доходить лишь до нѣсколькихъ миллиметровъ, то результаты, полученные нивелиромъ, весьма неточны. Вотъ почему для этой цѣли принимаютъ рычажные аппараты, дающіе увеличеніе въ показаніяхъ прогиба въ нѣсколько десятковъ разъ. Описание 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 толщиной 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 шириною 7,70 м. и высотой 3,50 м. при меженномъ горизонтѣ воды. Средними опорами служили два ряда свай, соединенныхъ насадками; крайними опорами служили обрѣзы фундаментовъ. На этомъ нижнемъ строеніи покоились кружальные фермы, при чемъ на опорахъ были поставлены желѣзные цилиндры съ пескомъ; для точной установки служили дубовые клинья, 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 составныя части, которыя доставлялись къ мѣсту работъ въ отдѣльности и здѣсь опять собирались. При помощи блоковъ, прикрѣпленныхъ къ мачтамъ судна, фермы приподнимали по одиночкѣ, потомъ подвозили и устанавливали на мѣсто. Такимъ же образомъ производилась и разборка кружалъ по окончаніи работъ. Ежедневно устанавливали отъ трехъ до четырехъ фермъ. Послѣ установки концы ихъ соединялись тѣжами со сваями средней опоры, а между послѣдними и каменными устоями ставились еще горизонтальныя распорки; благодаря этому фермы могли принимать на себя нѣкоторое бо-

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

ковое давленіе 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 былъ сдѣланъ; рассчитывалась приблизительно только средняя, болѣе напряженная часть, при этомъ она рассматривалась какъ балка на двухъ опорахъ съ вертикальной нагрузкой, равной вѣсу свода. Размѣры крайнихъ элементовъ, полученные по этому расчету, признаны были достаточными для крайнихъ пролетовъ. Панели верхняго пояса рассчитывались не по узловой, а по сплошной 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 устранялась осадка, которая при большихъ деревянныхъ кружалахъ вслѣдствіе большого количества соединений и трудности правильной пригонки частей, получается довольно значительной и вызываетъ трещины въ сводѣ. При этомъ надо замѣтить, что наиболѣе опасны трещины, которыя появляются не при раскружаливаніи, а уже при самой кладкѣ свода вслѣдствіе деформаций кружалъ. Выгода примѣненной въ данномъ случаѣ системы заключалась и въ томъ, что сотрясеніе при раскружаливаніи устранялось, такъ какъ сначала опускались сант. на 4 или на 5 поршни среднихъ песчаныхъ цилиндровъ, тогда какъ крайнія опоры оставались въ прежнемъ положеніи. Благодаря этому фермы лишались только среднихъ опоръ, но по-прежнему представляли одно цѣлое; превратившись же въ балки съ двумя опорами, онѣ становились нѣсколько слабѣе, но оставались все еще довольно прочными. Подъ вліяніемъ полной нагрузки сводомъ онѣ могли только прогнуться сильнѣе и при этомъ, конечно, опять должны были лечь на опущенныя среднія опоры. Но этого на самомъ дѣлѣ не случилось; среднія опоры оставались свободными, чего и можно было ожидать. Вслѣдствіе же того, что кружала послѣ устранения среднихъ опоръ становились болѣе гибкими, но все поддерживали кладку свода, послѣдняя начинала работать на сжатіе постепенно, хотя и слабо. При такихъ условіяхъ безъ всякаго риска можно было приступить къ опусканію 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 осыли бы и среднія опоры опять стали бы поддерживать ихъ, послѣ чего раскружаливаніе можно было отсрочить произвольно.

Предыдущими соображеніями авторъ руководствовался уже при

проектированіи кружалъ, почему онѣ и не замедлили провѣрить ихъ на практикѣ. Поэтому уже по прошествіи 36 часовъ ностѣ замыканія свода среднія опоры были опущены на 4 или на 5 сант., и когда оказалось, что онѣ остаются свободными, спустя еще 24 часа сводъ былъ раскружаленъ посредствомъ одновременнаго выпускапія песка изъ всѣхъ цилиндровъ. Успѣхъ былъ полный. Сводъ оказался безъ измѣненія, осадки въ ключѣ не произошло и трещины не появились.

Одна желѣзная кружальная ферма вѣсила 1340 кил., всего для свода длиною 18 мет. и шириною 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 нижняго 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 раскружаливанія, что произошло 8 ноября 1890 г., фермы были разобраны и временно сохранялись на мѣстѣ работъ. Потомъ лѣтомъ 1891 г. ими опять воспользовались для постройки новаго моста, при этомъ только разстояніе между фермами вслѣдствіе большей ширины моста было увеличено съ 1,80 до 2,20 мет.

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

На покрытіе расходовъ по устройству кружалъ, включая сюда сборку и разборку фермъ, точную установку ихъ на песчаныхъ цилиндрахъ, заготовку и устройство всего нижняго строенія, а также и забивку свай, потребовалось при постройкѣ перваго 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 перваго свода потребовались доски толщиною 8 сант.; для втораго 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 заготовливалъ и доски для этого. На подмостки перваго моста еще до начала кладки свода были сложены всѣ необходимыя матеріалы, и здѣсь они были такъ размѣщены, что опалубка сильнѣе всего загружалась непосредственно надъ кружальными фермами. Последнія 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 загрузеніе кружалъ потребовалось

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

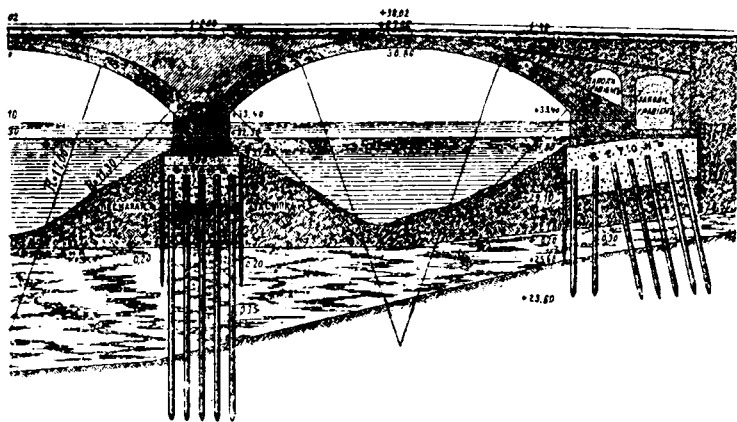


Рис. 98. Разрѣзъ моста въ Кепеникѣ близъ Берлина.

Въ ключѣ такихъ зазоровъ—два, и оба они расположены въ верхней части свода; около каждой пилы сдѣлано тоже по два зазора, но только одинъ изъ нихъ расположенъ 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 кружалныя фермы, разстояніе между которыми было 2,2 мет. Прибавивъ три новыя фермы, по одной для каждого пролета, конечно, можно было бы избѣжать этого. Однако предпочли слабѣ нагружать кружала, и для этого дѣлали сводъ не сразу на полную толщину, а въ два приема, при чемъ обѣ части были равной толщины. Кромѣ вышеуказанныхъ соображеній относительно загрузженія кружалъ къ этому побудило и то обстоятельство, что при сильно наклоненныхъ швахъ, какъ это было замѣчено при постройкѣ перваго 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 вдавлились 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 отдѣльные кольца, такъ какъ оно ведется безъ всякаго нарушенія перевязки швовъ. Сводъ имѣетъ сквозные швы, и всѣ отдѣльныя части его соединены совершенно правильно; это достигается тѣмъ, что обѣ части захватываютъ другъ друга штрабами. Выполненіе не представляло 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 равнымъ успѣхомъ.

Своды какъ перваго моста, такъ и втораго 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 незагруженнаго свода сильно отличается отъ равновѣсія нагруженнаго. Поэтому слѣдуетъ точно опредѣлять положеніе линій давленія для собственнаго вѣса; для даннаго случая это было сдѣлано, и устойчивость свободностоящаго свода оказалась при этомъ вполне обезпеченной.

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

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

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

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

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

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



ОГЛАВЛЕНІЕ.

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 спеціальнаго назначенія	22

III. Производство работъ по устройству опоръ.

15. Устройство основаній подъ устоями	24
16. Устройство основаній 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 пролетных частей из 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 каменя	44
27. Устройство сводовъ изъ бетона	45

V. Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

28. Устройство кружалъ	47
29. Необходимыя приспособленія 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 проезжей 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 виадуковъ, акведуковъ и туннелей	63

Отдѣлъ II-й.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗСЧЕТЪ И ПЛАНИРОВКА РАБОТЪ.

I. Мѣстные изысканія.

38. Объ изысканіяхъ вообще	66
39. Выборъ мѣста для постройки моста	67
40. Опредѣленіе профили мѣстности	68
41. Опредѣленіе живого сѣченія рѣки	71
42. Опредѣленіе состава и сопротивленія грунта	72
43. Опредѣленіе горизонтовъ воды и ледохода	73
44. Скорость теченія воды	74
45. Непосредственное измѣреніе скорости	76
46. Собираніе 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 понятіе объ отверстіи моста	80
50. Предѣльная скорость для устойчивости разныхъ грунтовъ .	81

	стр.
51. Определеііе величины отверстія моста	83
52. Нагрузка на каменные мосты	85
53. Допускаемая напряженія	86

III. Проектирование каменных мостовъ.

54. Число точекъ опоры	88
55. Толщина свода въ каменныхъ мостахъ	90
56. Толщина быковъ	92
57. Толщина устоевъ	93
58. Специальные 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. Графическій 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