

Л. Николаи.

# МОСТЫ.

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО,

СОСТАВЛЕННОЕ ПРИМѢНИТЕЛЬНО КЪ ПРОГРАММѢ ДЛЯ ИСПЫТАНІЯ

НА ЗВАНІЕ ТЕХНИКА ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

СЪ АТЛАСОМЪ ВЪ 77 ЛИСТОВЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ИЗДАНИЕ 4-Е, ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1907.

# О Г Л А В Л Е Н І Е .

	СТР.
<b>Глава I. Обція понятія о мостахъ . . . . .</b>	<b>1</b>
Классификація мостовъ по роду движенія, по роду матеріала и по роду опоръ и пролетныхъ частей (постоянные и подвижные мосты). Различные типы подвижныхъ мостовъ: раздвижные, поворотные, подъемные, плотовые, плашкоутные и летучіе мосты. Классификація фермъ мостовъ. Фермы, не производящія горизонтальнаго распора: балочная ферма, шпренгельная, подвѣсная, балочная трубчатая ферма, балочная ферма со сквозною стѣпкой; подраздѣленіе фермъ со сквозною стѣпкой: а) въ отношеніи наружнаго очертанія фермъ на фермы съ параллельными поясами, параболическія, гиперболическія, полунарабоннческія, полигональнаго очертанія и Гербера и б) въ отношеніи устройства сквознаго заполнения на фермы рѣшетчатая, раскосная и сложной раскосной системы. Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ прямого направленія: подкосная и арочная. Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ обратнаго направленія—гибкая висячая ферма, жесткая висячая ферма составная—изъ висячей и балочной . . . . .	1—34
<b>Глава II. Мѣстныя данныя для составленія проекта моста . . . . .</b>	<b>35</b>
Опредѣленіе площади бассейна, плана мѣстности перехода рѣки, положенія горизонтовъ воды, уклоновъ и площади живаго сѣченія. Опрежденіе скоростей по эмпирическимъ формуламъ и наблюденіями . . . . .	35
Опредѣленіе расхода воды въ большихъ рѣкахъ . . . . .	49
Опредѣленіе расхода воды малыхъ ручейковъ и въ долинахъ средней величины, въ зависимости отъ ливней . . . . .	52
Исслѣдованіе грунта . . . . .	56
Струенаправляющія дамбы . . . . .	59
<b>Глава III. Обція данныя для составленія проекта моста . . . . .</b>	<b>63</b>
Длина фермъ. Пролетъ въ свѣту и расчетный пролетъ. Ширина моста. Габаритъ подвижнаго состава и предѣлы приближенія къ постояннымъ устройствамъ. Продольный и поперечный уклоны мостоваго полотна. Возвышеніе полотна проезжей части и фермъ надъ горизонтомъ высокихъ водъ. Косина мостовыхъ фермъ. Соображенія относительно расположенія моста . . . . .	63
Габаритъ подвижнаго состава и предѣлы приближенія къ постояннымъ устройствамъ . . . . .	68
Продольный и поперечный уклоны мостоваго полотна . . . . .	69
Собственный вѣсъ пролетныхъ частей моста . . . . .	71
Подвижная нагрузка для мостовъ подъ обыкновенную дорогу . . . . .	76
Подвижная нагрузка для железнодорожныхъ мостовъ . . . . .	78
Допускаемыя напряженія матеріала . . . . .	81

Арочныя фермы. Раздѣленіе на подкосныя и подвѣсныя арочныя фермы. Главныя части арочной фермы: арка, прогонъ, всячія схватки и подвѣски. Брусовая и досчатая арка. Связи между фермами. Сопряженіе фермы съ опорами. Подвѣсная арочная ферма . . . . .	310
Качество лѣса. Обдѣлка лѣса. Установка балочныхъ и подкосныхъ фермъ. Описаніе сборки фермъ системы Гау: платформа; лѣса; расчерчиваніе на платформѣ; приготовленіе шаблоновъ; обдѣлка отдѣльныхъ частей (брусьевъ) по шаблонамъ; подъемъ частей фермы; установка набоекъ; сборка подбалокъ и частей пояса, вѣзка подушекъ; установка горизонтальныхъ связей, раскосовъ и стержней главныхъ фермъ и вертикальныхъ поперечныхъ связей . . . . .	320
Приготовленіе косиковъ для фермъ арочной системы: выпливаніемъ, сгибаніемъ въ горизонтальной и въ вертикальной плоскости. Сборка досчатыхъ арочныхъ фермъ. Предохраненіе отъ гніенія. Данныя о долговѣчности деревянныхъ пролетныхъ частей. Ремонтъ фермъ системы Гау . . . . .	331
<b>Глава XII. Металлическія пролетныя части . . . . .</b>	<b>337</b>
Общая замѣчанія о числѣ и взаимномъ разстояніи главныхъ фермъ, объ устройствѣ провѣжей части и о связяхъ . . . . .	337
Устройство провѣжей части. Мостовое полотно въ мостахъ надъ желѣзную дорогу. Шпалы. Лежни . . . . .	342
Мѣры предосторожности. Соединеніе мостового рельса съ путевымъ рельсомъ смежнаго пролета. Приспособленія въ мостовомъ полотнѣ въ зависимости отъ расширенія металлическихъ частей фермъ. Уравнительные приборы . . . . .	346
Мостовое полотно въ мостахъ надъ обыкновенную дорогу. Верхняя часть мостового полотна. Нижняя часть мостового полотна: деревянная, металлическая и каменная . . . . .	349
Ребра мостового полотна. (Продольныя и поперечныя балки). Продольныя балки. Расположеніе ихъ; предѣльная длина: отношеніе высоты къ длинѣ. Прокатныя балки; размѣры поперечнаго сѣченія; прикрѣпленіе прокатныхъ балокъ къ поперечнымъ балкамъ. Составныя балки; размѣры. Типы прикрѣпленія къ поперечнымъ балкамъ. Уголки жесткости. Продольныя балки со сквозной стѣнкой. Вертикальныя и горизонтальныя связи . . . . .	352
Поперечныя балки. Различныя типы. Прикрѣпленіе поперечныхъ балокъ къ главнымъ фермамъ въ случаяхъ помѣщенія балокъ надъ верхнимъ поясомъ фермы, въ предѣлахъ высоты фермы и подъ нижнимъ поясомъ . . . . .	356
Устройство главныхъ фермъ . . . . .	361
Балочныя фермы со сплошной стѣнкой. Предѣльные размѣры составныхъ частей. Перекрытіе стыковъ вертикальной стѣнки, уголковъ и горизонтальныхъ листовъ. Уголки жесткости. Опорная стойка. Описаніе фермъ 5 саж. моста; опора составныхъ частей стѣнки и поясовъ. Вертикальныя и горизонтальныя связи; опорныя подушки подвижныя и неподвижныя. Описаніе фермъ моста черезъ р. Нѣманъ на Спб. - Варшавской ж. д. и моста Британія . . . . .	361
Балочныя фермы со сквозной стѣнкой, рѣшетчатой системы . . . . .	366
Балочныя фермы со сквозной стѣнкой раскосной системы. Сложныя раскосныя фермы по сравненію съ фермами параболическими и Гау. Родъ усилій въ нисходящихъ и восходящихъ раскосахъ. Большая и малая панели. Фермы системы Пети. Описаніе пролетныхъ частей моста черезъ рѣку З. Вугъ . . . . .	374

Детали устройства составных частей фермы со сквозной стѣнной.— Типы поясовъ изъ однихъ листовъ и звеньевъ, тавровые, коробчатые, крестообразные и трубчатые . . . . .	381
Типы раскосовъ и стоекъ . . . . .	386
Перекрытіе стыковъ; прикрѣпленіе частей рѣшетки къ поясамъ; взаимное пересѣченіе частей рѣшетки . . . . .	392
Соединеніе опорныхъ стоекъ съ поясомъ; взаимное соединеніе верхняго и нижняго поясовъ въ фермахъ съ криволинейными поясами . . . . .	398
Опорныя подушки . . . . .	400
<b>Глава XIII. Металлическія фермы съ горизонтальнымъ распоромъ . . . . .</b>	<b>408</b>
Подкосныя металлическія фермы. Различныя типы прогоновъ стоекъ и подкосовъ и взаимное ихъ соединеніе. Сопряженіе стоекъ съ каменной опорой. Перекрытіе стыковъ. Связи . . . . .	408
Арочныя фермы. Три характерныхъ типа . . . . .	405
Чугунныя и желѣзныя трубы. Трубы изъ чугуновыхъ сводовъ, опирающихся на каменныя стѣнки. Цилиндрическія круглыя трубы; длина звеньевъ; реборды; перекрытіе стыковъ. Устройство основанія. Замяна лопнувшихъ звеньевъ. Желѣзныя цилиндрическія трубы . . . . .	405
Чугунныя мостовыя арочныя фермы. Составъ арочной фермы; дуга и часть надъ дугою. Подъемъ арки. Относительное расположеніе мостового полотна. Составленіе собственно арки или дуги изъ отдѣльныхъ косяковъ; взаимное соединеніе. Типы косяковъ. Надсводная часть; сопряженіе ея съ аркой. Поперечныя и діагональныя связи; типы связей и сопряженіе съ фермами. Опорныя подушки . . . . .	408
Краткое описаніе Николаевского моста . . . . .	411
Желѣзныя и стальныя арочныя фермы. Общія соображенія. Различныя типы поясовъ—прямого и криволинейнаго. Прикрѣпленіе раскосовъ, стоекъ и связей къ поясамъ. Типы раскосовъ и стоекъ. Вертикальныя и горизонтальныя связи. Опорныя подушки. Шарниръ въ ключѣ арки . . . . .	414
Краткое описаніе Александровскаго моста . . . . .	418
Краткое описаніе Опорскаго моста . . . . .	423
Металлическія пролетныя части съ распоромъ обратнаго направленія или висячія фермы . . . . .	424
Устройство цѣпей и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ . . . . .	428
Устройство металлическихъ канатовъ и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ . . . . .	429
Сопряженіе подвѣсокъ съ поперечинами . . . . .	432
Проведеніе цѣпей надъ опорами . . . . .	433
Закрѣпленіе цѣпей . . . . .	434
Опоры . . . . .	436
Краткое описаніе Николаевского висячаго моста въ Кіевѣ . . . . .	438
Краткое описаніе моста чрезъ рѣку Великую въ г. Островѣ . . . . .	441
<b>Глава XIV. Производство работъ по сборкѣ, склепкѣ и установкѣ на мѣсто металлическихъ мостовыхъ фермъ . . . . .</b>	<b>442</b>
Главнѣйшія свойства чугуна, желѣза и стали . . . . .	442
Приготовленіе плоскаго и углового мостового желѣза и заклепокъ . . . . .	550
Требуемыя качества отъ мостового желѣза. Испытаніе желѣза . . . . .	454
Очистка матеріала.—Планировка листовъ и спрямленіе уголковъ и тавровъ.—Сгибаніе по данному шаблону.—Обрѣзка, отдѣлка кромокъ и граней.—Намѣтка заклепочныхъ отверстій на листахъ и уголкахъ . . . . .	456
Продавливаніе и просверливаніе заклепочныхъ отверстій . . . . .	460

Предварительная сборка въ мастерскихъ. Склепка—машинная и ручная . . .	463
Загрунтовка и окраска . . . . .	467
Установка мостовыхъ фермъ. Общія соображенія объ устройствѣ подмостей, объ орудіяхъ и приспособленіяхъ, и о сборкѣ фермъ и металлическихъ опоръ . . . . .	468
Примѣръ установки и сборки фермъ балочной системы на постоянныхъ подмостяхъ . . . . .	472
Установка на мѣсто склепанныхъ фермъ, пользуясь подвозкой на платформахъ.	476
Установка фермъ помощью понтоновъ. . . . .	478
Накатка фермъ . . . . .	482
Поперечная накатка фермъ. . . . .	485
Поднятію склепанныхъ фермъ на опоры . . . . .	488
Сборка фермъ безъ подмостей . . . . .	490
Сборка и установка арочныхъ фермъ . . . . .	491
Оборка и установка висячихъ фермъ . . . . .	492
Замѣна мостовыхъ фермъ однихъ другими . . . . .	498
Усиленіе нѣкоторыхъ составныхъ частей фермъ. . . . .	500
Испытаніе мостовыхъ фермъ. Опредѣленіе прогиба фермъ. Опредѣленіе величины напряженія въ различныхъ частяхъ фермы . . . . .	501
Осмотръ и содержаніе желѣзныхъ мостовъ . . . . .	505



Добавленіе къ главѣ IX . . . . .	507
Штольни и прорѣзы въ насыпи для устройства каменныхъ трубъ. Примѣръ замѣны деревяннаго моста каменной трубой . . . . .	507



# I.

## Общія понятія о мостахъ.

Классификація мостовъ. Классификація фермъ мостовъ.

Мостами вообще называются сооружения, служащія для проведенія дороги, водопровода или канала: надъ рѣкой, оврагомъ, желѣзной или обыкновенной дорогой.

Мосты, построенные надъ суходоломъ, оврагомъ, желѣзной или обыкновенной дорогой, называются *путепроводами* или *виадукками*. Они отличаются отъ мостовъ надъ рѣками тѣмъ, что не имѣютъ подводныхъ ча-

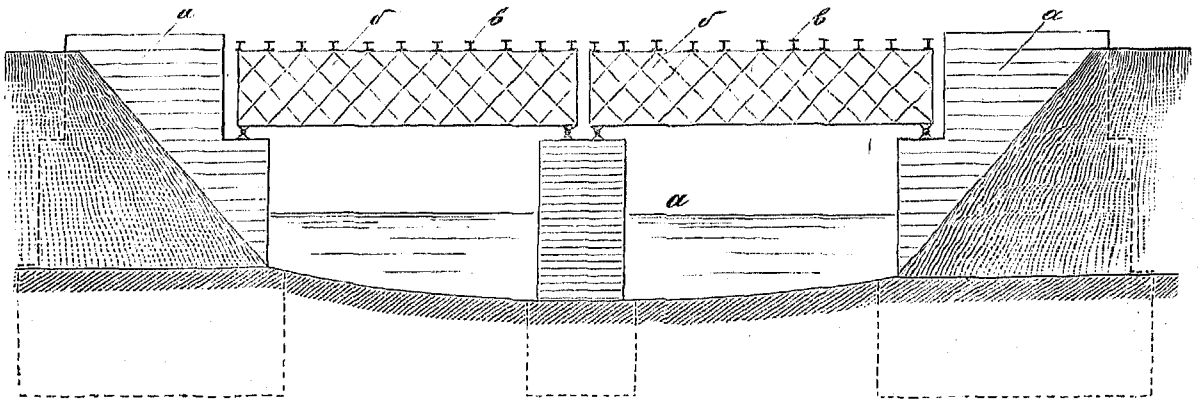


Рис. 1.

стей. Мосты, устроенные для проведенія по нимъ воды, называются *водопроводными* мостами или *акведуками*; *судоходные* мосты—это такіе акведуки, по которымъ могутъ проходить суда.

Мостовыя сооружения, покрытыя сверху земляною насыпью — называются *трубами*.

Въ каждомъ мостѣ должно отличать слѣдующія существенныя части:

*Пролетную часть*, образующую продолженіе дороги или русла канала (б) рис. 1 \*).

\*) *Рисунками* названы чертежи, помѣщенные въ текстѣ, въ отличіе отъ *чертежей* въ атласѣ.

и *Опоры*, поддерживающія пролетную часть на опредѣленной высотѣ и передающія грузъ ея на основанія (а) рис. 1.

Пролетная часть моста состоитъ въ свою очередь изъ *прозжей части* (мостовое полотно, рельсы, шпалы, продольныя и поперечныя балки) (в) рис. 1 и рис. 2, принимающей на себя непосредственно давленіе отъ подвижной нагрузки, и изъ *фермъ* моста, поддерживающихъ мостовое полотно (б) рис. 1 и рис. 2.

А. *Смотря по роду этихъ частей мосты бываютъ:*

*Постоянные*, съ неподвижными опорами и пролетною частью и служащія для непрерывнаго движенія.

*Подвижные*, сообщеніе по которымъ въ извѣстныхъ времена прерывается \*). Они часто устраиваются при постоянныхъ мостахъ и тогда

мосты эти носятъ названіе *постоянныхъ съ разводною частью*. Въ подвижныхъ мостахъ опоры или постоянныя, при чемъ пролетная часть устраивается такимъ образомъ, что, смотря по надобности, можно открывать пространство между опорами, или же опоры и пролетныя части — подвижныя.

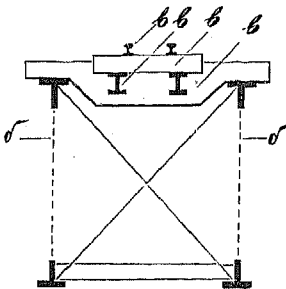


Рис. 2.

Къ *первой* группѣ подвижныхъ мостовъ относятся между прочимъ I. *раздвижные и откатныя*, II. *поворотныя* и III. *подъемныя мосты*.

I. *Раздвижные*, открывающіеся движеніемъ по оси моста (черт. 1). Мостъ надвигается на берегъ, опираясь во время движенія на катки; поступательное движеніе сообщается мосту особымъ механизмомъ при помощи зубчатой полосы, прикрѣпленной къ нижней части фермы и зацѣпляющей за зубчатое колесо, помѣщенное внутри или поверхъ устоя, или же, при помощи цѣпи, навиваемой на воротъ. Во избѣжаніе опрокидыванія моста во время раздвиганія, береговая часть моста устраивается немного тяжелѣе другой его половины.

Показанныя на черт. 1 пролетныя части раздвижного моста состоятъ изъ накрытыхъ досчатымъ настиломъ четырехъ прогоновъ, связанныхъ въ передіемъ концѣ поперечнымъ брусомъ; въ другомъ концѣ два крайніе прогона укорочены, и для увеличенія вѣса этой части фермъ между прогонами помѣщены короткіе брусья, также связанные поперечнымъ брусомъ; укороченные крайніе прогоны соединены съ этимъ послѣднимъ

\*) Какъ постоянныя, такъ и подвижныя мосты получаютъ иногда названіе *временныхъ*, когда они устраиваются на время сооружеія и перестройки постоянныхъ мостовъ или до присеканія средствъ на постройку другого, болѣе цѣпнаго и прочнаго моста. Если временный мостъ устраиваютъ въ сторонѣ отъ предполагаемаго моста, тогда онъ называется *объезднымъ мостомъ*.

брусомъ помощью желѣзной полосы. Эта полоса служить вмѣстѣ съ тѣмъ подшипникомъ для оси колеса *e*; другой конецъ оси укрѣпленъ въ деревянномъ брусѣ; кромѣ вертикальнаго колеса *e* помѣщено еще два боковыхъ ролика. Къ нижней грани всѣхъ четырехъ прогоновъ прикрѣплены желѣзныя полосы, приходящіяся надъ роликами *g*, установленными на обрѣзѣ устоя и имѣющими неподвижныя оси вращения. Въ средніе прогоны въ уровнѣ нижней грани врѣзаны желѣзные штыри, закрѣпленные въ крайнихъ прогопахъ; къ средней утолщенной части штырей прикрѣплена металлическая зубчатая полоса, приходящаяся надъ зубчатымъ колесомъ, помѣщаемымъ на обрѣзѣ устоя, но не въ одной линіи съ роликами; зубчатое колесо насажено на ось, которая помощью рукоятки можетъ быть приведена въ движеніе. Стѣнка устоя имѣетъ сзади и по бокамъ возвышенія; на боковыя возвышенія опираются постепенно утоняющіеся поперечные брусья полотна дороги, такъ что образуется родъ футляра, куда могутъ быть вдвинуты пролетныя части моста. Приспособленіемъ, обеспечивающимъ непрерывность полотна при закрытомъ положеніи, служить поперечный брусъ или доска, вкладываемые между крайними досками полотна моста и полотна дороги. Передъ раздвиганіемъ моста убираются съемныя нерила, снимается брусъ, представляющій переходъ отъ брусчатаго полотна надъ устоемъ на досчатое полотно моста, и затѣмъ приводится во вращательное движеніе ось зубчатаго колеса; послѣднее, зацѣпляясь за кремальерку, передвигаетъ пролетную часть моста, которая опирается во время движенія частью на четыре ролика *g* и частью, помощью подвижныхъ колесъ *e*, на площадку устоя; противъ боковаго заѣданія во время движенія предохраняютъ боковые ролики, помѣщенные въ задней части моста.

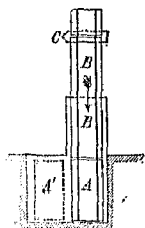


Рис. 2'.

Къ группѣ раздвижныхъ мостовъ слѣдуетъ отнести и *откатные* мосты, отодвигаемые не вдоль оси моста, а нодъ нѣкоторымъ угломъ или въ поперечномъ направленіи. На черт. 1' показанъ мостъ, отодвигаемый въ сторону въ особое углубленіе, сдѣланное въ устоѣ. Въ углубленіи уложено три рельса, по которымъ ферма, при помощи катковъ, откатывается въ сторону.

Иногда примѣняется составная система раздвижного и откатнаго мостовъ — когда полотно раздвижнаго моста устроено въ одномъ уровнѣ съ полотномъ постоянной части, какъ иапримѣръ въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, и когда по мѣстнымъ условіямъ нельзя ни поднять мостъ предъ раздвиганіемъ, ни понизить. Въ этомъ случаѣ на устоѣ устраивается, какъ продолженіе раздвижнаго моста, особый откатной мостъ (*А*) (рис. 2') въ одномъ уровнѣ съ раздвижнымъ мостомъ (*В*); сначала откатываютъ въ сторону мостъ (*А*), а на его мѣсто надвигаютъ мостъ (*В*). (Jersey



bridge). По тому же типу устроена раздвижная часть Волховского моста на Николаевской желѣзной дорогѣ.

**П. Поворотные,** открывающіеся вращеніемъ около вертикальной оси, находящейся въ вертикальной плоскости. Мосты этой системы раздѣляются на: а) мосты-краны и б) собственно поворотные мосты. Первый родъ мостовъ характеризуется тѣмъ, что полотна моста открываются на подобіе полотенъ шлюзныхъ воротъ, вращаясь около дѣйствительно существующей вертикальной оси. Каждая ферма имѣетъ отдѣльную ось вращенія и можетъ состоять изъ одного или двухъ полотенъ (черт. 2). Фермы неодинаковой длины и связаны между собою параллельными поперечинами;

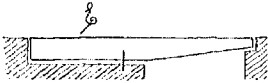


Рис. 3.

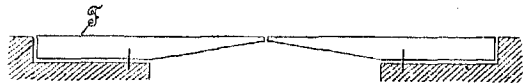


Рис. 4.

соединеніе фермъ съ поперечинами—на шарнирахъ, что позволяетъ одновременно вращеніе обѣихъ фермъ въ одну сторону, причемъ необходимо, чтобы концы поперечинъ были прикрѣплены на равныхъ разстояніяхъ отъ осей вращенія. Такъ какъ при вращеніи обѣ фермы взаимно сближаются, складываются, то подобные мосты примѣнимы только подъ жел. дор., причемъ рельсы должны быть непосредственно прикрѣплены къ главнымъ фермамъ. Къ одной изъ фермъ прикрѣпленъ горизонтальный зубчатый секторъ; на устоѣ устанавливается горизонтальное зубчатое

колесо, зацѣпляющееся за зубцы сектора.

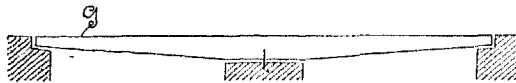


Рис. 5.

*Собственно поворотные* мосты отличаются отъ предыдущихъ вращеніемъ около

нѣкоторой точки, при сохраненіи опредѣленнаго (большую частью горизонтальнаго) положенія мостовыхъ фермъ, такъ что здѣсь вращеніе

происходитъ около нѣкоторой воображаемой вертикальной оси. Тѣмъ не менѣе во всѣхъ поворотныхъ мостахъ устанавливаются ось вращенія, которая

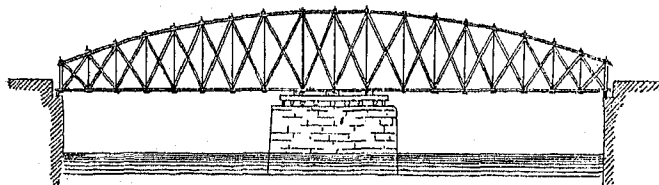


Рис. 5'.

служить или исключительно для направленія движенія или кромѣ послѣдняго назначенія служить еще для принятія на себя, во время вращенія, всего вѣса моста или части его.

По отношенію къ числу и мѣсту расположенія оси вращения могутъ быть четыре характерныхъ случая:

а) одна ось вращения на одной изъ опоръ — *однорукавный и однополотный мостъ* (рис. 3);

б) двѣ оси вращения, по одной на каждой опорѣ — *однорукавный и двухполотный мостъ* (рис. 4);

в) одна ось вращения на опорѣ, помѣщаемой по срединѣ между двумя смежными опорами, — *двухрукавный симметричный мостъ* (рис. 5 и 5');

г) одна ось вращения на опорѣ, неодинаково удаленной отъ смежныхъ опоръ, — *двухрукавный несимметричный мостъ* (рис. 6).

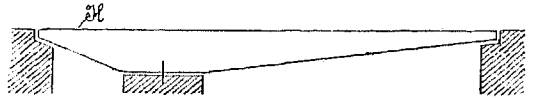


Рис. 6.

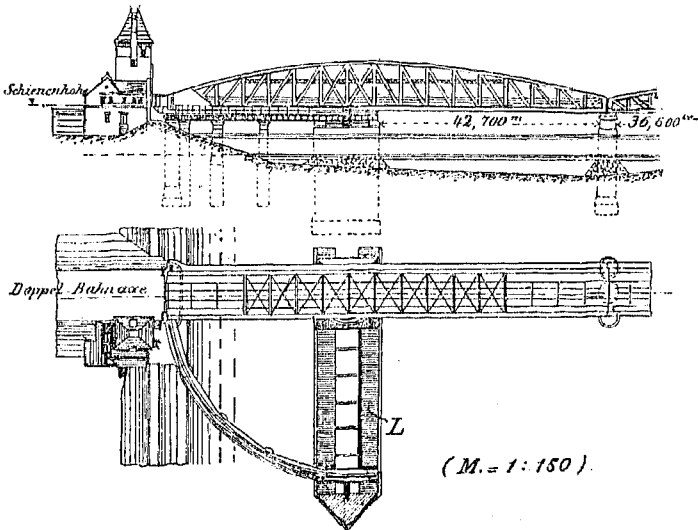


Рис. 6'. — Поворотный мостъ черезъ р. Дее въ Англій.

Встрѣчаются соединенные типы, какъ напр. двухполотный и двухрукавный несимметричный мостъ (рис. 6'') въ Брестѣ, во Франціи.

Ось вращения можетъ быть помѣщена: а) *по оси моста* или б) *внѣ оси*.

Въ отношеніи подвижности оси вращения мосты дѣлятся на двѣ группы:

а) мосты съ *неподвижной* осью вращения, не соединенной съ пролетными частями моста (рис. 7 и 8);

б) мосты съ *подвижной* вращающейся осью, неразрывно связанной съ пролетною частью (рис. 9).

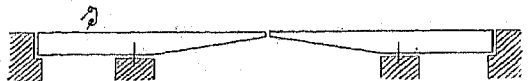


Рис. 6''.

Наконецъ, въ отношеніи способа передачи давленія отъ вѣса моста во время вращенія, — поворотные мосты могутъ быть раздѣлены на три группы:

- а) на мосты съ передачей давленія *исключительно на ось вращенія* (рис. 7);
- б) съ передачей давленія *исключительно на катки*, уложенные по кругу катанія (рис. 8);
- в) съ передачей давленія *частью на ось вращенія, частью на катки* (рис. 12).

Разсмотримъ нѣсколько подробнѣе эти три типа. Замѣтимъ предварительно, что въ закрытомъ положеніи поворотный мостъ ничѣмъ не

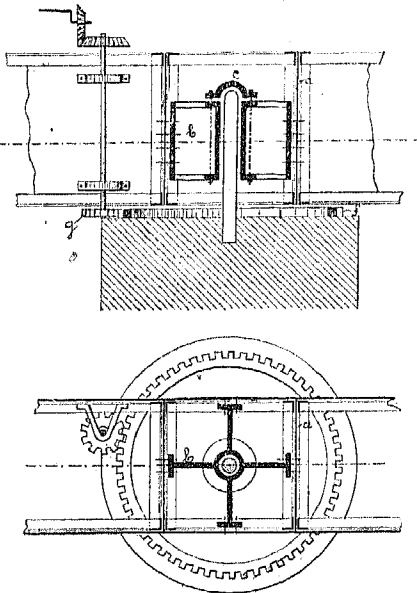


Рис. 7.

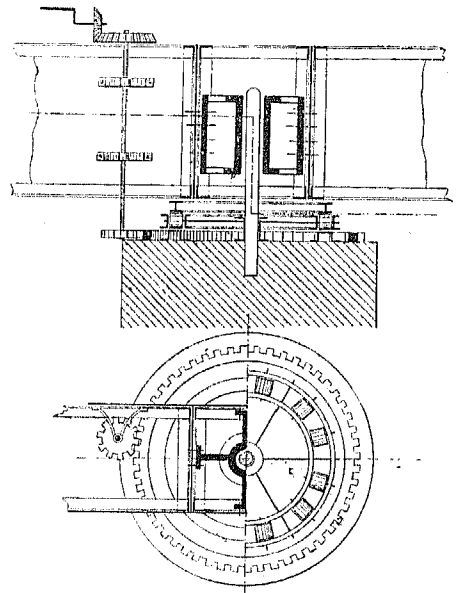


Рис. 8.

отличается отъ постоянного моста, и фермы его представляютъ въ большинствѣ случаевъ неразрѣзную двухпролетную балку. Предъ вращеніемъ крайнія опоры балки устраняются; сохраняется лишь средняя опора, и каждая изъ половинокъ фермы обращается въ балку, закрѣпленную однимъ концомъ и свободную на другомъ. Находясь въ такихъ условіяхъ, балка-мостъ подвергается вращательному движенію. Такъ какъ вращеніе всего моста происходитъ около одной и той же воображаемой вертикальной оси, т. е. безъ измѣненія взаимнаго разстоянія между фермами, то отсюда слѣдуетъ, что всѣ фермы моста должны быть взаимно соединены въ поперечномъ направленіи на столько прочно, чтобы онѣ составляли одно цѣлое, одну раму. Для осуществленія возможности вращенія подобной рамы наиболѣе простымъ по идеѣ рѣшеніемъ представляется подпереть

раму осью въ одной точкѣ, въ центрѣ тяжести рамы, и затѣмъ заставлятъ раму вращаться около этой точки съ сохраненіемъ горизонтальнаго положенія. Схематически этотъ типъ указанъ на рис. 7. Мостъ предположенъ состоящимъ изъ двухъ фермъ; между фермами помѣщены двѣ поперечныя связи (*a*), такъ что образуется замкнутый четырехугольникъ; еслибы было нѣсколько фермъ, то этотъ четырехугольникъ былъ бы устроенъ между средними фермами, а остальные фермы были бы взаимно связаны поперечными связями. Ось вращения, вдѣланная въ кладку, расположена въ центрѣ этого четырехугольника; на ось надѣта втулка (*b*)

чугунная или стальная, съ четырьмя отроутками, пальцами, которые прикрѣпляются болтами къ стѣнкамъ четырехугольника. На вершину оси надѣта шапка (*c*) съ закраинами, къ которой подвѣшена болтами втулка; такимъ образомъ весь мостъ какъ бы подвѣшенъ къ вершинѣ оси. Для сообщенія ему вращательнаго движенія къ каменной опорѣ прикрѣпляется чугунное зубчатое кольцо (*f*), за которое зацѣпляется зубчатое колесо (*g*), насаженное на ось, прикрѣпленную неразрывно къ одной изъ частей фермъ моста; по приведеніи этой оси во вращательное движеніе помощью системы зубчатыхъ колесъ, весь

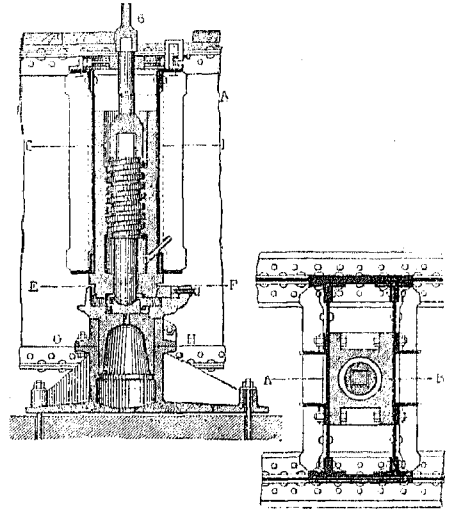


Рис. 9.

мостъ, подвѣшенный къ вершинѣ оси вращения, вдѣланной въ кладку, начинаетъ вращаться, направляясь въ своемъ движеніи той же осью. Для того, чтобы отъ дѣйствія вѣтра или другихъ причинъ не было перекашиванія моста и изгиба оси, часто помѣщаютъ подъ фермы отъ одного до четырехъ предохранительныхъ колесъ (черт. 3), подвергающихся лишь случайной нагрузкѣ во время перекашиванія.

Разсматриваемый типъ мостовъ, требующій наименьшаго усилія для вращения, въ виду ограниченнаго тренія, можетъ быть, однако, примѣненъ лишь для мостовъ незначительной ширины, такъ какъ при широкихъ мостахъ, особенно не высокихъ, невозможно устроить солидную поперечную связь, и во время вращения получался бы не только продольный, но и поперечный прогибъ моста, что затруднило бы установку оконечностей фермъ при закрытіи моста.

Вмѣсто того, чтобы подвѣшивать мостъ къ вершинѣ оси вращения, можно въ извѣстныхъ случаяхъ сдѣлать передачу по всей высотѣ оси,

напримѣръ, путемъ винтовой нарѣзки на оси и на внутренней цилиндрической поверхности, какъ это изображено на рис. 9; ось вращенія снабжена сверхъ того вверху шипомъ, на который надѣвается ключъ для поднятія или опусканія моста на незначительную величину. Въ этомъ случаѣ ось вращенія составляетъ уже одно цѣлое съ пролетными частями, т. е. она подвижная,—и пята вращенія находится не въ вершинѣ оси, а въ основаніи ея.

*Второй типъ* поворотныхъ мостовъ съ передачей давленія, какъ во время вращенія, такъ и при закрытомъ положеніи моста—исключительно на катки по кругу катанія изображенъ схематически (рис. 8) и отличается отъ предыдущаго типа только тѣмъ, что муфта и ось вращенія служатъ лишь для направленія движенія. Весь же грузъ пролетныхъ частей, посредствомъ цилиндрическаго барабана, приклепаннаго къ фермамъ снизу или въ уровнѣ съ ними, передается на катки, расположенные по кругу катанія. Для того, чтобы удержать катки во взаимно неизмѣнномъ разстояніи, оси катковъ вставлены въ два желѣзныхъ кольца, которыя соединяются въ свою очередь радіальными тяжами съ кольцомъ, свободно облегающимъ основаніе оси вращенія. Иногда кольца, въ которыя вставлены оси катковъ, устраиваются неподвижными, но лучше для уменьшенія тренія сдѣлать ихъ подвижными. Съ этой же цѣлью кольцо, облегающее основаніе оси вращенія, часто располагаютъ на рядѣ чугунныхъ ядеръ.

Въ этомъ типѣ особенное вниманіе должно быть обращено на равномерную нагрузку всѣхъ катковъ, что въ достаточной степени удовлетворяется, если, при мостахъ съ ѣздою по верху, число фермъ довольно значительно и онѣ близко разставлены. Въ мостахъ съ ѣздою по низу и вообще въ желѣзнодорожныхъ мостахъ съ числомъ фермъ не болѣе двухъ, гдѣ слѣдовательно всего 4 точки передачи давленія, этому условно стараются удовлетворить, примѣняя высокій барабанъ, способный распределить сосредоточенный грузъ на рядъ катковъ (рис. 10). Несравненно дѣйствительнѣе въ этомъ случаѣ пріемъ, примѣняемый американскими инженерами, съ передачей груза на 8 точекъ барабана (рис. 11), для чего діаметръ барабана долженъ быть такъ выбранъ въ зависимости отъ очертанія прямоугольника (лучше квадрата), образуемаго фермами и двумя поперечными балками, чтобы барабанъ засѣкалъ прямоугольникъ въ 8 равноотстоящихъ точкахъ, при каковыхъ условіяхъ всѣ эти точки можно считать одинаково нагруженными.

*Третій типъ* поворотныхъ мостовъ—въ которомъ грузъ моста передается и на катки и на ось вращенія—представляетъ собою соединеніе обоихъ типовъ, при чемъ, если не приняты особыя приспособленія, является неопредѣленность въ распределеніи доли нагрузки между кат-

ками и осью вращения. Въ нѣкоторыхъ американскихъ образцахъ нижній край барабана (рис. 12) притянутъ тягами къ оси вращения, чѣмъ едва ли достигается цѣль. Гораздо совершеннѣе примѣняемое въ послѣднее время

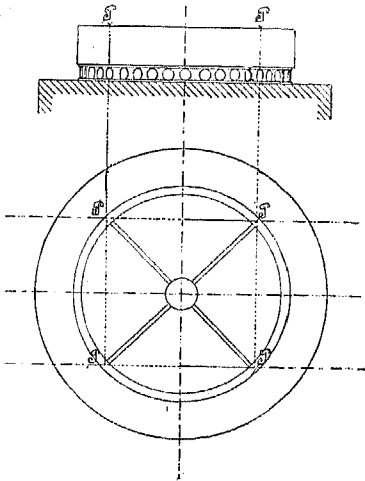


Рис. 10.

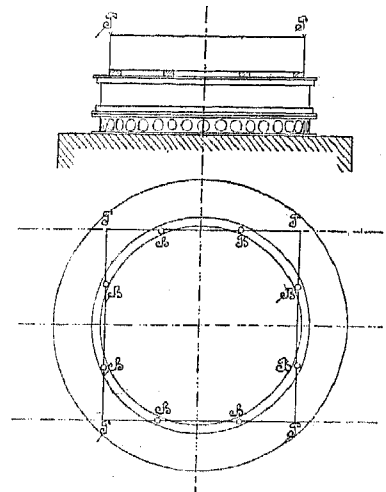


Рис. 11.

въ Америкѣ приспособленіе, состоящее въ томъ (рис. 13), что фермы ставятся не на барабанъ, а на особыя возвышенныя соединительныя балки между радіальными балками, связывающими барабанъ съ осью вращения. Это приспособленіе имѣетъ еще ту выгоду, что грузъ отъ двухъ фермъ передается равномерно на 16 точекъ барабана. Въ показанномъ на рис. 12 распредѣленіи каждое изъ четырехъ да-

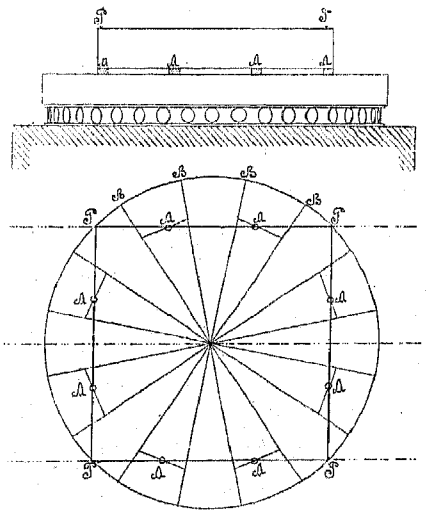


Рис. 13.

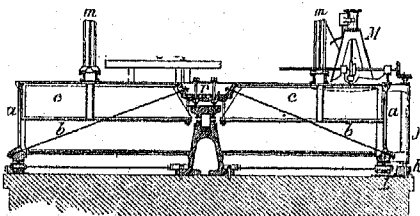


Рис. 12.

вленій *P* фермъ, не передаваясь непосредственно на барабанъ, распределяется поровну на двѣ сосѣднія соединительныя балки *A*, откуда переносится въ равныхъ частяхъ на двѣ радіальныя балки, и, наконецъ, по закону рычага передается частью на барабанъ, частью на ось вра-

щения. Въ этихъ типахъ ось вращения состоитъ большею частью изъ стальной полой станины, открытой сверху и имѣющей на наружной поверхности утолщеніе; на уступъ этого утолщенія опирается кольцо, къ которому приклепаны радіальныя балки.

На рис. 14 и 15 показанъ примѣръ моста, гдѣ давленіе передается на ось и на катки, а именно мостъ черезъ р. Шелонь, на узкоколейной Новгородской дорогѣ. На чугунную станину поставлена ось вращения, къ вершинѣ которой подвѣшена муфта съ четырьмя пальцами, прикрѣпленными къ стѣнкамъ фермы. Для возможности надѣванія муфты на ось

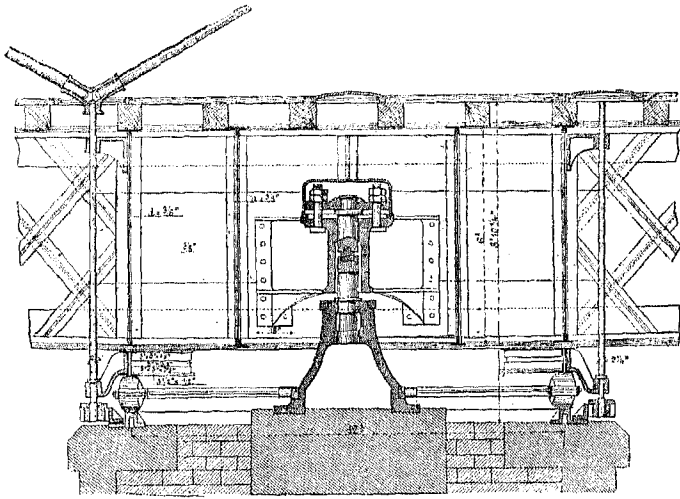


Рис. 14.—Поворотный мостъ черезъ р. Шелонь на Новгородской жел. дор.

вращения, послѣдняя сдѣлана составной, при помощи вкладыша съ четырехугольнымъ выступомъ. Независимо отъ сего обѣ фермы опираются на барабанъ, который не составляетъ полной окружности (рис. 15). Нижняя часть станины обхватывается чугуннымъ кольцомъ съ цилиндрическими выступами, въ которые ввинчены металлическія тяги, закрѣпленные другимъ концомъ при помощи распорныхъ трубокъ и гаекъ въ два металлическія кольца, поддерживающія оси вращения катковъ; между катками помѣщены добавочныя стяжки въ распорныхъ трубкахъ. Движущій механизмъ, приводимый въ движеніе при помощи двухъ или четырехъ аншпуговъ, прикрѣпленъ къ фермѣ, въ виду чего криволинейная зубчатка, въ видѣ двухъ четвертей окружности, прикрѣплена неразрывно къ каменной опорѣ. При указанномъ расположеніи на ось вращения можетъ передаваться лишь незначительная часть общаго вѣса и нагрузки, а именно только нѣкоторая ихъ доля, приходящаяся на фермы въ предѣлахъ круга катанія.

Концы ферм поворотнаго моста передъ вращеніемъ его должны быть такъ устроены, чтобы можно было по произволу повышать ихъ или понижать. Для сего могутъ быть употреблены винтовые опорныя подушки, эксцентрики или выдвигные клипья.

Пята вращенія бываетъ или вдѣланною въ опору (рис. 3), или же она соединена съ пролетною частью моста. Въ первомъ случаѣ подпятникъ помѣщается на пролетной части, а во второмъ — на опорѣ моста.

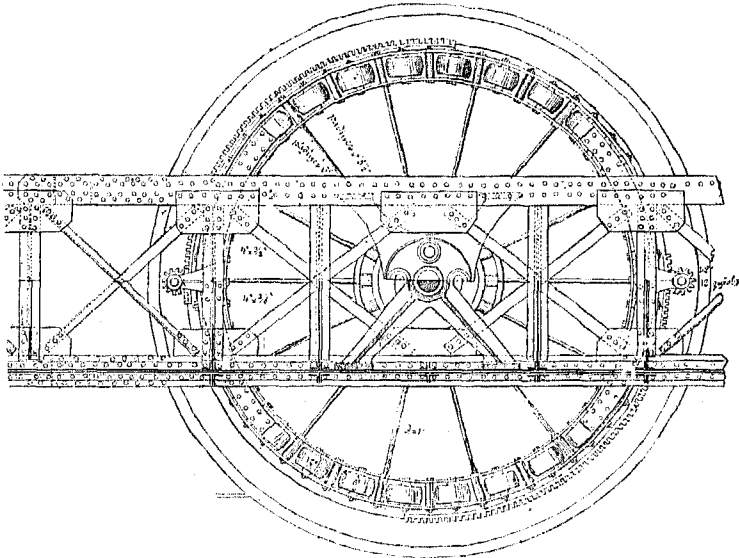


Рис. 15. — Поворотный мостъ черезъ р. Шелонь на Новгородской жел. дор.

**III. Подъемные мосты**—бываютъ *двухъ* типовъ; въ одномъ типѣ фермы моста вращаются около горизонтальной оси, а въ другомъ—фермы моста, или только одна проѣзжая часть, поднимаются вверхъ, при сохраненіи горизонтальнаго положенія.

*Первый типъ* имѣетъ нѣсколько разновидностей:

а) ось вращенія постоянная и помѣщена въ концѣ подъемнаго полотна; подъемъ совершается при помощи цѣпей, прессовъ или канатовъ (черт. 4);

б) ось вращенія постоянная, помѣщается на нѣкоторомъ разстояніи отъ конца подъемнаго полотна, имѣющаго противовѣсы въ видѣ продолженія прогона; подъемъ—помощью цѣпей или зубчатыхъ секторовъ (рис. 16);

в) тоже, но подвижная ось вращенія перемѣщается по прямой или кривой линіи (рис. 17).

Каждая изъ разновидностей можетъ быть однополотная или двухполотная.

Въ изображенномъ на черт. 4 типѣ моста *первой* разновидности подъемъ совершается при помощи коромысла и цѣпей; коромысло должно



быть параллельно прогонамъ подъемнаго моста, при чемъ ось вращения полотна и коромысла, а также оконечности прогона и коромысла должны быть расположены въ вершинахъ параллелограмма. Направление усилия, приложеннаго къ полотну моста, сохраняется параллельнымъ.

Фермы изображеннаго на черт. 4 двухполотнаго моста состоятъ изъ ряда прогоновъ, связанныхъ по концамъ поперечными брусками; передніе

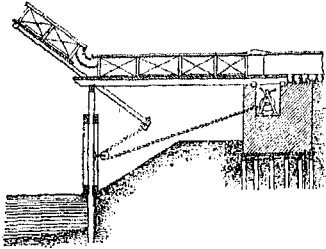


Рис. 16.

концы образованной такимъ образомъ рамы, поставленной подъ небольшимъ уклономъ, стыкаются по серединѣ моста; задній же конецъ, помощью желѣзной петли, связанъ съ брускомъ, прикрѣпленнымъ къ кладкѣ устоя; полотна могутъ вращаться около оси петли. Для уменьшенія распора на вершину опоры и для облегченія работы прогоновъ — эти послѣдніе подперты по серединѣ своей длины подкосами, связанными по концамъ поперечными брусками;

на другой конецъ подкосовъ насажены чугунные наконечники, вмѣняющіеся съ наружной стороны основанія приливъ съ проушиною, или же къ концу подкоса прикрѣпляется изогнутая толстая желѣзная полоса съ петлею. Въ томъ и другомъ случаѣ проушина или петля надѣвается на болтъ, продѣтый сквозь проушину и стѣнку чу-

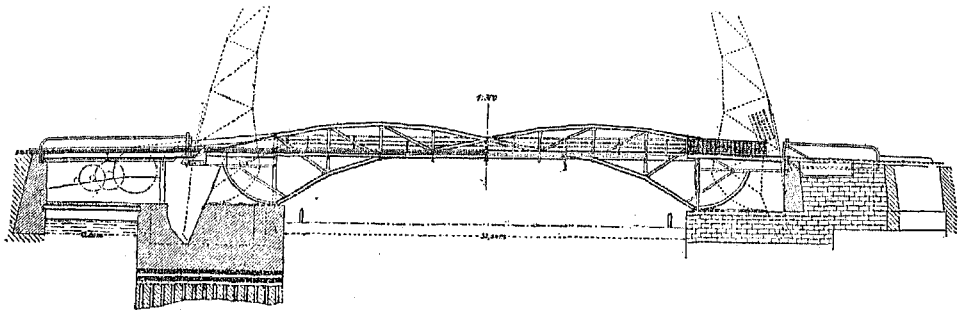


Рис. 17. — Подъемный мостъ въ Чикаго.

гуннаго башмака, прикрѣпленнаго къ обрѣзу устоя. При такихъ условіяхъ подкосы, образующіе подкосную раму, могутъ вращаться; для того, чтобы при вращеніи они слѣдовали за полотномъ — и при опусканіи моста заняли первоначальное положеніе, подкосы связаны съ прогономъ схватками изъ полосового желѣза съ проушинами по концамъ, сквозь которыя продѣты болты. Подъемъ совершается рабочими при помощи коромысла и цѣпей. Для сего на каждомъ устоѣ установлены по двѣ стойки, опирающіяся шипомъ въ задѣланный въ кладку брусъ и укрѣпленные сверхъ того желѣзными тяжами. Вверху стойки связаны

общей насадкой; къ каждой стойкѣ прикрѣплена вверху желѣзная вилкообразная подставка, открытая съ трехъ сторонъ и въ двухъ стѣнкахъ которой сдѣланы отверстія—одно круглое, а другое въ видѣ вертикальной щели, доходящей до середины высоты стѣнки. Коромысло приблизительно по серединѣ своей длины обжато желѣзнымъ кольцомъ съ приваренными къ нему сбоку (по направленію горизонтальнаго діаметра) двумя цилиндрическими выступами, которые вставляются въ отверстія въ стѣнкахъ вилкообразной подставки. Къ одному концу коромысла прикрѣплена цѣпь, соединенная съ полотномъ моста, а къ другому — цѣпь, къ которой прилагается усиліе человѣка.

Примѣромъ второй разновидности служить мостъ, изображенный на рис. 16; на этомъ рисункѣ показанъ типъ подъемнаго моста, открываемаго усиліемъ, приложеннымъ къ концу противовѣса.

Примѣрами *третьей* разновидности мостовъ съ подвижной осью вращенія могутъ служить: мостъ въ Чикаго (рис. 17), въ которомъ ось вращенія перемѣщается по прямой линіи, и мостъ въ Milwaukee черезъ каналъ Menominee, съ перемѣщеніемъ оси вращенія по кривой линіи. Въ изображенномъ на рис. 17 мостѣ пролетъ въ 32 метр. перекрывается двумя грушевидными фермами, стыкающимися по серединѣ пролета; другой конецъ фермы, закругленный по дугѣ круга, снабженъ зубчаткой и зацѣпляется за кремальберку, укрѣпленную на устоѣ. Къ верхнему поясу фермы, около грушевиднаго конца, прикрѣплена на шарнирѣ тяга, имѣющая на другомъ концѣ зубчатку, приводимую въ зацѣпленіе съ зубчатымъ колесомъ. При закрытомъ положеніи оба полотна взаимно соединены стержнемъ, который предъ вращеніемъ выдвигается. При вращеніи вала зубчатаго колеса грушевидныя фермы, вращаясь, откатываются; двигателемъ служитъ электрическая энергія.

Переходимъ теперь ко *второму типу* подъемныхъ мостовъ, въ которыхъ мостовое полотно поднимается вверху, оставаясь параллельнымъ своему прежнему положенію. Здѣсь встрѣчаются двѣ разновидности: перемѣщаются *фермы моста и проѣзжая часть*, или же только *одна проѣзжая часть*.

Примѣры *первой* разновидности показаны на черт. 4'. Въ изображенномъ на черт. 4' примѣрѣ, пролетныя части моста частью уравниваются противовѣсами при помощи канатовъ, прикрѣпленныхъ къ оконечностямъ фермъ и перекинутыхъ черезъ шкивы, установленные на высокихъ каменистыхъ опорахъ. Въ этихъ послѣднихъ сдѣланы вертикальные каналы, въ которыхъ могутъ перемѣщаться противовѣсы. Подъемъ совершается приложеніемъ сравнительно незначительнаго усилія, благодаря присутствію противовѣсовъ.

Иногда вмѣсто того, чтобы поднимать фермы, ограничиваются подъемомъ одной проѣзжей части. Такъ, напр., близъ Утики въ Америкѣ су-

ществуетъ подобный подъемный мостъ черезъ каналъ Эри, при величинѣ пролета въ 18 метр. = 8,46 саж. На высокихъ металлическихъ опорахъ поставлена раскосная ферма съ полыми стойками. Подвижная платформа съ мостовымъ полотномъ въ закрытомъ положеніи опирается па каменные оноры и подвѣшена кромѣ того къ фермамъ. Къ платформѣ прикрѣплены штанги, оканчивающіяся проволочнымъ канатомъ толщиною 20 мм., пропущеннымъ внутри полыхъ стоекъ; канатъ огибаетъ шкивы, насаженные наглухо на стальной валъ толщиною 68 мм., и имѣетъ на концѣ противовѣсъ, равный соответствующей части вѣса полотна: блоки касаются своєю окружностью геометрической оси полыхъ стоекъ. Подъемъ проѣзжей части совершается при помощи особаго приспособленія.

Ко второй группѣ подвижныхъ мостовъ относятся *наплавные мосты* съ двумя только постоянными точками у береговъ рѣки и съ опорами на плаву. Эти мосты, по разьединеніи съ одной изъ постоянныхъ частей, даютъ возможность открывать рѣку во всю ея ширину. По роду опоръ они бываютъ:

IV. **Плотовые мосты:** Общій видъ плотовыхъ мостовъ изображенъ на рис. 18.

На черт. 5 показаны плотовыя опоры, состоящія изъ двухъ или болѣе родовъ бревенъ, связанныхъ канатами, какъ между собою, такъ и съ

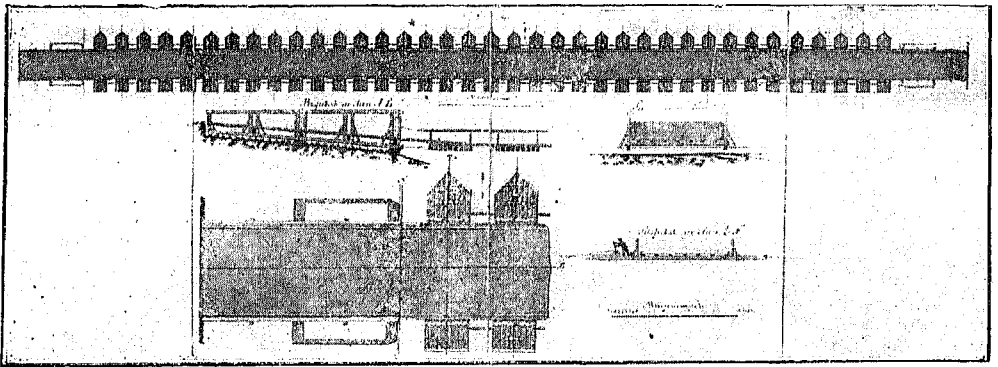


Рис. 18. — Плотовый мостъ въ Двинскѣ.

поперечными брусками. Въ данномъ примѣрѣ есть два такихъ поперечныхъ бруска по концамъ и четыре по серединѣ, и кромѣ того два наклонныхъ бруска. На этихъ брускахъ расположены вдоль плота нѣсколько продольныхъ брусевъ (въ данномъ примѣрѣ—три), а на этихъ послѣднихъ уже—прогоны моста, которые связаны черезъ одинъ канатомъ съ поперечными брусьями, находящимися подъ ними. Въ стыкахъ бревна располагаются одно возлѣ другого и связываются канатами для лучшаго сопротивленія волненію. Плоты удерживаются якорями, заброшенными противъ теченія; для того же, чтобы ихъ удержать и противъ низоваго

вѣтра, забрасываются якоря и внизъ по теченію, но не отъ каждаго плота, а черезъ одинъ. Для якорнаго каната помѣщаютъ воротокъ. Плоты связываются между собою канатами, расположенными крестообразно, т. е. въ видѣ діагональныхъ связей, и прикрѣпленными за желѣзные кольца, ввинченныя въ ребра полотна. Плоту придаютъ спереди въ планѣ треугольную форму, чтобы уменьшить напоръ воды, и для той же цѣли оставляютъ промежутки между бревнами.

Иногда вмѣсто устройства отдѣльныхъ плотовыхъ опоръ располагаютъ во всю ширину рѣки рядъ продольныхъ брусевъ, какъ напримѣръ (рис. 19), въ бывшемъ наплавномъ мосту въ Ригѣ, до перестройки его на металлическій понтонный мостъ.

Мостъ длиною 646 метровъ и шириною 12,8 метр. состоялъ изъ ряда продольныхъ (по ширинѣ рѣки) четырехъгранныхъ брусевъ до 40 санти-

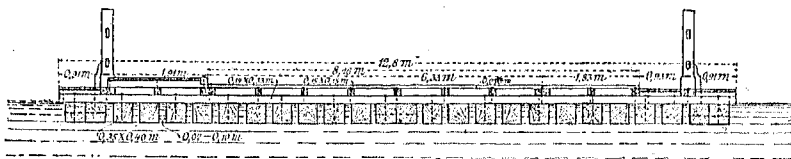


Рис. 19.—Плотовый мостъ (прежній) въ Ригѣ.

метровъ въ сторонѣ, поверхъ которыхъ на разстояніи 1,08 метр. уложены поперечные брусья, сѣченія:  $14 \times 33$  сант., связанные съ предыдущими болтами. На этихъ послѣднихъ поперечинахъ уложенъ былъ рядъ продольныхъ лежней:  $15 \times 15$  сант. на взаимномъ разстояніи 0,9 метр., а затѣмъ досчатый настилъ толщиною 7,5 сант. (средній срокъ службы такихъ мостовъ около 10 лѣтъ).

Примѣръ приспособленія, обезпечивающаго вѣздъ на мостъ при разныхъ горизонтахъ и примененнаго въ плотовомъ мосту чрезъ рѣку Двину въ Двинскѣ, указанъ на рис. (18). При низкомъ положеніи горизонта, платформа, состоящая изъ поперечныхъ брусевъ, перекрытыхъ двойнымъ рядомъ досокъ, опирается на продольные лежни, уложенные по откосу берега, и на поперечныя насадки свай. Верхній конецъ платформы опирается всегда на незатопляемую поперечную насадку, около которой платформа можетъ вращаться, а нижній—на первый плотъ. Сквозь концы всѣхъ поперечинъ продѣты вертикальные болты съ гайками, помѣщенными поверхъ насадокъ парныхъ стоекъ, забитыхъ по обѣ стороны оконечностей поперечинъ. Если при подъемѣ воды необходимо платформу поднять, то это достигается вращеніемъ гаекъ болтовъ, причѣмъ платформа поддерживается болтами.

**V. Плашкоутные мосты.** По ширинѣ рѣки устанавливается рядъ деревянныхъ или металлическихъ плашкоутовъ, понтоновъ и судовъ съ пере-

кинутыми поверхъ плашкоутовъ прогонами и фермами, поддерживающими полотно или рельсовый путь (черт. 6' и черт. 6''). Между нѣкоторыми понтонами оставляется достаточно широкій и высокій просвѣтъ для прохода невысокихъ барокъ и пароходовъ съ откидными трубами. Въ случаѣ необходимости пропуска мачтовыхъ судовъ—устраиваютъ или поворотную часть, или же выводятъ временно нѣкоторые плашкоуты, которые называются поэтому *выводными*. Наиболѣе существенную часть плашкоутнаго моста составляетъ устройство понтоновъ, взаимное ихъ соединеніе и сопряженіе съ берегомъ.

Въ планѣ плашкоуты имѣютъ форму прямоугольника съ приставленными закругленіями носовой и кормовой части; иногда закругленіе дѣлается только съ верховой стороны. Въ поперечномъ сѣченіи плашкоутъ представляетъ трапецію или прямоугольникъ.

На черт. 6 показано схематически поперечное сѣченіе опоры плашкоутнаго моста. Днище состоитъ изъ ряда поперечныхъ брусевъ (*a*), уложенныхъ съ промежутками, равными ширинѣ бруса и связанныхъ продольными схватками (*e*), стянутыми болтами; средняя нижняя продольная схватка называется *килевымъ поясомъ*, а остальные продольныя схватки—*кильсонами*. Боковыя стѣнки, борты, состоятъ изъ стоекъ (*b*), поставленныхъ на взаимномъ разстояніи около 2 ф. и впущенныхъ шиномъ въ концы поперечинъ (*a*). Для связи этихъ стоекъ съ горизонтальнымъ поперечнымъ брусомъ (*a*) служатъ колѣнчатые брусья (*i*), природныя короткія короры, копани (отрубки дерева съ частью корня), съ прокладкою *d*. Поперечины (*a*) со стойками образуютъ такъ называемый *шпангоутъ* понтона. Основаніе стоекъ (*b*) обжато двумя схватками; кромѣ того торцы поперечинъ прикрыты горизонтальнымъ брусомъ, который скрѣпленъ съ брусьями (*a*) помощью трехъ нижележащихъ брусевъ и двухъ рядовъ вертикальныхъ, двухъ рядовъ горизонтальныхъ и одного ряда наклонныхъ болтовъ. Днище и стѣнки обшиты досками и тщательно проконопачены.

*Элементъ* моста можетъ состоять или изъ одного плашкоута (Петербургскіе мосты), или изъ двухъ, трехъ понтоновъ, какъ напримѣръ за границей. Въ первомъ случаѣ прогоны, поддерживающіе мостовое полотно между смежными элементами, врубаются концами въ крайніе поперечные переводы, располагаются возлѣ концовъ прогоновъ, уложенныхъ на плашкоутѣ, и связываются съ ними канатами, что допускаетъ независимое колебаніе понтоновъ при волненіи. Если элементъ состоитъ изъ нѣсколькихъ понтоновъ, то въ такомъ случаѣ—понтонъ одного элемента перекрываются цѣльными прогонами со свѣшивающимися концами; при составѣ элемента изъ трехъ понтоновъ, когда длина цѣльныхъ прогоновъ получилась бы чрезмѣрной, прогоны дѣлаются стычными и взаимно свя-

зываются болтами надъ среднимъ понтономъ. Промежутки между понтонами одного и того же элемента дѣлаются въ этомъ случаѣ иногда болѣе промежутковъ между понтонами смежныхъ элементовъ, особенно если имѣются неподпертые подкосами свѣшивающіеся концы. Если же выступающіе концы свѣсовъ подперты подкосами, то можно помѣстить между смежными двойными и тройными элементами независимые прогоны (какъ въ Невскихъ плашкоутныхъ мостахъ). Подобная конструкція имѣетъ однако ту слабую сторону, что нагрузка одного элемента не передается на смежные элементы, что при слабой подъемной силѣ элемента вызываетъ при движеніи экипажей замѣтное измѣненіе продольной профили моста, а потому, въ случаѣ составленія элемента изъ нѣсколькихъ понтоновъ, обыкновенно выступающіе концы свѣсовъ взаимно стыкаются и связываются возможно жесткимъ образомъ.

Выводной элементъ устраивается для про-

пуска мачтовыхъ судовъ и состоитъ изъ одного или двухъ понтоновъ.

Въ Петербургскихъ мостахъ выводной элементъ состоитъ изъ двухъ понтоновъ, 2-го и 3-го отъ пристани. Расположеніе выводныхъ понтоновъ схематически изображено на (черт. 6'). Плашкоуты (b) и (c) — выводные, причемъ плашкоуть (b) касается вплотную плашкоута (a), а между (c) и (d) оставленъ промежутокъ около 0,33 саж., перекрытый подъемной рамой (p); это сдѣлано для удобства вывода планкоутовъ — иначе происходило бы заѣданіе. Соединеніе (a) съ (b) и (c) съ (d) сдѣлано помощью закрѣпного бруса *m*, скрѣпленного съ прогонами плашкоута (четырьмя серьгами и клиньями (черт. 6'')). Между плашкоутами (c) и (d), гдѣ оставленъ промежутокъ — закрѣпной брусъ *m'* болѣе длинный (не указанный на черт. 6'').

Передъ выводомъ плашкоутовъ снимаютъ доски, расположенныя надъ осью вращенія рамы, затѣмъ вращеніемъ оси приподнимаютъ раму, отжи-

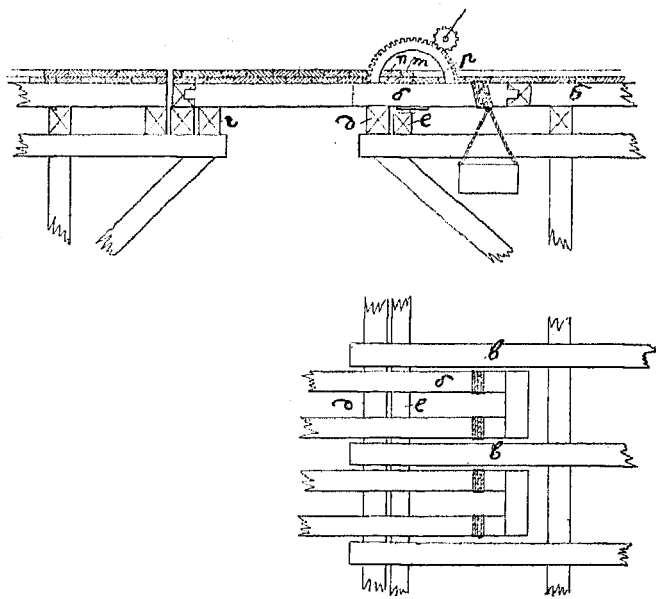


Рис. 20. — Детали устройства подъемной рамы въ сопряженіи съ выводнымъ элементомъ.

мають немного плашкоуть (*b*) отъ плашкоута (*a*) и начинаютъ травить канатъ якоря. Течениемъ воды плашкоуть относится внизъ и дѣйствіемъ руля отводится въ сторону. Обратнo, при установкѣ выводныхъ плашкоутовъ на мѣсто, дѣйствіемъ ворота, установленнаго на плашкоутѣ, втягиваютъ плашкоуть на прежнее мѣсто, точно устанавливаютъ и затѣмъ талями плотно скрѣпляютъ плашкоуть (*b*) съ (*a*), опускаютъ раму и ставятъ закрѣпные брусья (*m*) и (*m'*).

*Обезпеченіе неразрывности соединенія* дорожнаго и мостового полотна, при измѣнчивости горизонта воды, достигается различными приспособленіями.

Если берега не обдѣланы набережной, а имѣютъ естественный пологій уклонъ, и разность горизонтовъ довольно велика, то приспособленіе

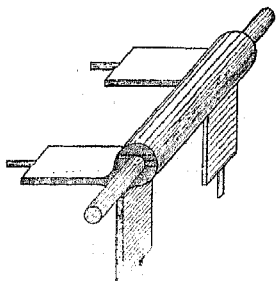
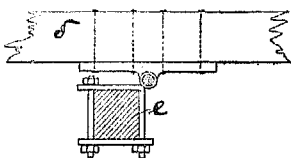
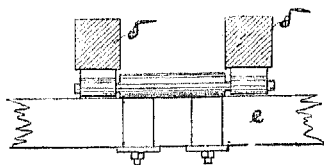


Рис. 21.

для въѣзда на мостъ при разныхъ горизонтахъ можетъ состоять изъ ряда плотовыхъ опоръ, взаимно соединенныхъ упругими связями и неподвижно прикрѣпленныхъ однимъ концомъ къ берегу; другой конецъ подобной цѣпи плотовъ находится на плаву и, сообразно съ измѣненіемъ горизонта, ложится на берегъ, или всплываетъ.

Если берегъ обдѣланъ набережной, то пользуются качающейся рамой (черт. 7) или при большой разности горизонтовъ, — качающейся фермой.

На (черт. 7) показано приспособленіе на прежнемъ Исаакіевскомъ мосту. Рама составлена по длинѣ изъ двухъ частей, взаимно соединенныхъ закиднымъ крюкомъ. Часть рамы, приходящаяся надъ плашкоутомъ, имѣетъ неподвижную ось вращенія, установленную надъ среднимъ поперечнымъ брусомъ плашкоута; къ концамъ прогоновъ рамы подвѣшены на оси толстый желѣзный крюкъ. Прогонъ рамы, расположенной надъ устоемъ, имѣютъ обдѣланныя желѣзомъ оконечности; сквозь передній конецъ прогона продѣта металлическая ось, за которую закидывается крюкъ; въ другомъ концѣ прогона, тоже обдѣланномъ желѣзомъ, имѣется продольный прорѣзъ, въ который вставлена металлическая ось; эта послѣдняя вставлена въ проушины планокъ, задѣланныхъ неподвижно въ

кладку. Такимъ образомъ—корень береговой рамы можетъ имѣть незначительное горизонтальное перемѣщеніе и вращеніе около металлической оси. При нормальномъ положеніи горизонта обѣ рамы горизонтальны и упираются на рядъ поперечныхъ брусевъ; при пониженіи горизонта (черт. 7), береговая рама остается горизонтальной, а рѣчная наклоняется внизъ; при повышеніи горизонта, рѣчная рама остается горизон-

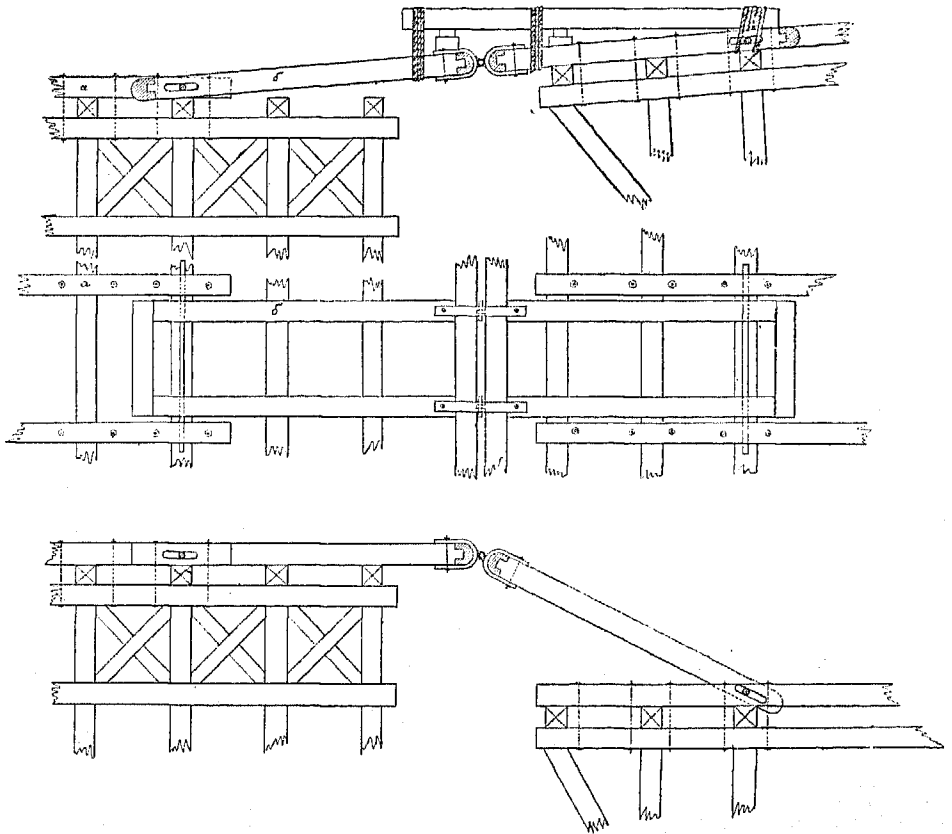


Рис. 22.— Детали устройства сопряженія плашкоута съ пристанью.

тальной, а береговая получаетъ уклонъ вверхъ; въ обоихъ этихъ случаяхъ появляются два перелома, а при короткой рамѣ и довольно крутой уклонъ (болѣе 0,07 допускать не слѣдуетъ). На Петербургскихъ мостахъ, гдѣ горизонтъ Невы болѣею частью выше нормальнаго, и гдѣ слѣдовательно преобладаетъ второй случай, съ одной стороны съ цѣлью уменьшенія уклона въѣзда на мостъ, а съ другой,—чтобы избѣжать крутого перелома полотна,—примѣняется *вага* (рис. 22), помощью которой первый плашкоутъ принимаетъ наклонное положеніе. На рис. 22 изображена деталь этого устройства въ Дворцовомъ мосту. Деревянный устой



выдвинуть из за набережной въ рѣку; прогоны (а) постоянной части устоя не доходятъ до конца устоя; рядомъ съ ними помѣщены прогоны рамы, соединенные въ концѣ общей обвязкой, а въ корневой части— лишь попарно; около корня рамы въ прогонахъ сдѣланы продольные прорѣзы, сквозь которые проходитъ металлическая ось, продѣтая и чрезъ прогоны постоянной части моста; то же устройство примѣнено и въ рѣчной рамѣ; концы прогоновъ обѣихъ рамъ обдѣланы желѣзной скобой съ проушиной и шкворнемъ; надъ крайними прогонами рамы помѣщена вага, прикрѣпленная однимъ концемъ къ средней поперечинѣ понтона; другой же конецъ, приподнятый, связанъ канатомъ съ прогонами обѣихъ рамъ и расклиненъ клиньями такъ, что прогоны рѣчной рамы имѣютъ тотъ же уклонъ, какъ прогоны береговой рамы.

Наведенный мостъ удерживается на мѣстѣ *якорными канатами* и *одержжниками*. Въ зависимости отъ глубины якорный канатъ имѣетъ длину отъ 60 до 70 сажень и толщину около 12 д.; иногда же канатъ замѣняется цѣпью, приготовленную изъ круглаго желѣза толщиною  $\frac{5}{8}$  д. Одинъ конецъ каната прикрѣпляется къ якорю, вѣсомъ отъ 20 до 35 пудовъ, а другой конецъ наворачиваютъ на брашпиль (воротъ), помѣщенный въ плашкоутѣ, гдѣ его и закрѣпляютъ наглухо. Каждый плашкоутъ стоитъ на двухъ якоряхъ. Носовой или верхній якорный канатъ сопротивляется дѣйствию струи, кормовой же или нижній удерживаетъ плашкоутъ во время низовыхъ вѣтровъ. Кромѣ этихъ постоянныхъ усилій, якорные канаты должны еще выдерживать напоръ судовъ, часто наплывающихъ на мостъ вслѣдствіе неосмотрительности судорабочихъ, а также и напоръ осепяга льда. Кормовые канаты, не подверженные этимъ временнымъ усиліямъ, часто замѣняются болѣе тонкими въ 6 д. или въ 8 д. *Одержжниками* называются 16 д. канаты, протянутые вдоль всего моста и прикрѣпленные къ каждому плашкоуту 2 $\frac{1}{2}$  дюйм. снастями. Ихъ помѣщаютъ подъ тротуаромъ у самаго края; одинъ конецъ одержжниковъ обвертываютъ два или три раза около паль, забитыхъ у пристани того берега, къ которому отводятъ мостъ, а потомъ закрѣпляютъ за рымъ, т. е. за кольцо, вдѣланное въ набережную, если таковая имѣется. Все это закрѣпленіе называется *корнемъ моста* или *корнемъ одержжниковъ*.

Корневые одержжники, хотя имѣющіе длину, соотвѣтствующую длинѣ всего моста, протягиваются при наведенномъ положеніи моста вдоль всего моста лишь до выводной части, крѣпятся къ стойкамъ ближайшаго выводного плашкоута, и свободные концы располагаются на плашкоутѣ, ближайшемъ къ выводной части; этимъ способомъ выводная часть приводится въ связь съ корневымъ крыломъ моста. Второй плашкоутъ выводного элемента связанъ самостоятельнымъ одержжникомъ съ плашкоутомъ около пристани.

Передъ ледоходомъ поптонный мостъ отводится къ берегу. Для сего предварительно принимаютъ рядъ мѣръ, чтобы разомъ можно было начать вращеніе моста, а именно—вынимаютъ болты, соединяющіе пловучую часть съ пристанями и временно скрѣпляютъ ихъ канатами; затѣмъ открѣпляютъ якорные канаты отъ брашпиль и перекидываютъ черезъ валъ шпиля лишь одну петлю; наставляютъ длинными перлинями (8 д. канатъ) якорные канаты среднихъ плашкоутовъ и наиболѣе удаленныхъ отъ корневой части; протягиваютъ одержники, идущіе отъ корневой части чрезъ выводные плашкоуты до послѣдняго плашкоута, гдѣ ихъ и закрѣпляютъ. Передъ поворотомъ рубятъ канаты, соединяющіе временно пловучую часть съ пристанями, и начинаютъ травить якорные канаты, нарощенные перлинями, а также и корень одного изъ одержниковъ, уложеннаго съ внѣшней стороны. Дѣйствіемъ теченія мостъ цѣльнымъ крыломъ описываетъ  $\frac{1}{4}$  окружности.

Въ *металлическихъ поптонныхъ мостахъ* понтоны имѣютъ большую частью сѣченіе и устройство корпуса плоскодоннаго желѣзнаго судна, а иногда представляютъ и цилиндрическое сѣченіе; въ послѣднемъ случаѣ обыкновенно каждыя два понтона неразрывно соединяются съ поставленными на нихъ металлическими фермами со свѣсами, такъ что элементъ моста состоитъ изъ двухъ плашкоутовъ. Такъ напр. въ изображенномъ на рис. 23 и 24 поптонномъ мосту въ Ригѣ черезъ р. З. Двину—опоры представляютъ въ сѣченіи овалъ, составленный изъ двухъ полуокружностей радіуса 1,6 м. и изъ прямой вставки въ 0,5 м. (въ дѣйствительности вставка не прямая, а выпуклая со стрѣлою въ 2 сант.). По обомъ концамъ понтоны заострены; полная длина каждаго изъ нихъ 26,05 м. Въ поперечномъ сѣченіи корпусъ подраздѣленъ водонепроницаемыми переборками съ лазами для осмотра. Кромѣ того имѣется рядъ шпангоутовъ изъ углового желѣза, къ которымъ прикрѣплена оболочка толщиной 8 мм. Прикрѣпленіе понтоновъ къ ложу рѣки сдѣлано помощью мертвыхъ якорей, завипченныхъ ноѣ понтонами, а не съ верховой и низовой стороны. Цѣпи, составленные изъ  $1\frac{1}{2}$  д. звеньевъ, пропущены крестообразно съ обоихъ концовъ понтона по цилиндрической трубѣ. Подобное расположеніе цѣпей, отличное отъ обыкновеннаго, имѣетъ то преимущество, что въ началѣ ледохода льдины не наваливаются на канаты, не рвутъ ихъ, а подплывая ноѣ носовую часть понтона и стремясь его приподнять, ломаются около пижняго ребра передней части, подобно тому, какъ это бываетъ въ ледорѣзахъ.

Каждый элементъ моста состоитъ изъ двухъ понтоновъ, разставленныхъ на взаимное разстояніе 19,5 м., на которомъ укрѣплены четыре рѣшетчатыя фермы со свѣсами по 6,25 м. Элементы взаимно стыкаются свѣсами. Соединеніе достигается тѣмъ, что внутри свѣсовъ устроено ко-

робчатое ограждение, куда вставляется деревянный брус сѣченія  $31 \times 31$  сант., закрѣпляемый нажимными винтами. Выводной элементъ состоитъ изъ двухъ понтоновъ и представляетъ длину:  $11 + 2 \times 3,625 = 18,25$  м. Всего по ширинѣ моста поставлены непосредственно надъ

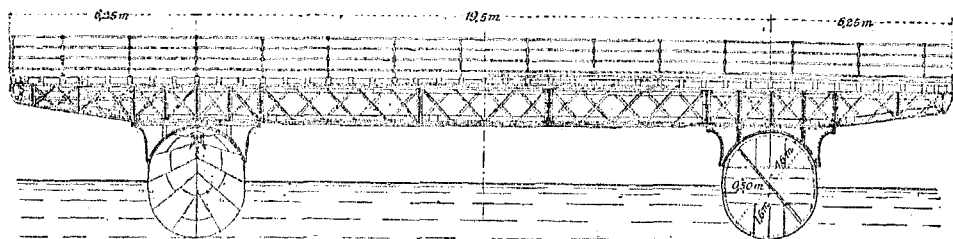


Рис. 23. — Элементъ металлическаго понтоннаго моста въ Ригѣ.

переборками четыре фермы рѣшетчатой системы, которыя поддерживаютъ мостовое полотно шириною 13,96 м., въ томъ числѣ на два тротуара по 1,6 м. Сопряженіе съ берегомъ сдѣлано помощью качающейся фермы, длиною 18 м., опирающейся однимъ концомъ на устой, а другимъ на

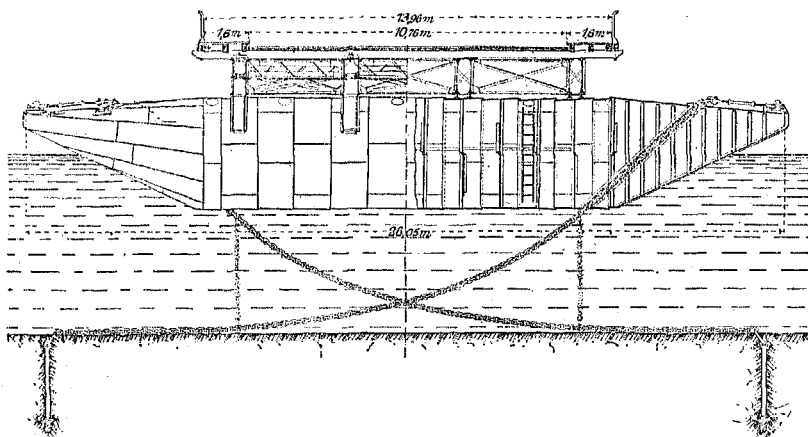


Рис. 24. — Опора понтоннаго моста въ Ригѣ.

спеціальнй понтонъ. На рис. 25 и 26 показаны сопряженія съ правымъ и лѣвымъ берегомъ, причемъ наибольшій уклонъ полотна не превосходитъ:  $i = 0,028$ . Вѣсъ понтона опредѣлился въ 22,3 тон. съ подъемной силой въ 180 тоннъ. Вѣсъ фермъ со свѣсами составляетъ на каждый элементъ 60,6 тн. или на пог. метръ 1,9 тон. При расчетѣ нагрузка принята въ 400 кил. на кв. метръ экипажнаго проѣзда и въ 560 кил. для тротуаровъ.

Третью группу подвижныхъ мостовъ составляютъ: летучіе мосты, т. е. паромы, самолеты и передвижныя платформы. Летучіе мосты характери-

зуются присутвіем особаго приспособленія, направляющаго движеніе

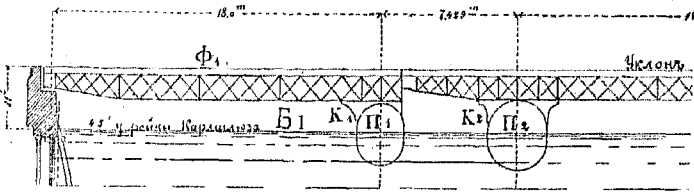


Рис. 25. — Сопряженіе поптоннаго моста въ Ригѣ съ берегомъ.

судна или платформы. По роду устройства этого приспособленія паромы и самолеты могутъ быть раздѣлены на двѣ категоріи, причѣмъ движеніе

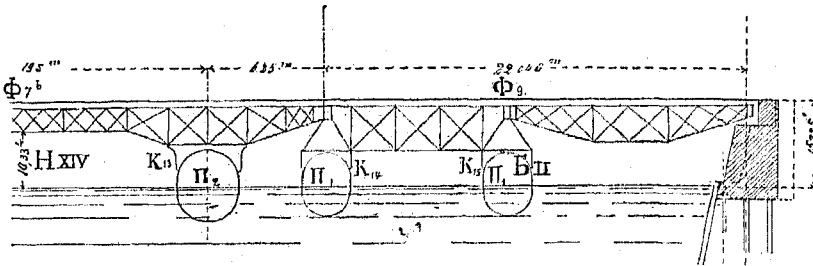


Рис. 26. — Сопряженіе поптоннаго моста въ Ригѣ съ берегомъ.

судна удерживается въ извѣстномъ направленіи: а) подвѣснымъ канатомъ, перекинутымъ поперекъ рѣки, или закиднымъ канатомъ; б) цѣпью, уложенною по дну

рѣки и навиваемою на ось барабана, помѣщеннаго на суднѣ. Въ передвижныхъ платформахъ, перемѣщаемыхъ постоянной паровой машиной, установленной на берегу, движеніе направляется рельсовымъ путемъ, устроеннымъ по дну рѣки или канала, какъ напр. между С.-Мало и С.-Серванъ или путемъ, уложеннымъ на постоянномъ мосту высокаго уровня, какъ напр. въ Португалеттѣ.

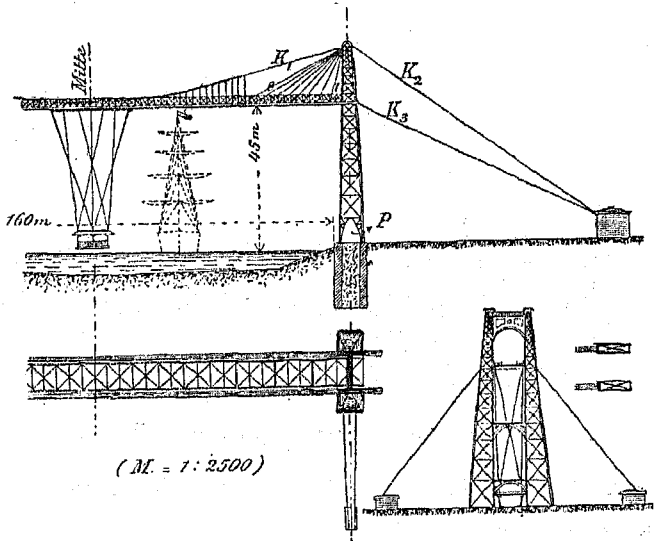


Рис. 27. — Подвижной мостъ-платформа въ Португалеттѣ.

постоянномъ мосту высокаго уровня, какъ напр. въ Португалеттѣ.

Движеніе судна можетъ быть произведено обыкновенной греблей, паровой силой, или же силою теченія. Въ послѣднемъ случаѣ — паромы называются *самолетами*. Рассмотримъ этотъ типъ паромовъ.

Дѣйствіемъ теченія перемѣщаются поперекъ рѣки одна или двѣ взаимно соединенныя лодки, перекрытыя общимъ помостомъ. Для возможности поперечнаго перемѣщенія продольная ось лодки должна составлять съ направленіемъ теченія

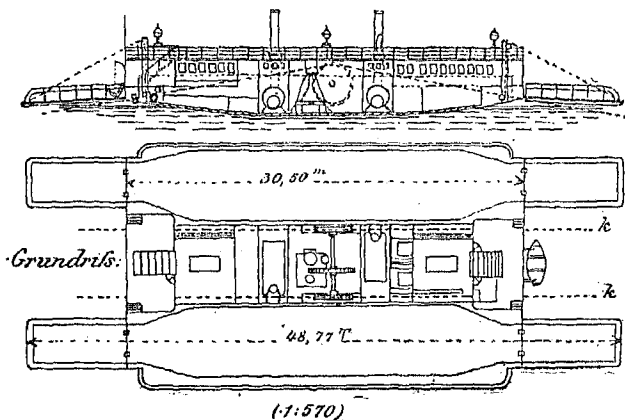


Рис. 28. — Паровой паромъ въ Портсмутѣ.

уголъ около  $55^\circ$ . Удобнѣе пользоваться для сего узкими, длинными лодками съ вертикальными бортами; вѣсь лодокъ долженъ значительно превосходить вѣсь каната. При выборѣ мѣста для переправы слѣдуетъ отда-



Рис. 29.

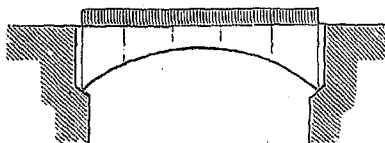


Рис. 30.

вать преимущество прямымъ участкамъ рѣки, съ правильнымъ теченіемъ, скорость котораго должна быть во всякомъ случаѣ не менѣе 3 фут. въ

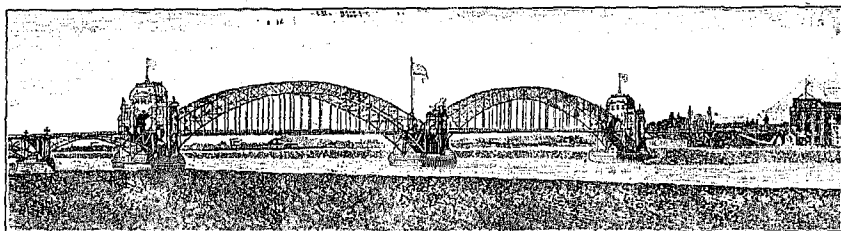


Рис. 30'. — Мостъ черезъ р. Рейнъ близъ Дюссельдорфа.

сек. Полезно устраивать на обоихъ берегахъ причальные помосты, снабдивъ вмѣстѣ съ тѣмъ паромъ откидными щитами.

Къ отдѣлу летучихъ мостовъ слѣдуетъ причислить суда, имѣющія назначеніемъ перемѣщать желѣзнодорожные поѣзда съ одного берега на другой (рис. 28).

Б. По роду движенья слѣдуетъ различать:

- 1) Мосты подъ желѣзную и обыкновенную дорогу.
- 2) Пѣшеходные мосты, предназначенные исключительно только для пѣшеходнаго сообщенія.

В. По роду матеріала мосты раздѣляются на:

1) Деревянные, обыкновенно сосновые, еловые или дубовые. Они выгодны въ томъ отношеніи, что легки и обработка матеріала удобна, при относительно небольшомъ вѣсѣ частей. Но при этомъ деревянные мосты имѣютъ сравнительно краткій срокъ существованія по причинѣ гніенія дерева; кромѣ того они сгораемы. Въ мостахъ этого рода, при деревянныхъ пролетныхъ частяхъ, опоры бываютъ каменные или деревянные.

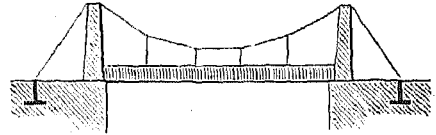


Рис. 31.

2) Каменные мосты представляютъ передъ другими то преимущество, что они долговѣчны. Матеріалъ для ихъ постройки находится почти

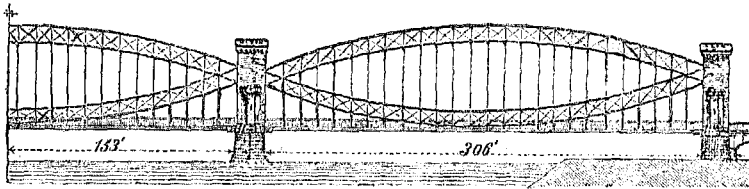


Рис. 31'. — Мостъ черезъ р. Эльбу съ фермами системы Лозе.

вездѣ; но сопротивленіе камня значительно менѣе сопротивленія дерева, а удѣльный вѣсъ почти въ пять разъ болѣе удѣльнаго вѣса дерева. Въ каменныхъ мостахъ опоры и пролетная часть—каменные.

3) Металлическіе мосты бываютъ желѣзные, чугунные и стальные.



Рис. 32.



Рис. 33.

Желѣзные мосты изъ сварочнаго и литого желѣза при значительномъ сопротивленіи металла сжатію и вытягиванію въ большинствѣ случаевъ оказываются дешевле и легче каменныхъ и прочіе деревянные.

Чугунъ для постройки мостовъ въ настоящее время рѣдко употребляется по причинѣ его хрупкости и недостаточнаго сопротивленія сотрясеніямъ; примѣняется лишь для второстепенныхъ частей мостового сооруженія.

*Сталь*, какъ строительный матеріалъ для главныхъ частей моста, примѣнена пока въ ограниченномъ числѣ случаевъ и окончательное заключеніе о выгодахъ ея было бы преждевременно.

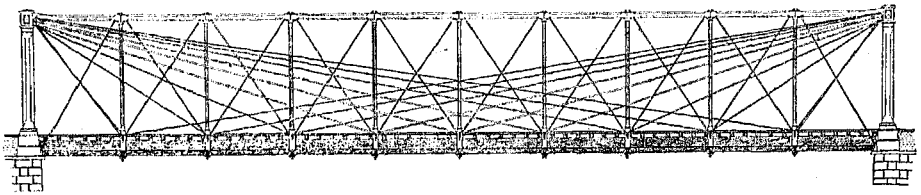


Рис. 33'. — Мостъ съ фермами системы Вольмана.

Къ числу недостатковъ металлическихъ мостовъ слѣдуетъ отнести измѣняемость отъ дѣйствія температуры, вредное вліяніе которой иногда возможно значительно уменьшить, прибѣгая къ извѣстнымъ приспособленіямъ.

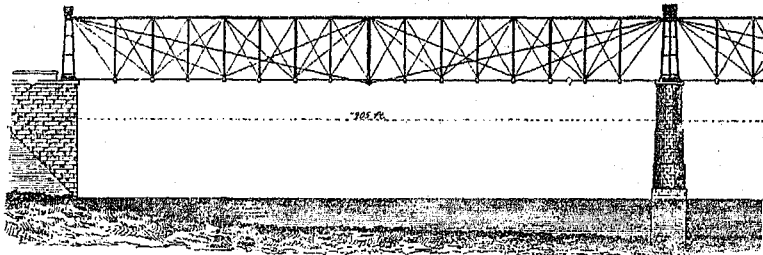


Рис. 33''. — Мостъ съ фермами системы Финка черезъ р. Monongahela на жел. дорогѣ Балтимора-Огайо.

Опоры металлическихъ мостовъ обыкновенно каменные или металлические.

Выборъ того или другого рода матеріала для устройства пролетной части моста обуславливается преимущественно:

- 1) Назначеніемъ моста.
- 2) Имѣющимися для производства работъ денежными средствами.
- 3) Мѣстными условіями относительно удобствъ пріобрѣтенія и обдѣлки матеріаловъ.
- и 4) Великою пролетовъ моста.

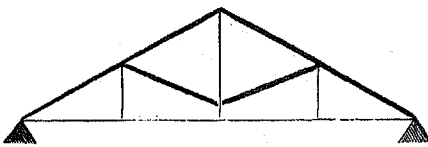


Рис. 34.

Г. По роду дѣйствующаго въ фермахъ напряженія онѣ могутъ быть подраздѣлены на три главные класса: 1) фермы, въ которыхъ одновременно проявляется вытягивающее и сжимающее напряженія; 2) ферма съ однимъ сжимающимъ напряженіемъ и 3) фермы съ однимъ вытягивающимъ напряженіемъ. Типомъ перваго класса могутъ служить фермы, не производяція горизонтальнаго распора на опоры (рис. 29); ко второму

классу относятся подкосные и арочные фермы (рис. 30), и къ третьему—висячія фермы (рис. 31), причемъ въ двухъ послѣднихъ случаяхъ проявляется горизонтальный распоръ на опорѣ.

Отъ соединенія типа (рис. 29) съ (рис. 30) или съ (рис. 31), или отъ соединенія (рис. 30) съ (рис. 31) получаютъ фермы, въ которыхъ

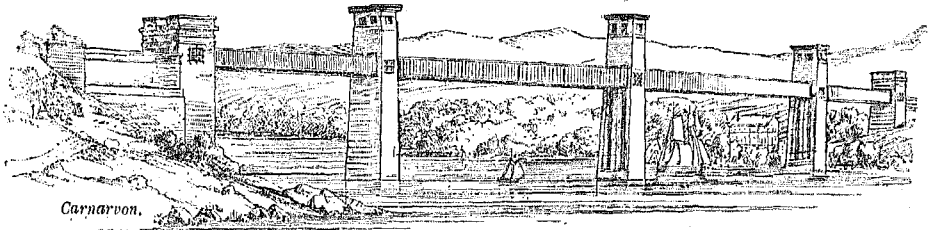


Рис. 34'. — Общій видъ моста „Британія“.

горизонтальный распоръ на опоры уничтожается или присутствіемъ горизонтальной балки (рис. 30') или потому, что (какъ напримѣръ отъ соединенія (рис. 30) и (рис. 31) оба распора равны и прямо противоположны, а потому и не оказываютъ вліянія на опоры (рис. 31'). Такимъ образомъ подобныя соединенія системъ слѣдуетъ также причислять къ первому классу.

Перечислимъ главнѣйшія системы каждаго изъ трехъ классовъ:

1. Фермы, не производящія горизонтального распора.

А) Простая балочная, т.е. ферма, состоящая изъ деревянныхъ или изъ металлическихъ балокъ со сплошной стѣнкой (черт. 8).

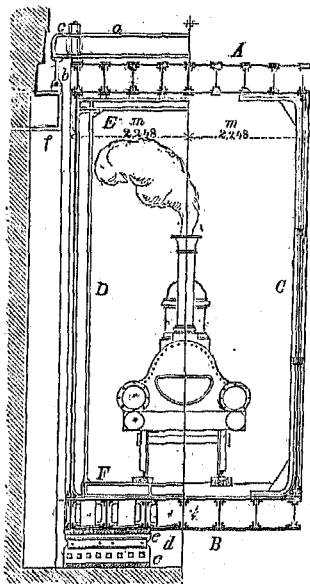


Рис. 34". — Поперечное сѣченіе фермы моста „Британія“.

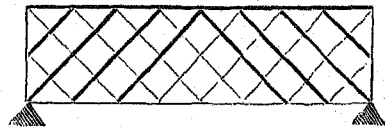


Рис. 35.

В) Шпренгельная ферма, состоящая изъ балокъ, подпертыхъ между опорами въ одномъ или въ нѣсколькихъ мѣстахъ стойками, которыя поддерживаются струнами, прикрѣпленными къ нижнимъ концамъ стоекъ и къ поясу (рис. 32, 33, 33' и 33").

С) Подвѣсная ферма или обратная шпренгельная ферма. Балка поддерживается въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ подвѣсками, верхніе



концы которых подпираются или одними раскосами, врубленными въ поясъ надъ опорами, или же раскосами и ригелемъ (рис. 34).

Д) *Трубчатая ферма*, состоящая изъ длинныхъ сплошныхъ металли-

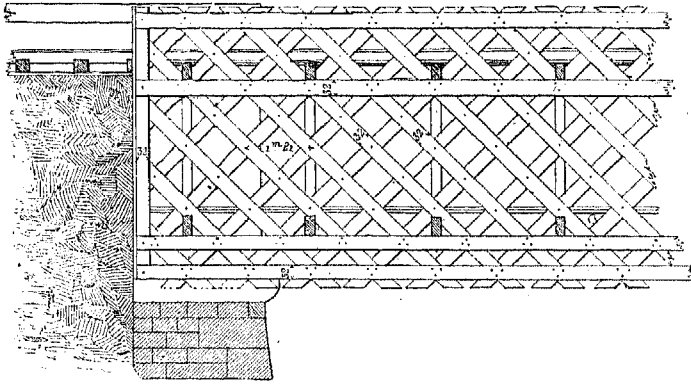


Рис. 35'. — Ферма системы Гауна.

ческихъ горизонтальныхъ трубъ съ прямоугольнымъ поперечнымъ сѣченіемъ рис. 34' и 34''.

Е) *Фермы со сквозною стѣнкою* состоятъ изъ двухъ горизонтальныхъ или изогнутыхъ по кривой поясовъ, соединенныхъ между собою системою раскосовъ, расположенныхъ въ вертикальныхъ плоскостяхъ.

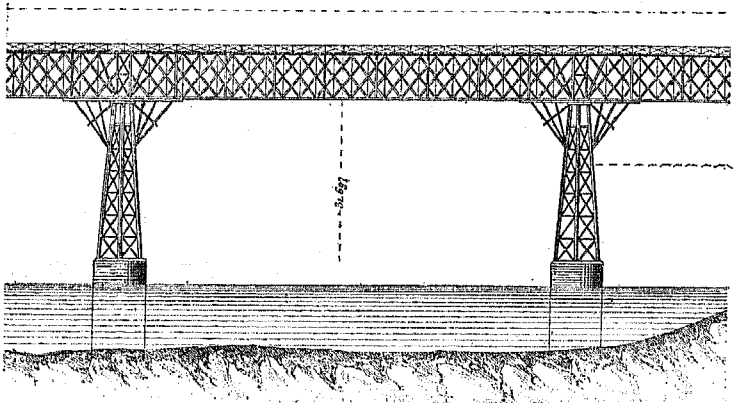
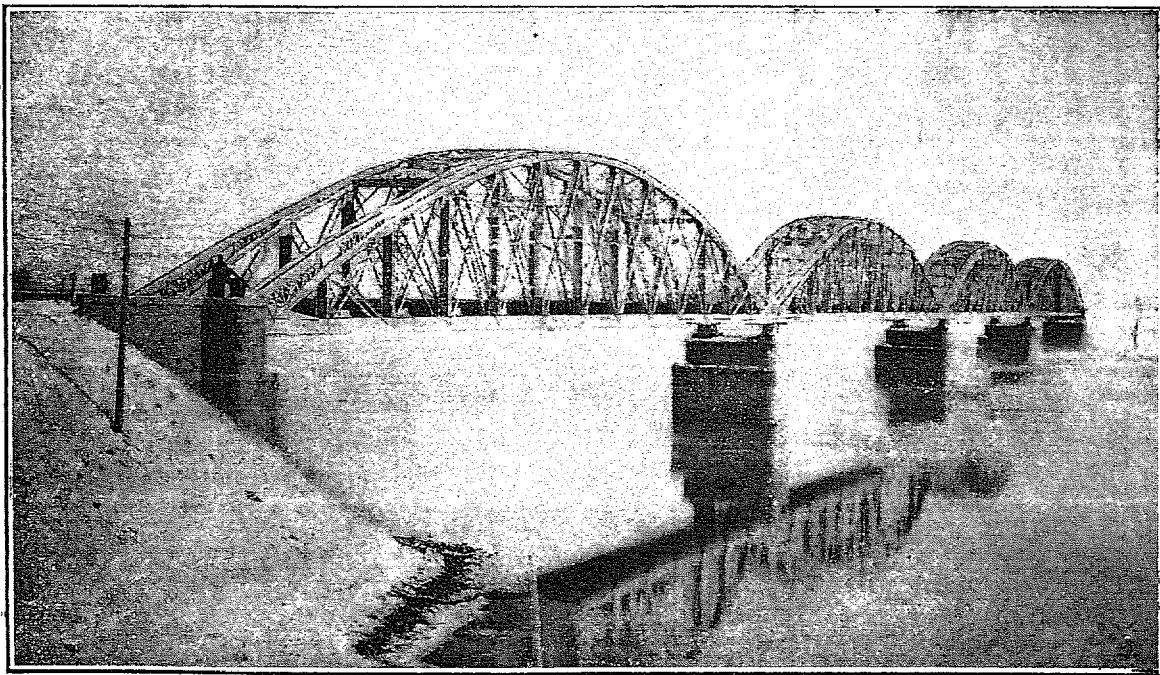


Рис. 35''. — Мостъ черезъ р. Месту съ фермами системы Гау.

Фермы со сквозною стѣнкою въ отношеніи наружнаго очертанія раздѣляются на:

а) *Фермы съ параллельными поясами* (рис. 35 и 35').

б) *параболическія фермы*, въ которыхъ высота фермъ измѣняется по закону параболы.



Мостъ черезъ р. Днѣпръ на Луинецъ-Гомельской жел. дор.  
(Параболическія фермы).

Параболическія фермы могутъ быть трехъ видовъ:

1. Нижний поясъ горизонтальный; верхній — очерченъ по дугѣ параболы (рис. 36).
2. Нижний поясъ парабола, верхній — горизонтальный (рис. 36').

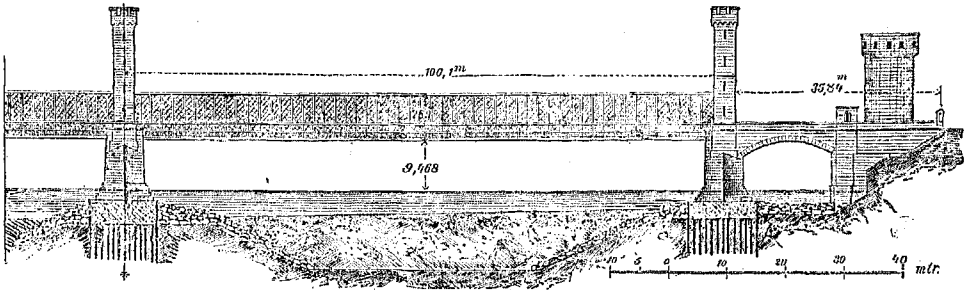


Рис. 35<sup>b</sup>. — Старый мостъ черезъ р. Ногать близъ Мариенбурга.

3. Оба пояса изогнуты по дугѣ параболы (рис. 36'').

в) *Гиперболическая ферма* (Шведлера). Нижний поясъ обыкновенно горизонтальный, верхній состоитъ изъ двухъ гиперболическихъ дугъ, сое-

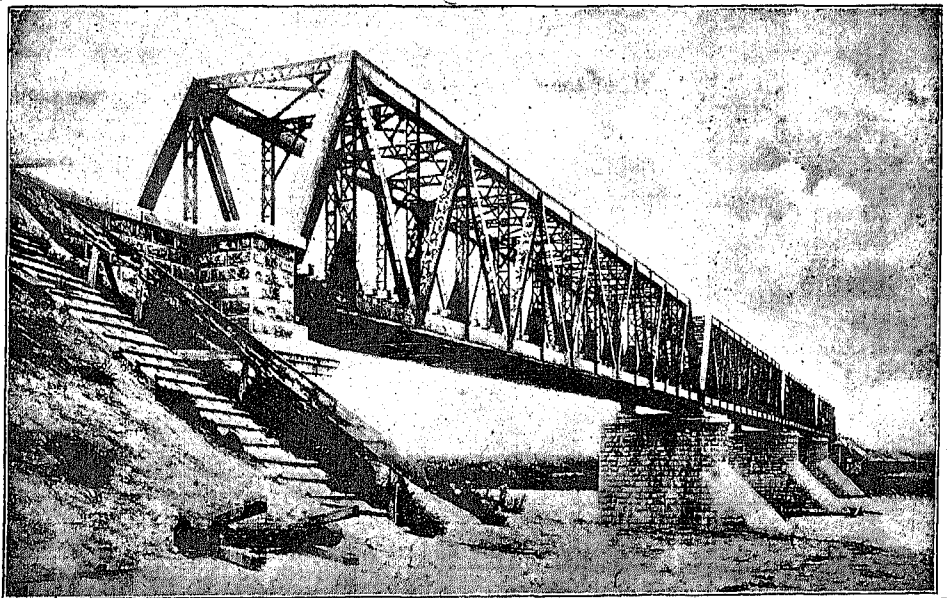


Рис. 35<sup>c</sup>. — Мостъ черезъ р. Кю на Средне-Сибирской жел. дорогѣ.

диненныхъ въ средней части фермы прямой, параллельной нижнему поясу (рис. 37 и 37').

г) *Полупараболическія*. Верхній поясъ изогнутъ по дугѣ параболы, соединяясь съ нижнимъ поясомъ на опорѣ помощью стойки (рис. 38').

д) *Полигональная*, въ которыхъ на протяженіи нѣсколькихъ большихъ панелей высота фермы измѣняется по закону прямой линіи (рис. 38'').

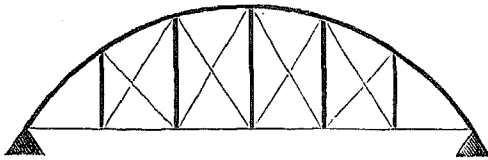


Рис. 36.

Въ отношеніи *устройства рѣшетки* фермы со сквозной стѣнкой раздѣляются на:

а) *рѣшетчатая*, б) *раскосная* и в) *на фермы сложной системы*, составленной изъ двухъ раскосныхъ.

а) *Рѣшетчатая* фермы характеризуются двумя системами одновременно работающих наклонныхъ раскосовъ безъ взаимнаго пересѣченія, съ одними или многими пересѣченіями и отсутствіемъ вертикальныхъ

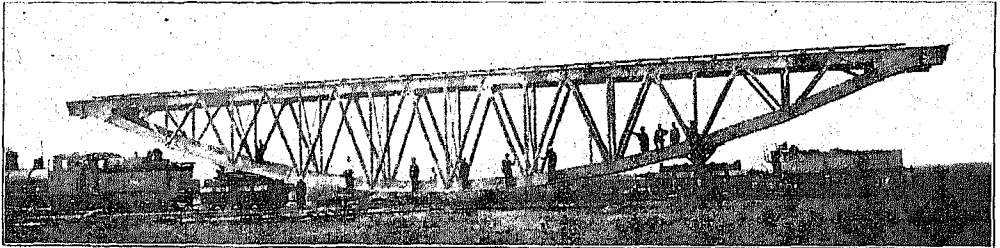


Рис. 36'.—Параболическая ферма одного изъ мостовъ на Карской жел. дорогѣ.

стоекъ. Если эти послѣднія иногда и встрѣчаются, то для побочныхъ цѣлей, какъ на примѣръ для предупрежденія выпучиванія стѣнокъ, прикрѣпленія поперечинъ и проч. Во всякомъ случаѣ стойки не составляютъ

существенной части фермы (рис. 35, 35', 35'', 35''').

б) *Раскосная* фермы имѣютъ одну систему раскосовъ — наклонную, а другую — вертикальную (стойки, стяжки). Въ данномъ случаѣ стойки составляютъ существенную часть фермы и принимаютъ участіе въ передачѣ усилій (рис. 37, 38 и 38').

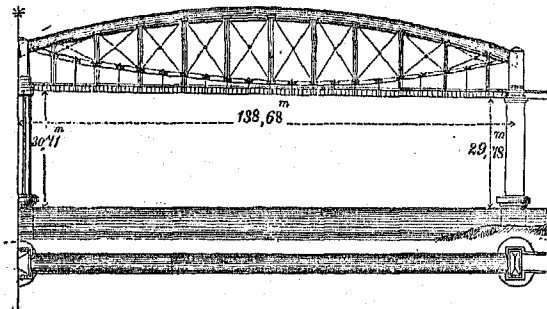


Рис. 36''.—Фасадъ моста черезъ р. Таваръ близъ Saltash.

в) *Сложная система* состоитъ изъ двухъ системъ плоскихъ и жесткихъ наклонныхъ раскосовъ и изъ стоекъ или стяжекъ (рис. 39).

Мосты могутъ быть объ одномъ или о нѣсколькихъ пролетахъ. Въ послѣднемъ случаѣ каждый изъ пролетовъ перекрывается или отдѣльными

фермами, называемыми *разрѣзными* (рис. 40), или же нѣсколько пролетовъ перекрываются одной непрерывной фермой—*неразрѣзной* фермой (рис. 41). Иногда въ многопролетныхъ мостахъ нѣкоторые пролеты перекрываются фермами со свѣшивающимися концами (фермы Гербера) (рис. 42, 43, 43' и 43''), на которые опирается ферма смежнаго пролета.

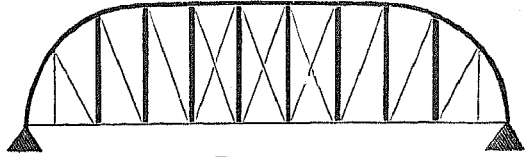


Рис. 37.

2. Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ прямого направленія:

А) Ферма подкосной системы (черт. 9).

Б) Арочная, представляющія собою подкосную систему съ большимъ числомъ реберъ, устраиваются изъ дерева, камня и металловъ (черт. 10, 11 и 12).

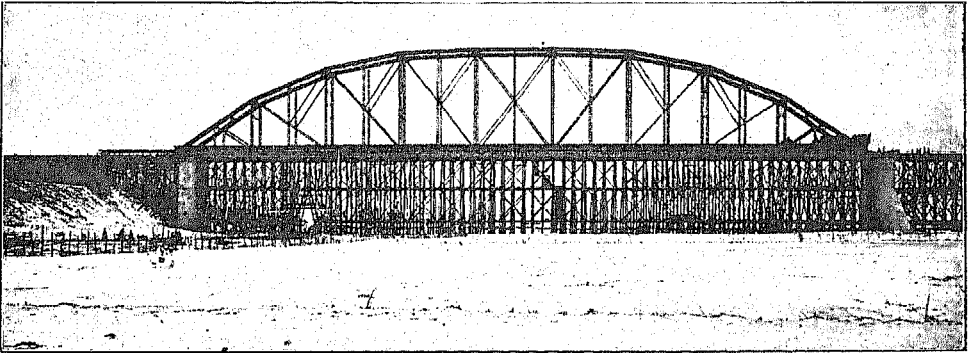


Рис. 37'.—Мостъ черезъ р. Еписей (фермы Шведлера).

Такъ какъ арочная ферма, предполагаемая гибкою или составленною изъ отдѣльныхъ звеньевъ, соединенныхъ шарнирами, можетъ быть въ равновѣсїи только при одной опредѣленной какой либо нагрузкѣ, то при измѣненїи послѣдней она не можетъ уже принять новаго положенія равновѣсїя и слѣдовательно принадлежитъ къ числу неустойчивыхъ фермъ. Въ виду этого арочная ферма должна быть необходимо *жесткаго стѣненія*.

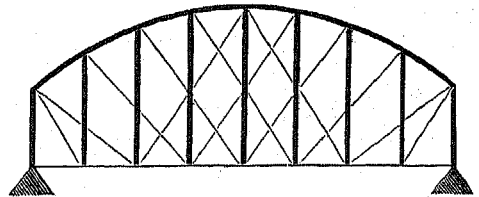


Рис. 38.

Въ случаѣ расположенія провѣзжей части поверхъ арки, жесткость послѣдней значительно увеличивается тѣмъ, что между аркою и верхнимъ горизонтальнымъ прогономъ существуетъ извѣстное заполненіе для передачи давленія отъ прогона на арку. Это заполненіе можетъ быть или сплошнымъ (рис. 44) или сквоз-

нымъ (рис. 45), можетъ состоять изъ отдѣльныхъ стоекъ (рис. 46) или наконецъ изъ стоекъ и изъ раскосовъ (черт. 12). Сама арка въ свою очередь можетъ быть или сплошная (рис. 44 и 44'), или же состоять изъ двухъ дугообразныхъ реберъ, взаимно соединенныхъ раскосами (рис. 46

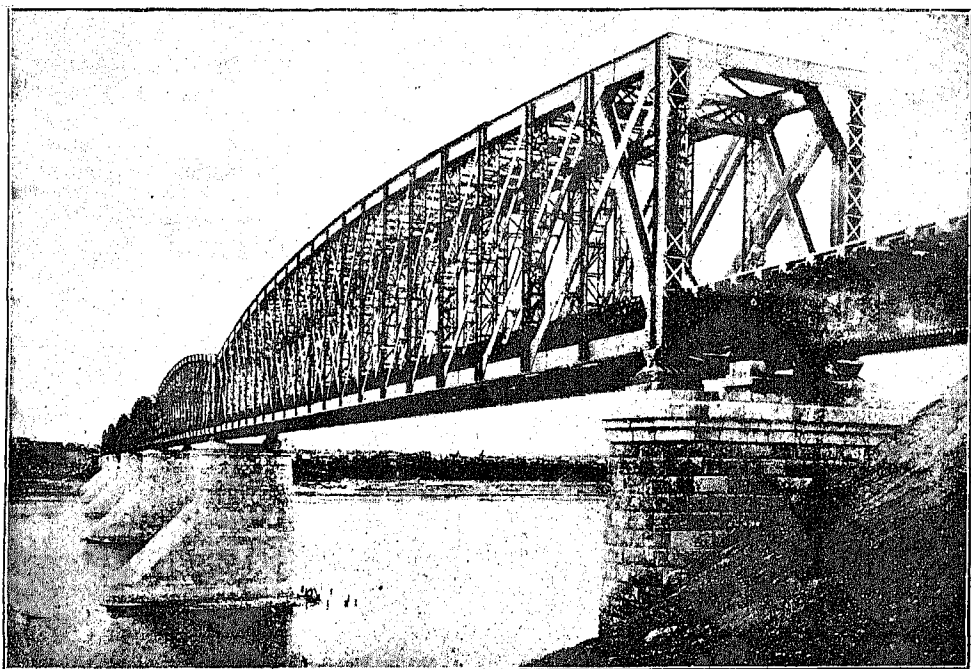


Рис. 38'.—Мостъ черезъ р. Томь на Средне-Сибирской желѣзной дорогѣ съ фермами полупараболической системы.

и 46'). Арочныя фермы могутъ быть устроены неразрѣзными и со свѣшивающимися концами (консолями) рис. 46'' безъ затяжки (рис. 46') и съ затяжкой (рис. 46''' и 30').

*Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ обратнаго направленія:*

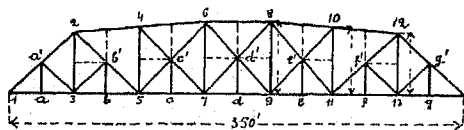


Рис. 38''.

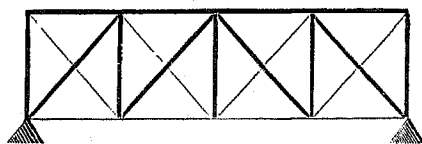


Рис. 39.

А) *Висячая ферма* (черт. 13) есть обращенная арочная ферма и отличается отъ послѣдней тѣмъ, что при измѣненіи нагрузки она въ состояніи принимать различныя положенія равновѣсія, а потому принадлежитъ къ системѣ устойчивыхъ фермъ и можетъ быть устроена гибкою или изъ отдѣльныхъ звеньевъ, соединенныхъ шарнирами.

Для возможности же производить сообщеніе по мосту, фермы котораго принадлежать къ системѣ цѣпныхъ или висячихъ, необходимо умень-

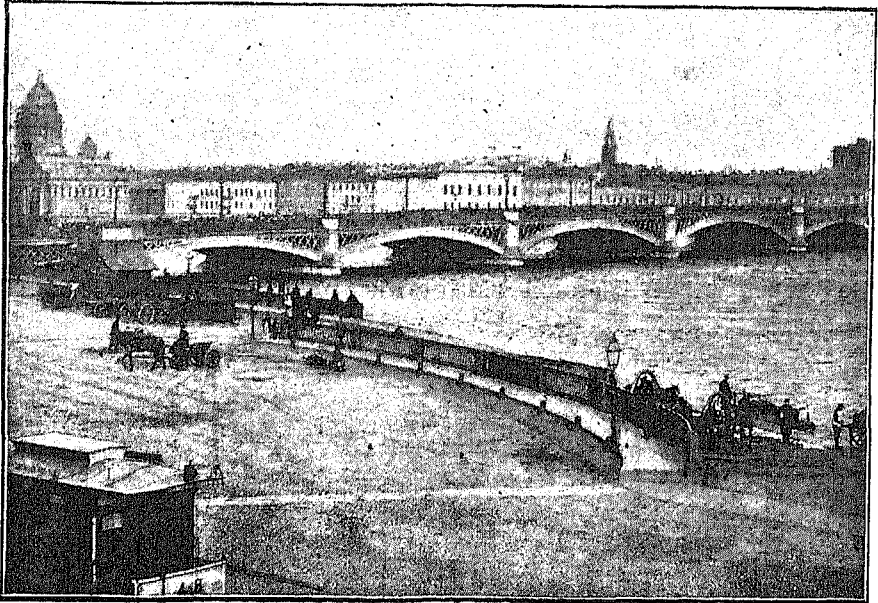


Рис. 39'.—Николаевскій мостъ черезъ р. Неву.

шить подвижность такой фермы, т. е. увеличить ея жесткость. Съ этою цѣлью дѣлаютъ или проѣзжую часть моста жесткою (рис. 47, 47' и 47'')

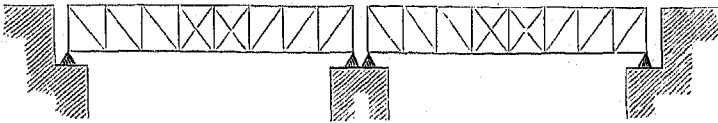


Рис. 40.

примѣненіемъ или жесткой рѣшетки, въ случаѣ прикрѣпленія подвѣсныхъ прутьевъ къ поперечинамъ, или прикрѣпляютъ подвѣсные прутья къ прогону; дѣлаютъ проѣзжую часть съ подъемомъ; располагаютъ подвѣсные прутья не въ вертикальной, а въ наклонной плоскости (рис. 47'''); соединяютъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ прогонъ проѣзжей части съ вершиною устоя помощью вантъ изъ проволочныхъ канатовъ (рис. 48, 48' и 48''), что особенно часто встрѣчается въ Америкѣ. Дѣлаютъ цѣпь жесткою, распо-

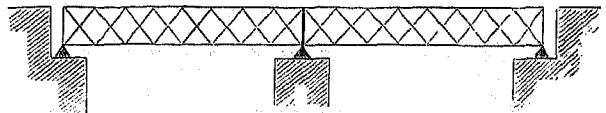


Рис. 41.

лагая двѣ цѣпи одну подъ другою и соединяя ихъ рѣшеткою (рис. 49 и 49'), или же составляютъ цѣпь изъ двухъ отдѣльныхъ серповидныхъ фермъ

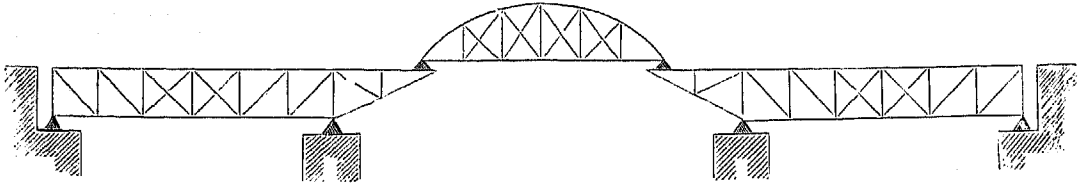


Рис. 42.

(рис. 50 и 50'), соединенныхъ по серединѣ шарниромъ; нижний поясъ каждой такой фермы состоитъ изъ отдѣльныхъ звеньевъ, а верхній скле-

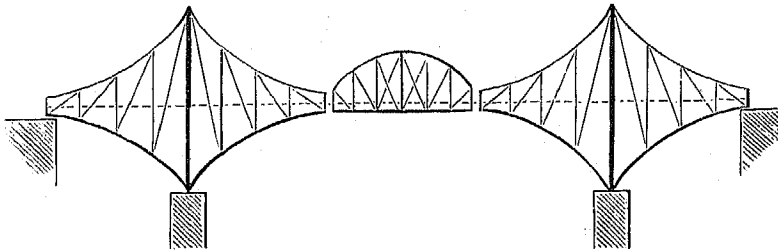


Рис. 43.

панный, жесткаго коробчатого сѣченія; между обоими поясами—рѣшетка. Для этой же цѣли помѣщаютъ взаимно-пересѣкающіеся раскосы между

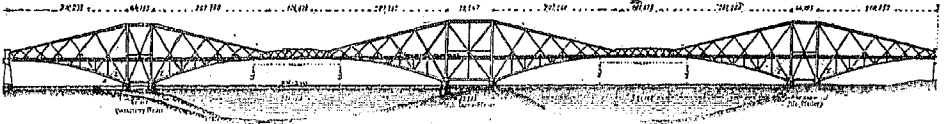


Рис. 43'. — Фортскій мостъ.

привѣсными прутьями (рис. 51), или наконецъ цѣпь дѣлаютъ жесткаго,

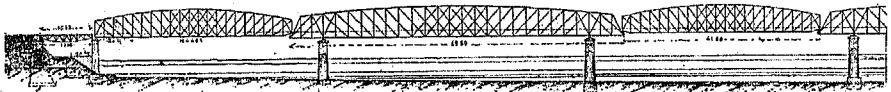


Рис. 43''. — Мостъ черезъ р. Обь на Западно-Сибирской жел. дорогѣ.

сплошнаго сѣченія, склепывая ее съ раскосами и стойками, которые въ свою очередь склепаны съ нижнимъ прогономъ (рис. 50 и 52').



## II.

# МѢСТНЫЯ ДАННЫЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНІЯ ПРОЕКТА МОСТА.

Опредѣленіе площади бассейна, плана мѣстности перехода рѣни, полоненія горизонтовъ воды, уклоновъ и площади живого сѣченія. Определеніе скоростей по эмпирическимъ формамъ и наблюденіями.

Къ такимъ даннымъ относятся слѣдующія свѣдѣнія:

1) о наибольшемъ расходѣ для опредѣленія отверстія искусственнаго сооруженія;

2) о направленіи теченія и о конфигураціи прилегающей мѣстности для составленія проекта регуляціонныхъ работъ;

3) о геологическомъ строеніи почвы, возвышеніи полотна, положеніи горизонта высокихъ водъ и ледохода, а также о родѣ судоходства, что необходимо для составленія проекта опоръ въ связи съ избраннымъ отверстиемъ моста и для выбора типа полетнаго строенія;

4) свѣдѣнія о стоимости матеріаловъ и рабочихъ рукъ.

Въ виду сего предварительно составленія проекта опредѣляютъ:



Рис. 44.

а) *Площадь бассейна рѣки*, рѣчки или оврага—въ предѣлахъ до пересѣченія полотномъ дороги. При бассейнахъ менѣе 50 кв. верстъ—площадь слѣдуетъ опредѣлить возможно точно, т. е. съемкой, такъ какъ при малыхъ бассейнахъ наибольшій расходъ опредѣляется почти исключительно въ зависимости отъ площади бассейна. При бассейнахъ же большихъ 50 кв. вер. можно ограничиваться измѣреніемъ площади по картамъ,—въ виду того, что наибольшій расходъ въ такихъ случаяхъ опредѣляется другимъ путемъ; опредѣленіе же расхода по бассейнамъ служить лишь контролемъ.

б) *Планъ перехода рѣки или водостока*. Чѣмъ неправильнѣе теченіе, тѣмъ большій районъ долженъ быть снятъ выше и ниже перехода. За наименьшій предѣлъ слѣдуетъ считать 250 саж. въ обѣ стороны, при чемъ во всякомъ случаѣ планъ долженъ обнимать достаточный районъ для правильнаго выясненія характера регуляціонныхъ работъ. Съемка должна представлять подробный планъ мѣстности въ горизонталяхъ, планъ главнаго русла, съ поймой, со старорѣчьями, островами и проч., а также съ показаніемъ на планѣ предѣла разлива и, если возможно, направленія теченія при высокомъ горизонтѣ съ соотвѣтственными скоростями.

в) *Горизонты низких меженных и самых высоких вод, а также и горизонтъ ледохода.* Горизонты меженных водъ могутъ быть опредѣлены по горизонту льда. При опредѣленіи горизонта высокихъ водъ приходится пользоваться или показаніями мѣстныхъ жителей, или отыски-

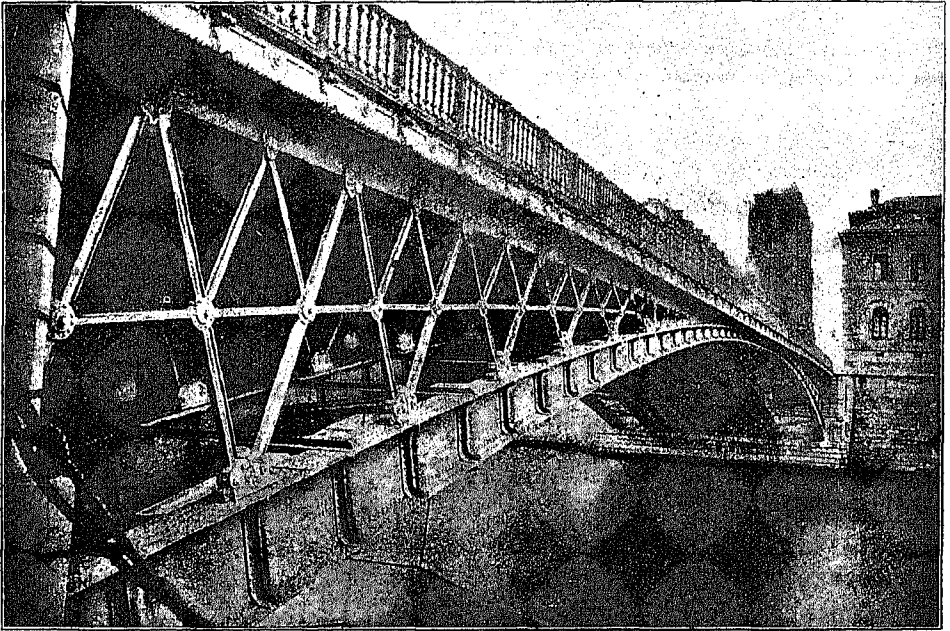


Рис. 44'. — Аркольскій мостъ въ Парижѣ.

вать слѣды, оставленные этимъ горизонтомъ по разливу на крутыхъ берегахъ или на стволахъ деревьевъ и проч.

При опредѣленіи высокаго горизонта рѣки слѣдуетъ выяснить—есть ли это естественное повышеніе или это результатъ зажоръ и вліянія подпора; послѣднее можетъ имѣть мѣсто, напримѣръ, въ томъ случаѣ, если

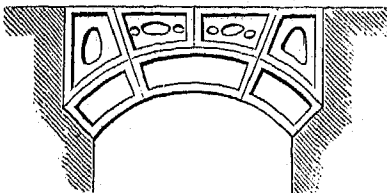


Рис. 45.

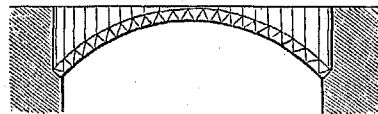


Рис. 46.

изучаемая рѣка составляетъ притокъ другой рѣки и если мѣсто пересѣченія выбрано недалеко отъ устья. Съ другой стороны необходимо установить—совпадаютъ ли высокія воды и время вскрытія на главномъ руслѣ и на притокахъ. Весьма существенное значеніе имѣетъ положеніе бассейна относительно странъ свѣта: такъ напр. если рѣка течетъ съ

сѣвера на югъ, то сначала вскрываются низовья рѣки, а затѣмъ уже верховья, вслѣдствіе чего проходъ весеннихъ водъ бываетъ здѣсь болѣе равномерный. При обратномъ же направленіи теченія, напримѣръ въ рѣкахъ Сибири, вскрываются вначалѣ верховья рѣкъ, что имѣетъ резуль-

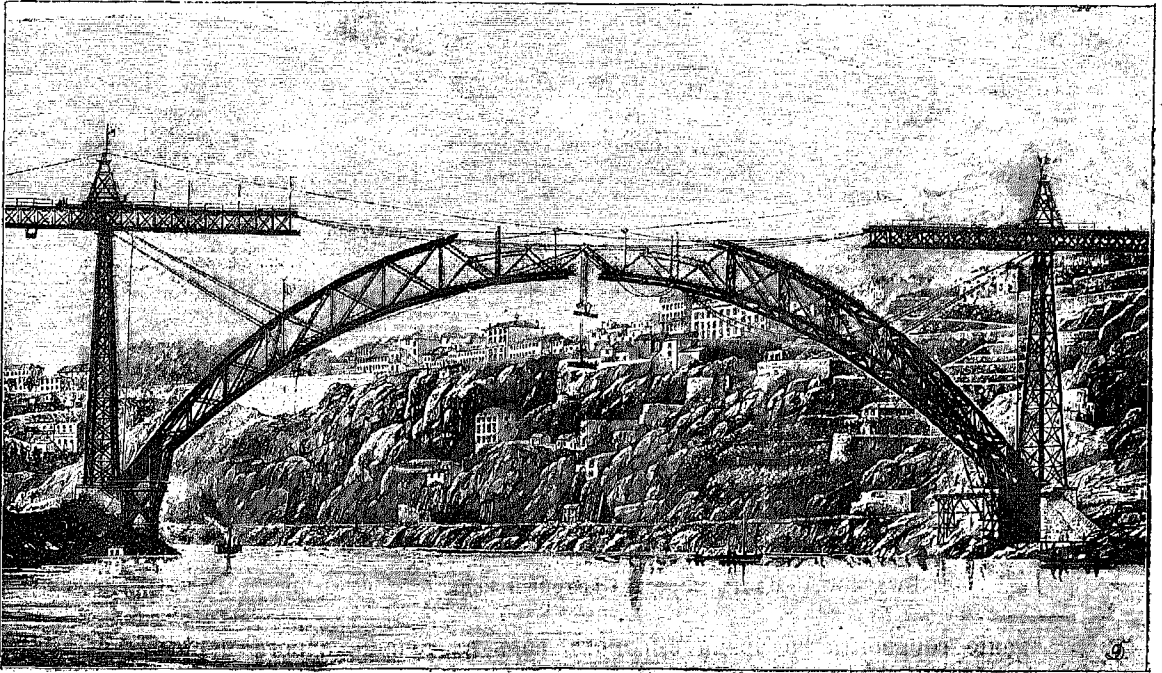


Рис. 46'. — Мостъ черезъ р. Дуэро близъ Опорто. (Сборка безъ подмостей).

татомъ поднятіе льда низовыхъ частей рѣки огромными площадями, взаимное награвденіе льдинъ съ неизбѣжными зазорами. Равнымъ образомъ на болѣе или менѣе быстрое повышеніе горизонта имѣетъ вліяніе близость горъ, строеніе почвы, характеръ растительности, лѣса и проч.

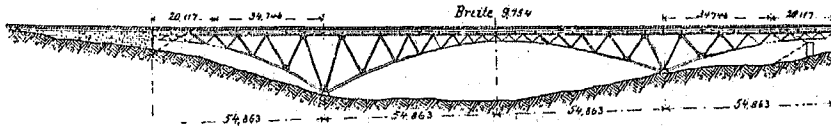


Рис. 46''. — Городской мостъ въ Нью-Йоркѣ.

При опредѣленіи горизонта высокихъ водъ горныхъ рѣкъ слѣдуетъ поступать осмотрительно, такъ какъ дно такихъ рѣкъ очень подвижно: оно или углубляется, врѣзаясь въ почву, или повышается отъ складыванія (накопленія) наносовъ, и легко можетъ быть, что опредѣленный такимъ образомъ горизонтъ высокихъ водъ вовсе не соотвѣтствуетъ со-

стоянію рѣки во время изысканій. Въ первомъ случаѣ будетъ опредѣленъ чрезмѣрный расходъ, а во второмъ—меньше дѣйствительнаго. Въ такихъ сомнительныхъ случаяхъ слѣдуетъ опредѣлять наибольшій расходъ различными способами и сравненіемъ результатовъ открыть ошибку. Во всякомъ случаѣ, независимо отъ собираемыхъ свѣдѣній относительно горизонта высокихъ водъ необходимо непосредственно опредѣлить измѣ-

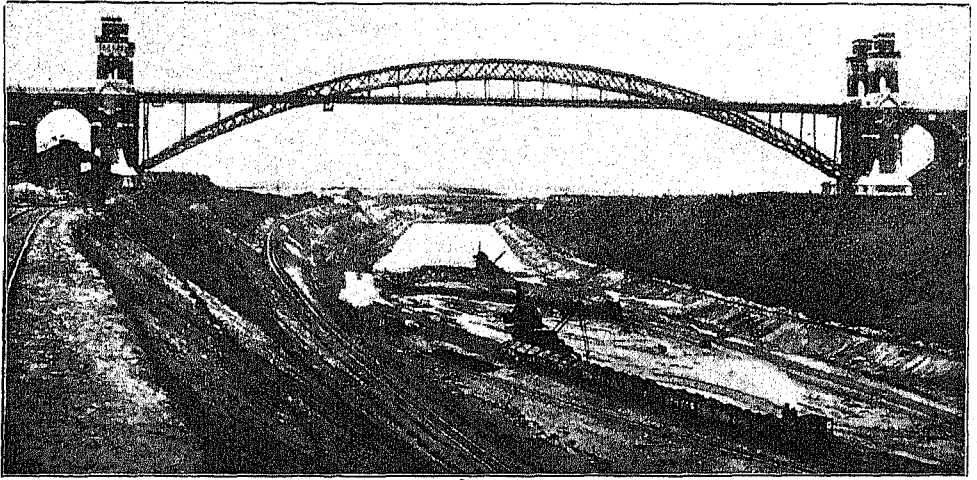


Рис. 46<sup>'''</sup>.—Мостъ черезъ Сѣверный каналъ близъ Grinenthal'я

неніе горизонта во время высокихъ водъ въ теченіе одного періода или, если возможно, то въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ. Для сего до начала вскрытія устанавливають на берегу въ защищенномъ отъ ледохода мѣстѣ—рейки на сваяхъ, забитыхъ ручной бабой, и ежедневно во время прохода весеннихъ водъ, черезъ опредѣленные промежутки времени, раза



Рис. 47.

три въ день замѣчаютъ положеніе горизонта до спада водъ. Одновременно съ нимъ должны быть отмѣчены начало и конецъ ледохода, толщина льдинъ, размеры ихъ и примѣрная скорость.

Въ извѣстныхъ случаяхъ высокія воды повторяются до двухъ разъ въ годъ; такъ напр. въ Сибирскихъ рѣкахъ кромѣ весеннихъ высокихъ водъ наблюдаются еще лѣтнія воды, болѣе высокія, возвышаемыя таяніемъ снѣговъ на горахъ, окаймляющихъ южную границу Сибири.

Если на рѣкѣ или на притокахъ имѣются плотины, то слѣдуетъ собрать свѣдѣнія о горизонтѣ воды во время спуска водъ и во время прорыва плотины; во всякомъ случаѣ слѣдуетъ имѣть въ виду послѣднее обстоятельство при опредѣленіи отверстія моста и системы укрѣпленій.

г) Уклонъ горизонтовъ воды и лога. Для опредѣленія уклона рѣки

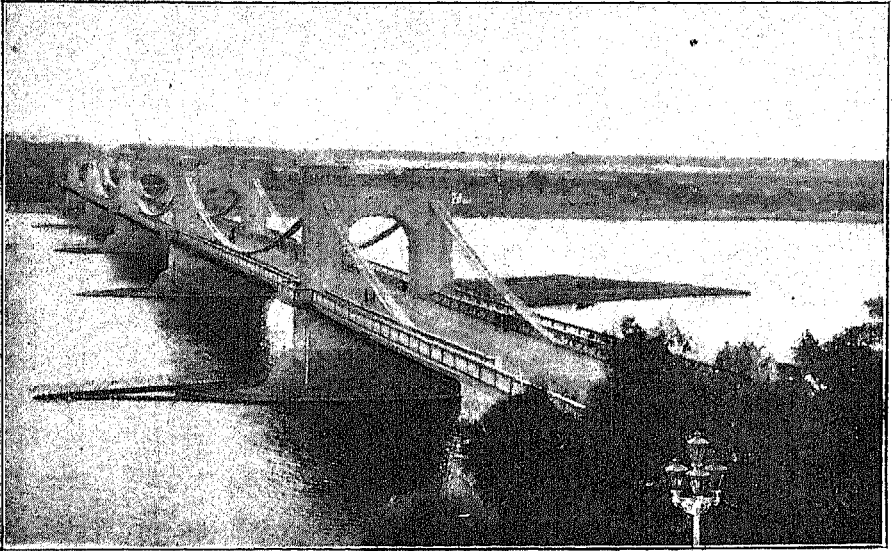


Рис. 47'. — Мостъ черезъ р. Днѣпръ въ Кіевѣ.

забиваютъ въ установленный моментъ по обоимъ берегамъ колья въ уро-

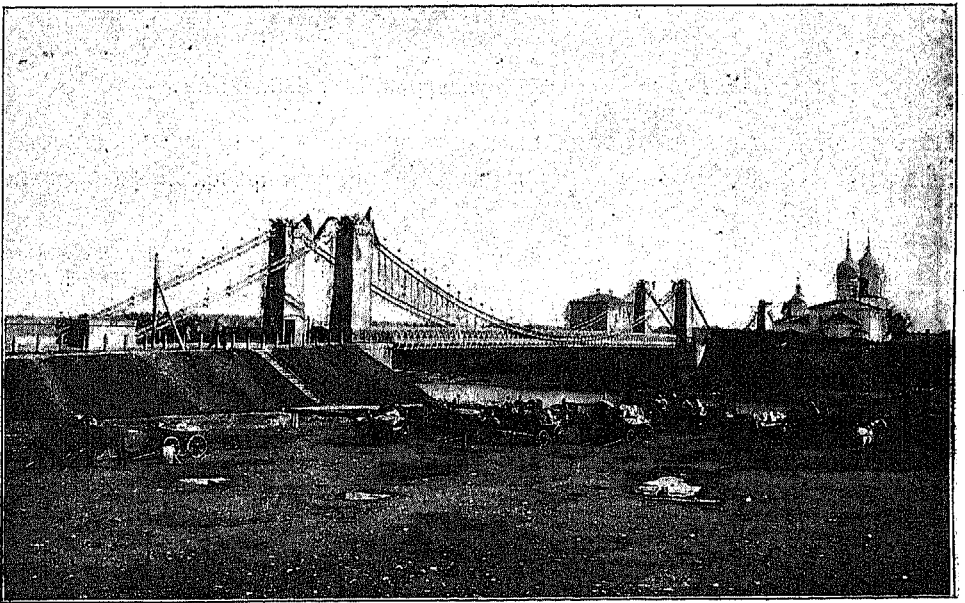


Рис. 47". — Мостъ черезъ р. Великую въ Островѣ.

вень съ горизонтомъ воды, выбирая для наблюденія по возможности

прямой участок рѣки внѣ вліянія подпора и безвѣтренное время; колья—  
ври взаимномъ разстояніи около 50—100 саж.—должны быть забиты  
на протяженіи отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 в. для  
большихъ рѣкъ и отъ  $\frac{1}{2}$  в. до 1 в.  
на малыхъ рѣкахъ. Сигналь для одно-  
временной забивки кольевъ можетъ  
быть опредѣленъ временемъ или по-  
данъ выстрѣломъ. По разбивкѣ  
кольевъ слѣдуетъ тщательно промѣ-  
рить и пронивелировать разстоянія



Рис. 48.

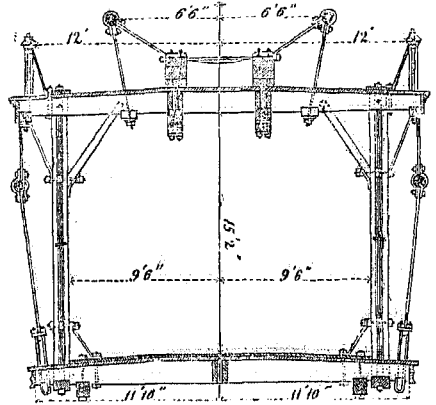


Рис. 48'.—Разрѣзъ Ниагарскаго моста.

между кольями, дѣлая первую и послѣднюю установки реекъ на заби-  
тые колья. Къ сожалѣнію, не всегда оказывается возможнымъ онредѣ-

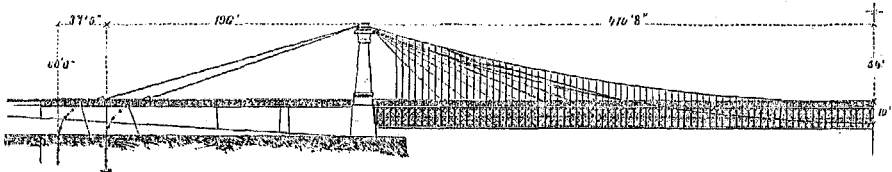


Рис. 48'.—Ниагарскій двухъярусный висячій мостъ.

лить уклонъ рѣки при самомъ высокомъ горизонтѣ; уклонъ опредѣляется  
при нѣкоторомъ среднемъ горизонтѣ. Иногда, впрочемъ, удается по

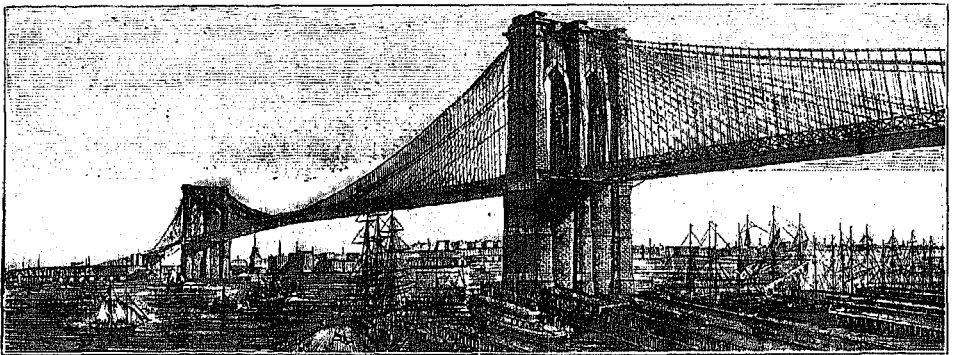


Рис. 48''.—Мостъ черезъ рукавъ East-River р. Гудзона въ Нью-Йоркѣ.

оставшимся слѣдамъ высокихъ водъ или по указаніямъ свидѣтелей выяс-  
нить этотъ уклонъ. Если есть возможность опредѣлить уклонъ при раз-

ныхъ горизонтахъ, то обязательно должно это исполнить, чтобы имѣть данныя для заключенія о законѣ измѣненія уклоновъ въ зависимости отъ измѣненія положенія горизонта и чтобы затѣмъ вычислить съ нѣкоторой вѣроятностью уклонъ при наивысшемъ горизонтѣ. Если такихъ дополнительныхъ наблюдений не было сдѣлано, то приходится принять для высшаго горизонта тотъ же уклонъ, какъ и для наблюдаемаго горизонта, такъ какъ не существуетъ никакихъ общихъ указаній относительно зависимости величины уклона отъ повышения горизонта. Если бы впрочемъ оказалось, что при высокомъ горизонтѣ теченіе направляется не вдоль извилинъ русла, а по прямому сокращенному пути, то за уклонъ высокихъ водъ можно принять уклонъ, опредѣленный изъ разности отмытокъ для наблюдаемаго горизонта въ началѣ и въ концѣ извилины и отнесенный къ прямолинейному или вообще сокращенному разстоянію между пунктами наблюденія.



Рис. 49.

Уклонъ потока въ оврагѣ по необходимости приравняется къ уклону дна оврага; уклонъ послѣдняго опредѣляютъ нивелировкой,

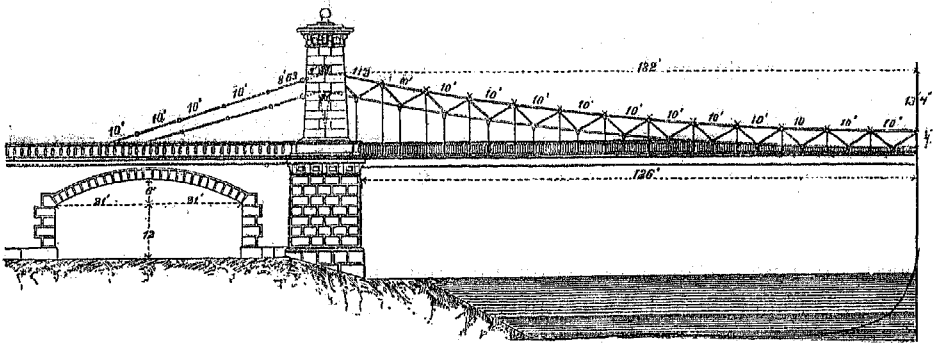


Рис. 49'. — Железнодорожный висячій мостъ черезъ каналъ р. Дуная въ Вьнгѣ, системы Шпирха.

производя таковую на протяженіи до 200 саж. вверхъ и внизъ отъ сооруженія или вообще до рѣзкаго измѣненія профиля.

д) *Живое сѣченіе.* Значеніе  $\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n$  частныхъ площадей всего живого сѣченія;  $\omega = \omega_0 + \omega_1 + \dots + \omega_n$  легко опредѣляются изъ промѣровъ глубины рѣки черезъ опредѣленные промежутки. Если ширина рѣки не велика, то, натянувши съ берега на берегъ веревку, легко промѣрить, какъ общую длину, такъ и разстояніе между точками, въ которыхъ дѣлаются промѣры глубины. Если ширина рѣки въ разливѣ значительная, то провѣшиваютъ на берегу базу и нормально къ ней створъ; устанавливають угломѣрный инструментъ на берегу, на опредѣленной

точкѣ измѣренной базы, засѣкаютъ мѣсто стоянокъ лодки, устанавливаемой по створу и въ которой сидитъ наблюдатель съ гирею для опредѣленія глубины; такимъ образомъ разстоянія между пунктами промѣра, которыя вообще не должны превышать 10 с., будутъ опредѣлены вычисленіемъ.

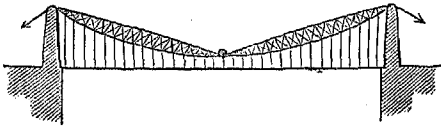


Рис. 50.

Вѣсъ гири, смотря по скорости теченія, измѣняется отъ 20 фун. до

2 пудовъ; къ гирѣ привязывается достаточной длины кусокъ проволоки толщиною около 3—4 мм., намотанной на барабанъ, укрѣпленный въ станкѣ. Если теченіе будетъ относить гирю, то проволоку слѣдуетъ раз-

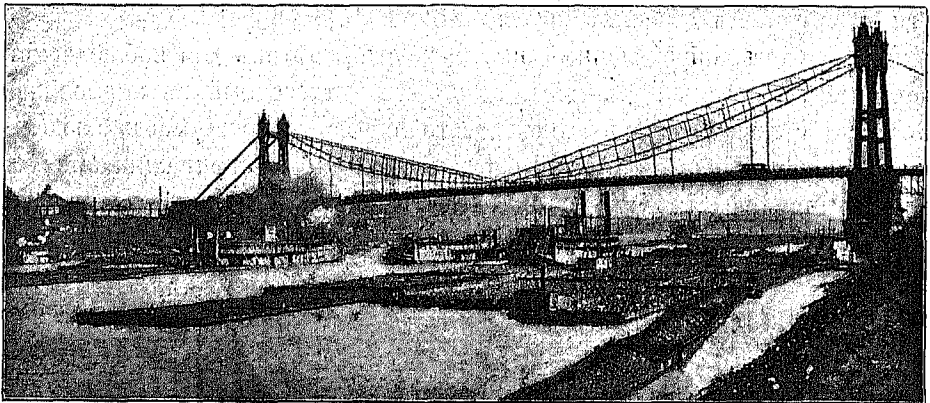


Рис. 50'. — Мостъ черезъ р. Мопонгалеа въ Питсбургѣ.

вивать до тѣхъ поръ, пока гиря не упадетъ на дно, и затѣмъ уже начать понемногу натягивать проволоку, пока она не будетъ въ достаточно натянутомъ положеніи. Принимая тогда въ расчетъ наклоненіе

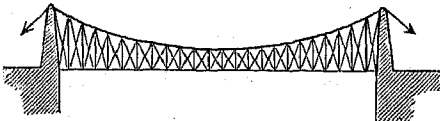


Рис. 51.

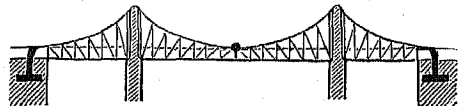


Рис. 52.

проволоки, можно приблизительно опредѣлить глубину рѣки въ данномъ мѣстѣ. Всего удобнѣе производить промѣры со льда рѣки.

Живыя сѣченія, включая пойму и старорѣчья, вычерчиваются въ опредѣленномъ масштабѣ съ нанесеніемъ горизонта низкихъ, межениихъ, наблюденныхъ и высокихъ водъ. Обыкновенно опредѣляютъ три живыхъ сѣченія: одно—по оси моста и два—выше и ниже моста, и затѣмъ для



дальнѣйшихъ расчетовъ берется среднее изъ трехъ значеній живого сѣченія и подводнаго периметра.

е) *Скорости.* Что касается значенія средней скорости  $v$  всего живого сѣченія, то оно опредѣляется или: 1) по эмпирическимъ формуламъ, выражающимъ зависимость между среднею скоростью, живымъ сѣченіемъ, уклономъ и подводнымъ периметромъ, 2) по эмпирическимъ

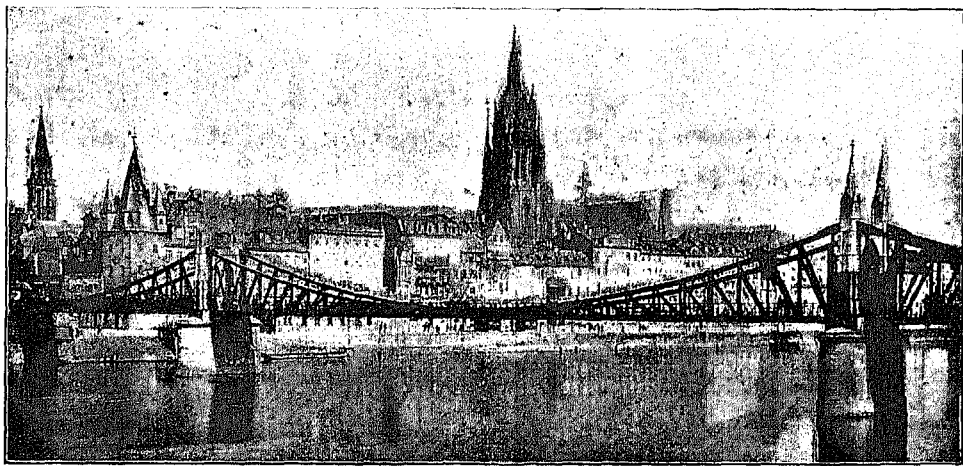


Рис. 52' — Мостъ черезъ р. Майнъ въ Франкфуртѣ.

формуламъ, представляющимъ зависимость между среднею скоростью всего сѣченія и наибольшею скоростью на поверхности, опредѣляемой непосредственными измѣреніями, или же: 3) значеніе  $v$  опредѣляется по формулѣ:

$$v = \frac{v_0\omega_0 + v_1\omega_1 + \dots}{\omega}$$

Значенія частныхъ среднихъ скоростей  $v_0, v_1, v_2, \dots$  опредѣляются на основаніи эмпирическихъ формулъ, выражающихъ зависимость между наблюдаемою на поверхности и среднею скоростью той же вертикали, или помощью измѣренія скорости на извѣстной глубинѣ, выбранной такимъ образомъ, чтобы соответственная скорость совпадала довольно близко со среднею скоростью данной вертикали, или непосредственными измѣреніями скорости въ части живого сѣченія между двумя вертикальными линіями при помощи особаго рода поплавковъ.

Приведемъ наиболѣе употребительныя эмпирическія формулы, выражающія скорость въ метрахъ при единицѣ времени равной 1 сек., а также и приемы непосредственнаго измѣренія скоростей.

А. *Эмпирическія формулы:*

1) *Эмпирическія формулы, выражающія зависимость между среднею*

скоростью  $v$ , живымъ сѣченіемъ  $\omega$ , подводнымъ периметромъ  $p$  и уклономъ  $i$ .

Если средній радіусъ  $\frac{\omega}{p} = R$ , то:

а) По Prony:

$$R \cdot i = av^2 + bv.$$

гдѣ:

$$a = 0,00030931; \quad b = 0,00004445,$$

откуда:

$$v = \sqrt{0,005162 + 3233 Ri} - 0,07185 \text{ метра}$$

По Ganguillet и Kutter'y:

$$v = c \cdot \sqrt{Ri} \dots (\alpha),$$

гдѣ:

$$23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}$$

$$c = \frac{\dots}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{Ri}}}$$

при чемъ

$$n = 0,025 - 0,030.$$

Формула Ganguillet и Kutter'a считается въ настоящее время наиболеею достоверной.

Замѣтимъ, что значеніе входящаго въ формулу Kutter'a коэффициента  $n^*$  можно для каждой данной рѣки непосредственно опредѣлить, пользуясь той же формулой, при условіи, что скорость будетъ опредѣлена измѣреніемъ, предполагая, кромѣ того, что значенія  $R$  и  $i$  — извѣстны  $^{**}$ ).

Часто пользуются болѣе упрощенной формулой Ganguillet, вида:

$$v_{мет.} = \frac{\alpha}{1 + \frac{\beta}{\sqrt{Ri}}} \cdot \sqrt{Ri},$$

\*) Выпишемъ значенія коэффициента  $n$  — въ зависимости отъ степени шероховатости омываемого периметра:

- 1) для очень гладкихъ стѣнокъ (тицательно выстроганное дерево, притертый цементъ) . . . . . 0,010
- 2) для стѣнокъ досчатыхъ . . . . . 0,012
- 3) для стѣнокъ изъ тесаного камня, или кирпича со тцательно расшттыи швами . . . . . 0,013
- 4) для стѣнокъ изъ бутового камня . . . . . 0,017
- 5) для земляного русла . . . . . 0,025
- 6) для ручьевъ съ крупнымъ гравелистымъ грунтомъ и съ зарослями . . . . . 0,030

$^{**}$ ) Если  $v$  и  $R$  выражены въ саженяхъ, то видъ формулы Ganguillet и Kutter'a:

$$v_{саж.} = \frac{23 + \frac{1}{n} + 0,00155}{1,4607 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{Ri}}} \cdot \sqrt{Ri}.$$

причем  $\alpha$  и  $\beta$  имѣютъ слѣдующія значенія для различныхъ уклоновъ и для значеній:

$$n = 0,025 \text{ и } n = 0,03:$$

$i$	Для $n = 0,025$ .		Для $n = 0,03$ .	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
0,000001	1613,0	39,325	1606,3	47,190
0,000001	218,0	4,450	211,3	5,340
0,00005	94,0	1,350	87,3	1,620
0,00010	73,5	0,962	71,8	1,155
0,00015	73,3	0,833	66,7	1,000
0,0002	70,7	0,769	64,1	0,922
0,0005	66,1	0,652	59,4	0,783
0,0010	64,55	0,614	57,88	0,736
0,0020	63,77	0,594	57,10	0,713
0,0050	63,31	0,583	56,64	0,699
0,008	63,19	0,580	56,52	0,696
0,010	63,15	0,579	56,48	0,694
0,02	63,08	0,577	56,41	0,692
0,03	63,05	0,576	56,38	0,691
0,05	63,03	0,576	56,36	0,691
$\infty$	63,00	0,575	56,33	0,690

Примѣненіе указанныхъ формулъ возможно, если живое сѣченіе имѣетъ правильное однообразное очертаніе; въ противномъ случаѣ, напр. когда рѣка имѣетъ широкій разливъ переменнѣй и разнообразной глубины, необходимо живое сѣченіе разбить по ширинѣ на нѣсколько частей болѣе или менѣе правильнаго очертанія, и для каждой части опредѣлить соотвѣтственную скорость.

2) *Эмпирическая формула, выражающая зависимость между наибольшою скоростью на поверхности  $Max. v_0$  и между среднею скоростью всего сѣченія  $v$ .*

По Weisbach'у въ каждой вертикали живого сѣченія средняя скорость составляетъ 0,915 отъ соотвѣтствующей скорости на поверхности, а средняя скорость на поверхности составляетъ 0,915 отъ наибольшей скорости на поверхности; такъ что если  $v_0$  эта наибольшая скорость, то:

$$v = (0,915)^2 \text{ max. } v_0 = 0,837 \text{ max. } v_0.$$

3) *Эмпирическая формула, выражающая зависимость между  $v_0$  скоростью на поверхности и  $v_n$  среднею скоростью каждой вертикали.*

По Weisbach'у:  $v_n = 0,915 v_0.$

4) Эмпирическая формула, выражающая зависимость между скоростью на поверхности  $v_0$  каждой вертикали и скоростью на определенной глубинѣ  $v_x$  или по дну  $v_s$  на той же вертикали.

По Weisbach'у:

$$v_x = \left( 1 - 0,17 \frac{h_x}{h} \right) v_0,$$

откуда для скорости по дну:

$$v_s = 0,83 v_0.$$

[Если  $v_0 = \text{Max. } v_0$ , то средняя скорость всего сѣченія  $v = 0,84 \text{ Max. } v_0$  совпадаетъ довольно близко со скоростью по дну  $v_s = 0,83 v_0$  вертикали, соответствующей наибольшей скорости на поверхности].

По Molesworth'у, если  $v_0$  — скорость на поверхности *въ дюймахъ въ секунду*, то скорость по дну:

$$v_s = (v_0 + 1) - 2\sqrt{v_0},$$

средняя скорость:

$$v_n = (v_0 + 0,5) - \sqrt{v_0}$$

или приближенно  $= 0,8 v_0$ .

По этимъ формуламъ составлена слѣдующая таблица.

б) *Непосредственное измереніе скорости.* Смотря по тому, измѣряется ли: 1) скорость на поверхности, 2) на известной глубинѣ, или 3) средняя скорость вертикали — употребляются три системы приборовъ.

Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость.	Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость.	Скорость на поверхности.	Скорость по дну.	Средняя скорость.
дюйм.	дюймы.	дюймы.	дюйм.	дюймы.	дюймы.	дюйм.	дюймы.	дюймы.
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	52,4	92	73,7	82,8
32	21,6	26,8	64	49	56,5	100	81,0	90,5

1) а) Поплавки, состоящіе изъ жестяныхъ шаровъ отъ 4 до 12 дюймовъ въ діаметрѣ. [Очень тяжелые поплавки, какъ напримѣръ лодка и проч., дадутъ невѣрные данныя ввиду способности перемѣщаться быстрѣе воды]. Замѣчая время, въ теченіе котораго поплавокъ проплылъ известное расстояние, опредѣляется скорость. Чѣмъ длиннѣе путь, пройденный по-

плавкомъ, тѣмъ точнѣе результатъ. Для болѣе точнаго опредѣленія пройденнаго разстоянія, слѣдуетъ пользоваться мензулой или какимъ-либо угломернымъ инструментомъ. Для сего выбираютъ по возможности прямой участокъ рѣки, близъ предполагаемаго моста, разбиваютъ на берегу базу и провѣшиваютъ въ перпендикулярномъ направленіи къ базѣ три профили  $A, B, C$  въ разстояніи отъ 35 до 40 саж. одинъ отъ другого. Установивъ на берегу вѣхи  $AA', BB'$  и  $CC'$  (рис. 53) по направленію, перпендикулярному къ базѣ, наблюдатель съ инструментомъ помѣщается въ какой-либо точкѣ  $D$ —базы. Наблюдатель въ лодкѣ заѣзжаетъ выше профили  $A$  и выпускаетъ поплавкомъ. Другіе наблюдатели становятся съ часами въ  $A, B$  и  $C$  и ожидаютъ, пока поплавокъ пройдетъ черезъ профили  $AA', BB', CC'$  — замѣчаютъ время и даютъ сигналъ, чтобы наблюдатель въ  $D$ —снялъ углы  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$ . Зная эти углы и величины  $AD, DB$  и  $DC$  — легко найти  $ED, DF, DG$ , а по нимъ и  $EF, FG$ . Подобныя же наблюденія дѣлаютъ съ поплавкомъ  $b$  и т. д.

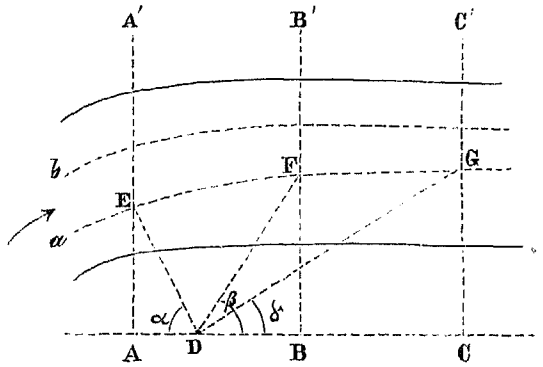


Рис. 53.

б) Деревянный плоскій досчатый треугольникъ отъ 7 до 8 дюймовъ въ сторонѣ. Къ вершинамъ привязываются три короткихъ шнурка, соединенные съ длиннымъ шнуромъ, на которомъ навязаны узлы черезъ опредѣленные равные промежутки. Бросивъ дощечку въ воду съ неподвижной лодки или съ моста, держать въ рукѣ веревку за первый узелъ. Дождавшись, пока веревка получитъ достаточную натянутость, опускаютъ ее и замѣчаютъ время. По прошествіи 30—60 секундъ задерживаютъ поплавокъ за веревку и опредѣляютъ по числу узловъ путь, пройденный поплавкомъ. Способъ этотъ не обладаетъ особенною точностью.

2) а) Поплавокъ для измѣренія скорости на опредѣленной глубинѣ состоитъ изъ пустого жестяного шара диаметровъ отъ 4 — 12 дюймовъ, на столько наполненнаго грузомъ, чтобы онъ могъ опуститься въ воду. Къ поплавку помощью цѣпи привязанъ значекъ, плавающий на поверхности воды. Установивъ двѣ поперечныя визирныя линіи на разстояніи около 3-хъ минутъ одну отъ другой, бросаютъ поплавокъ впереди первой визирной линіи; наблюдая моментъ прохода черезъ эти визирныя линіи и зная разстояніе между ними, опредѣляютъ скорость. Этотъ способъ почти исключительно примѣняется для рѣкъ съ большой глу-

биной, для которых вертушка Вольтмана и трубки Пито и проч. непримѣнимы.

Humphreys и Abbot при своихъ изслѣдованіяхъ надъ движеніемъ воды рѣки Миссисипи, пользовались такимъ же поплавкомъ, состоявшимъ изъ обыкновенной бутылки, въ которую всыпалось столько дроби, чтобы она опускалась въ воду. Верхнимъ значкомъ служилъ пробковый кружокъ толщиною 3 дюйма, діаметромъ 8 дюймовъ. Верхній поплавокъ погружался на половину своей высоты; длина соединительной цѣпи соотвѣтствовала глубинѣ, на которой желали опредѣлить скорость. Обѣ визирныя линіи были установлены на разстояніи 25 сажень одна отъ другой.

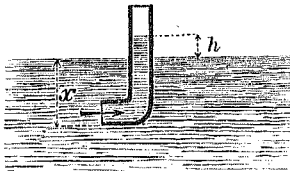


Рис. 54.

Положеніе поплавка въ моментъ прохода опредѣлялось помощью теодолитовъ, установленныхъ на обѣихъ визирныхъ линіяхъ. Въ моментъ прохода поплавокъ чрезъ вторую визирную линію второй наблюдатель давалъ знакъ первому, и этотъ послѣдній, слѣдя трубой за поплавкомъ, опредѣлялъ уголъ, который составлялъ въ этотъ моментъ поплавокъ съ базой. Помощью этого

угла и длины базы можно было опредѣлить разстояніе поплавка отъ базы и берега. То же, сдѣланное въ моментъ прохода первой визирной линіи, давало возможность опредѣлить разстояніе поплавка отъ базы и берега при проходѣ первой визирной линіи.

б) *Трубка Пито* (рис. 54). Если  $h$  — высота столба воды въ трубкѣ надъ горизонтомъ воды, то скорость на глубинѣ  $x$  опредѣляется по формулѣ:

$$v_x = \mu \sqrt{2gh},$$

гдѣ  $\mu$  — коэффициентъ, опредѣленный для каждаго инструмента изъ сравненія скоростей, найденныхъ различными способами.

в) *Трубка Дарси*. Если разность горизонта въ двухъ трубкахъ  $h_1 - h_2$ , то искомая скорость:

$$v_x = \mu \sqrt{h_1 - h_2},$$

гдѣ  $\mu$  — коэффициентъ, опредѣленный изъ опыта для каждаго инструмента.

д) *Вертушка Вольтмана*. Скорость опредѣляется по формулѣ Sasse:

$$v_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{p}{t^2} \left( n \pm \sqrt{n^2 + \frac{4t^2}{p^2}} \right),$$

гдѣ  $n$  наблюдаемое число оборотовъ въ 1 сек.;  $t$  — продолжительность прохода пробнаго разстоянія протяженіемъ 1 метр., причемъ крылья только что начинаютъ вращаться;  $t_1$  — продолжительность прохода того же разстоянія съ другой скоростью при соотвѣствующемъ числѣ оборотовъ —  $n_1$ ,

величина же  $p$  опредѣляется изъ:

$$t_1^2 = t^2 - pn_1.$$

Другая болѣе простая формула:

$$v_1 = \alpha + \beta \cdot n.$$

гдѣ  $n$  — число оборотовъ. Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  должны быть опредѣлены рядомъ наблюдений для различныхъ скоростей, для чего выбираютъ гдѣ нибудь прудъ, со стоячей водой, около 10—15 саж. длины, устраиваютъ козлы съ проходомъ и, опустивъ вертушку въ воду, ходятъ по доскамъ съ разною скоростью и замѣчаютъ пройденное пространство  $s$ , время —  $t$  и число оборотовъ  $n$ , причемъ  $v = \frac{s}{t}$ . Обыкновенно коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  опредѣляютъ для известной группы скоростей отъ 1 ф. до 3 ф. въ секунду, отъ 3 ф. до 5 ф. и т. д., причемъ получаютъ различныя значенія. При наблюденияхъ слѣдуетъ пользоваться коэффициентами соответственной группы, указаніемъ чему можетъ служить замѣчаемое число оборотовъ.

3) а) *Поплавокъ Кабео* состоитъ изъ пустотѣлаго металлическаго цилиндра, нѣсколько длиннѣе глубины рѣки; онъ наполняется настолько дробью, чтобы опуститься до дна, не касаясь его однако. Приемы наблюдения тѣ же, какъ и съ обыкновеннымъ поплавкомъ.

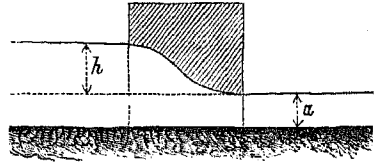


Рис. 55.

#### Опредѣленіе расхода воды въ большихъ рѣкахъ.

Указавъ различные способы и приемы опредѣленія скоростей, можемъ уже *вычислить расходъ* по одной изъ трехъ слѣдующихъ формулъ:

$$Q = \omega \cdot v,$$

$$Q = \omega_0 v_0 + \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \dots;$$

$$Q = \Sigma \omega_0 v_0 + \Sigma \omega_1 v_1 + \Sigma \omega_2 v_2 + \dots = \omega_0' v_0' + \omega_0'' v_0'' + \dots + \omega_1' v_1' + \omega_1'' v_1'' + \dots,$$

гдѣ  $\omega$  — площадь всего живого сѣченія;  $v$  — средняя скорость всего сѣченія,  $\omega_0, \omega_1, \omega_2 \dots, v_0, v_1, v_2 \dots$  частныя площадки всего живого сѣченія и соответственныя имъ среднія скорости;  $\omega_0', \omega_0'', \dots, \omega_1', \omega_1'', \dots$  частныя площадки, на которыя разбиты элементы  $\omega_0, \omega_1, \dots; v_0', v_0'', \dots, v_1', v_1'', \dots$ , соответственныя имъ скорости.

Если на данной рѣкѣ имѣется мостъ, устроенный выше или ниже по теченію, то, наблюдая впереди моста подпоръ во время высокихъ водъ, можно опредѣлить расходъ по нижеслѣдующей формулѣ. Пусть (рис. 55)

ширина суженной части живого сѣченія (между опорами) —  $b$ ; высота подпора —  $h$ ; высота горизонта воды ниже устоя —  $a$ . Тогда количество воды, протекающей слоемъ  $h$ :

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2gh^3};$$

количество воды, протекающей слоемъ  $a$ :

$$Q_2 = \mu ba \sqrt{2gh}.$$

Итого:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \mu b \sqrt{2gh} \left( \frac{2}{3} h + a \right).$$

Обратно по данному расходу и подпору необходимое отверстие моста:

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gh} \left( \frac{2}{3} h + a \right)}.$$

Если подпоръ  $h$  не великъ и скорость притекающей воды довольно значительна, то, называя чрезъ  $k$  высоту, соответствующую этой скорости:

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[ (h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right]; \quad Q_2 = \mu ba \sqrt{2g} (h+k)$$

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] + a (h+k)^{\frac{1}{2}} \right\},$$

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[ (h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] + a (h+k)^{\frac{1}{2}} \right\}}$$

Опредѣливъ тѣмъ или другимъ путемъ  $Q$  для извѣстнаго мѣста рѣки, найдемъ величину расхода для даннаго сѣченія, прибавивъ или отнявъ отъ исчисленнаго  $Q$  то количество воды, которое доставляется рѣкѣ притоками, расположенными между даннымъ сѣченіемъ рѣки и тѣмъ, для котораго былъ опредѣленъ расходъ.

Что касается точности расчета расхода, опредѣленнаго по формуламъ:

$$Q = \omega v = \Sigma \omega v,$$

то это будетъ зависѣть отъ болѣе или менѣе точнаго значенія скоростей. Формулы группы 1), т. е. выражающія зависимость между среднею скоростью всего живого сѣченія, между уклономъ и среднимъ радіусомъ, могутъ служить только для приблизительнаго опредѣленія  $v$ , такъ какъ во многихъ рѣкахъ отношеніе  $\frac{\omega}{p}$  значительно измѣняется для сѣченій рѣки, взятыхъ на довольно близкомъ разстояніи, а также и потому, что онѣ даютъ величину  $v$  независимо отъ очертанія рѣки въ планѣ, между



тѣмъ, какъ извѣстно, что значительная кривизна рѣки можетъ уменьшить среднюю скорость на 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> или 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Съ этою цѣлью для опредѣленія расхода воды выбираютъ участокъ рѣки по возможности правильнаго очертанія въ прямой и въ наиболее узкой части, такъ чтобы живое сѣченіе не было растянато на большомъ протяженіи \*). На закругленіяхъ уклоны, опредѣленные на выпуклой или вогнутой части, неодинаковы и слѣдовательно, во избѣжаніе невѣрныхъ данныхъ, такіе участки слѣдуетъ исключить.

Всѣ вышеприведенные приемы и формулы примѣняются какъ къ высокимъ, меженнымъ, такъ и къ низкимъ водамъ. При опредѣленіи расхода при высокомъ горизонтѣ воды рѣдко есть возможность опредѣлить скорости на извѣстной глубинѣ, а приходится опредѣлять среднюю скорость расчетомъ, пользуясь измѣренною скоростью на поверхности. Если время позволяетъ, то вмѣсто того, чтобы измѣрить наибольшую скорость на поверхности и по ней опредѣлить среднюю скорость всего сѣченія, а затѣмъ и расходъ по формулѣ:

$$Q = \omega \cdot v,$$

лучше опредѣлить нѣсколько скоростей на поверхности для различныхъ вертикалей и затѣмъ по извѣстнымъ формуламъ найти *среднія* скорости соотвѣтственной вертикали и вычислить расходъ по формулѣ:

$$Q = \omega_0 v_0 + \omega_1 v_1 + \dots$$

Если окажется невозможнымъ при высокомъ горизонтѣ опредѣлить скорость на поверхности поплавками, тогда остается лишь опредѣлить паденіе рѣки, живое сѣченіе и периметръ и по одной изъ эмпирическихъ формулъ группы 1) найти соотвѣтственную скорость всего сѣченія и опредѣлить расходъ по формулѣ:

$$Q = \omega \cdot v.$$

Чѣмъ меньше уклонъ, тѣмъ точнѣе долженъ быть онъ опредѣленъ.

Нерѣдко расходъ рѣки при любомъ горизонтѣ опредѣляютъ, пользуясь формулой *параболической зависимости* расходовъ отъ отмѣтки горизонта воды. Предполагая, что расходъ въ рѣкѣ измѣняется въ зависимости отъ положенія горизонта по закону параболы, опредѣляютъ значеніе параметра, пользуясь цѣлымъ рядомъ измѣренныхъ соотношеній между различными положеніями горизонта и соотвѣтственными значеніями расхода.

\*) Если избранное мѣстоположеніе моста не представляетъ вышесказанныхъ условій, и такъ какъ для другихъ цѣлей во всякомъ случаѣ необходимо знать очертаніе живого сѣченія въ мѣстѣ перехода рѣки, а также и распределеніе скоростей по разливу, — то полученный при этомъ расходъ можетъ быть провѣренъ опредѣленіемъ расхода въ ближайшемъ участкѣ рѣки съ правильнымъ очертаніемъ и пр.

Видъ этой формулы:

$$Q = \left( \frac{y - b}{p} \right)^2,$$

гдѣ  $Q$ —расходъ, соотвѣтствующій отмѣткѣ  $y$  надъ условнымъ уровнемъ;  $b$ —ордината вершины параболы, т. е. отмѣтка дна рѣки, при которой  $Q=0$ ;  $p$ —параметръ. Для опредѣленія двухъ неизвѣстныхъ  $b$  и  $p$  необходимо имѣть два измѣренныхъ расхода для двухъ какихъ либо горизонтовъ. Чѣмъ больше имѣется подобныхъ соотношеній, тѣмъ точнѣ будутъ опредѣлены коэффиціенты.

Опредѣленіе расхода воды малыхъ ручейковъ и въ долинахъ средней величины, въ зависимости отъ ливней.

Для опредѣленія расхода воды ручейковъ при низкомъ горизонтѣ достаточно поставить поперекъ живого сѣченія какой-либо щитъ или плотину и по толщинѣ переливающагося слоя опредѣлить расходъ по формулѣ:

$$Q = \frac{2}{3} \mu + \sqrt{2g} \left[ \left( h + \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right],$$

гдѣ  $\mu = 0,65-0,68$ ;  $b$ —ширина водослива;  $h$ —высота подпертаго горизонта воды надъ порогомъ водослива;  $v$ —скорость притекающей воды.

Наибольшій расходъ воды въ малыхъ ручейкахъ и въ долинахъ незначительной площади до 30 квадратныхъ верстъ находится въ прямой зависимости отъ ливней. Расходъ, зависящій отъ таяшя снѣга, здѣсь не слѣдуетъ принимать во вниманіе, такъ какъ *при малыхъ бассейнахъ наибольшій расходъ бываетъ во время ливней*, между тѣмъ какъ въ *рѣкахъ съ большими бассейнами наибольшій расходъ наблюдается при таяннн снѣга*. Одновременное совпаденіе обѣихъ причинъ едвали можетъ имѣть мѣсто, по крайней мѣрѣ въ нашемъ климатѣ.

Количество дождевой воды, притекающей въ единицу времени къ данному искусственному сооруженію, зависитъ не только отъ количества дождя, выпавшаго въ единицу времени на всю площадь бассейна, но также отъ свойствъ почвы, т. е. отъ способности поглощенія, отъ рода и характера растительности, отъ очертанія бассейна въ планѣ, отъ продолжной и поперечной профили его, отъ расположенія его относительно странъ свѣта, отъ продолжительности ливня и времени, потребнаго для достиженія искусственнаго сооруженія частицей воды, выпавшей въ наиболѣе отдаленной части бассейна.

Большая часть всѣхъ этихъ данныхъ, къ сожалѣнію, гадательны; достаточно же точно могутъ быть опредѣлены — очертаніе бассейна, продолжный и поперечный уклоны; менѣе достовѣрны указанія относительно силы и продолжительности ливней, если только не имѣется возможности

воспользоваться результатами метеорологических наблюдений для разсматриваемой мѣстности.

Вообще данныя относительно наибольшаго количества выпадающаго дождя и продолжительности ливня слѣдуетъ брать изъ метеорологическихъ наблюдений, если таковыя имѣются, или пользоваться результатами наблюдений, произведенныхъ для другихъ мѣстностей, находящихся въ болѣе или менѣе одинаковыхъ условіяхъ съ разсматриваемой мѣстностью.

Для средней полосы Европы наибольшее количество дождя, выпадающаго въ теченіе одного часа, составляетъ 4—8 миллиметровъ во время достаточно сильнаго дождя и 24—60 миллиметровъ—во время ливней. Продолжительность дождя, соответствующаго количеству 4—24 миллиметровъ, около 1—2 часовъ. Ливни же рѣдко продолжаются болѣе  $\frac{1}{2}$ —1 часа. Наблюдения, сдѣланныя въ парижской метеорологической обсерваторіи, показали, что въ 1 секунду при сильныхъ дождяхъ на поверхность земли выпадаетъ слой воды высотой 0,016 миллиметра.

У насъ въ Россіи, хотя ведутся на многихъ метеорологическихъ станціяхъ наблюденія относительно количества выпавшаго дождя, но, за немногими исключеніями, записываютъ только количество дождя, выпавшаго въ теченіе сутокъ, не указывая на продолжительность ливня,—между тѣмъ какъ для разбираемаго нами вопроса важно знать не общее количество дождя, выпавшаго въ сутки, а главное—продолжительность ливня и его силу.

Впрочемъ за послѣднее время въ Россіи накопилось нѣсколько наблюдений не только относительно интенсивности, но и продолжительности ливней. Такъ, по Воейкову для юго-западн. Россіи выяснилась слѣдующая зависимость между продолжительностью ливня и его интенсивностью:

Продолжительность ливня.	Количество осадковъ въ 1 минуту.		Продолжительность ливня.	Количество осадковъ въ 1 минуту.	
	Среднее.	Наибольшее.		Среднее.	Наибольшее.
	мм.	мм.		мм.	мм.
Менѣе 15 минутъ . . .	3,15	5,7	Отъ 1 час. до $1\frac{1}{2}$ час. .	0,57	1,3
Отъ 15 мин. до 30 мин. .	1,32	2,9	» $1\frac{1}{2}$ » » 2 » .	0,40	1,0
» 30 » » 45 » .	0,91	1,4	» 2 » » 3 » .	0,36	0,6
» 45 » » 1 часа .	0,88	1,5	» 3 » » 4 » .	0,25	0,5

Ливень, разразившійся въ Орловской, Рязанской и Тульской губерніяхъ 30 іюня 1882 г., былъ одинъ изъ сильныхъ. Такъ въ селѣ Михайловскомъ, Тульской губерніи, Чернскаго уѣзда съ 6 часовъ вечера 29 іюня до 3 часовъ утра выпало въ теченіе 9 часовъ 145,5 милли-

метра; изъ нихъ въ теченіе 4 часовъ—115 миллиметровъ, или въ часъ—29 миллиметровъ.

По свѣдѣніямъ тифлисской обсерваторіи ливень 9 сентября (по новому стилю) 1857 года, продолжавшійся 11 минутъ, далъ слой воды въ 44,24 миллиметра, что составляетъ въ часъ слой воды — въ 83 миллиметра. По наблюденіямъ, произведеннымъ въ послѣднія 9 лѣтъ на юго-западѣ Россіи, можно признать, что ливни силою около 2 миллим. въ 1 минуту продолжаются, какъ показываетъ вышеприведенная таблица, около 30—45 минутъ.

Что касается количества, теряющагося просачиваніемъ, то это зависитъ вполнѣ отъ напластованія и рода формаціи. При скалистыхъ грунтахъ съ большимъ количествомъ трещинъ и въ мѣловой формаціи вся вода почти проходитъ въ грунтъ. Въ Юрской формаціи въ гранитныхъ породахъ безъ большихъ трещинъ и въ глинистыхъ грунтахъ, — 30% — 40% всего количества теряется въ грунтъ. Чѣмъ болѣе насыщена почва предыдущими дождями, тѣмъ меньшее количество вбираетъ она въ себя при наступленіи ливней и проч. Когда поверхность бассейна покрыта на значительную глубину растительной землей, принимаютъ, что съ поверхности стекаетъ 75% объема всей выпадающей воды. По Шюблеру необходимо слѣдующее количество воды въ фунтахъ, чтобы насытить 1 кубическій футъ различнаго рода грунтовъ:

Хряцеватый песокъ . . . . .	27,3	фунта.
Песчаноглинистый грунтъ . . . . .	38,8	»
Глинистый . . . . .	41,4	»
Растительная земля . . . . .	48,4	»
Черноземъ . . . . .	50,1	»

Количество испаряющейся воды неодинаково для различныхъ мѣсяцевъ года. По Hagen'у въ средней полосѣ Европы наименьшее испареніе въ сутки 0,19 линіи, наибольшее достигало 2 линій: въ среднемъ за годъ около 0,736 линіи. Слѣдовательно наибольшее испареніе въ часъ  $\frac{2 \times 25,4}{24 \times 11,86} = 0,19$  миллиметра. Но такъ какъ ливни продолжаются, за нѣкоторыми исключеніями, не болѣе  $\frac{1}{2}$ —1 часа времени съ количествомъ воды до 24—60 миллиметровъ въ часъ, то, очевидно, испареніе, составляющее лишь всего 0,19 миллиметра въ часъ, можно и не брать въ расчетъ.

Но кромѣ просачиванія въ почву еще другія причины, какъ напримѣръ, состояніе поверхности почвы, очертаніе бассейна и проч., вліяютъ на уменьшеніе отношенія расхода къ количеству выпавшаго дождя. Разсмотрѣвъ всѣ причины въ совокупности, Arago предполагаетъ, что къ искусственному сооруженію притекаетъ  $\frac{1}{3}$  количества выпавшаго дождя,

по Hagen'у—0,43; по Лесслю—0,33—0,50; по Köstlin'у это отношеніе измѣняется въ зависимости отъ длины бассейна, а именно отъ 0,58 до 0,062 при длинѣ бассейна отъ 3,5 до 17 верстѣ.

Приведемъ теперь тѣ эмпирическія правила и формулы, предложенныя нѣкоторыми инженерами для исчисленія количества воды, притекающей въ единицу времени съ даннаго бассейна къ опредѣленному его сѣченію, правила, выведенныя на основаніи вышеприведенныхъ данныхъ относительно силы и продолжительности ливней.

а) Köstlin взялъ въ основаніе своихъ расчетовъ ливень, наблюдавшійся въ Парижѣ продолжительностью 10 минутъ =  $\frac{1}{6}$  часа и давшій 9,6 миллиметра или въ секунду: 0,016 миллиметра. Для бассейновъ не длиннѣе полумили (3,5 версты) онъ полагаетъ, что отношеніе расхода къ количеству выпавшаго дождя составляетъ 0,50, а для мѣстностей скалистыхъ—0,58. При вышеуказанномъ условіи предполагается, что продолжительность ливня болѣе времени, потребнаго на притеканіе воды изъ самыхъ отдаленныхъ мѣстъ бассейна къ разсматриваемому сѣченію. Для бассейновъ длиною отъ 3,5 до 7 вер. коэффициентъ уменьшится до  $\frac{3}{8}$  —  $\frac{1}{4}$ ; для бассейновъ длиною отъ 7 до 10,5 вер. коэффициентъ:  $\frac{3}{16}$ ; для бассейновъ отъ 10,5 до 14 вер. коэффициентъ:  $\frac{1}{8}$ , а для бассейновъ длиною отъ 14 до 17,5 вер. коэффициентъ:  $\frac{1}{16}$ .

Умножая затѣмъ приведенный выше расходъ въ 0,16 миллиметра на площадь бассейна въ миллиметрахъ и на тотъ либо другой коэффициентъ, въ зависимости отъ длины бассейна, получаемъ расходъ воды у искусственнаго сооруженія въ куб. миллим. \*).

Относительно этихъ коэффициентовъ Köstlin дѣлаетъ оговорку, что они примѣнимы для гористыхъ мѣстностей съ значительною скоростью по дну и по скатамъ долинъ; для пологихъ мѣстностей коэффициентъ долженъ быть уменьшенъ вдвое.

Обыкновенно полагаютъ, что этотъ предѣлъ  $i = 0,005$ . Правильнѣе было бы назначить опредѣленные коэффициенты для различныхъ уклоновъ и вмѣстѣ съ тѣмъ повысить коэффициенты Köstлина для малыхъ бассейновъ. Такъ можетъ быть слѣдовало бы исчислять притокъ воды къ искусственному сооруженію по слѣдующей формулѣ:

$$Q = 1,875 \cdot F \cdot \alpha \cdot \beta,$$

\*) Эти же данныя приведены и въ циркулярѣ Министерства 1884 г., № 6167 съ тѣмъ отличіемъ, что все выражено не въ мм. а въ метрахъ, причемъ предложена формула:  $Q = AFL$ , гдѣ  $Q$  — расходъ въ куб. метр.;  $A = 0,000016$  метр.;  $F$  — площадь бассейна въ квадр. метр.;  $L$  — вышеуказанный численный коэффициентъ. Выражая расходъ въ саженяхъ, а площадь бассейна въ кв. верстахъ, будемъ имѣть:

$$Q = 1,875 \cdot F \cdot L.$$

гдѣ:

При длинѣ бассейна.	$\alpha$	При уклонѣ бассейна.	$\beta$
1 верста и менѣе	$\frac{7}{8}$	0,004 и менѣе	$\frac{1}{2}$
3,5 вер.	$\frac{1}{2}$	0,007	1
7 вер.	$\frac{1}{4}$		
10,5 вер.	$\frac{3}{16}$	0,01	1,25
14 вер.	$\frac{1}{8}$		
17,7 вер. и болѣе	$\frac{1}{16}$	0,05 и болѣе	1,50

Для промежуточныхъ длинъ и уклоновъ можно бы пользоваться этими данными по интерполяціи.

б) Tiefenbacher видоизмѣнилъ данныя Köstlin'a, составивъ на основаніи ихъ таблицу, показывающую непосредственно количество воды, притекающей къ искусственному сооруженію съ каждаго квадратнаго километра, причемъ количество притекающей воды измѣняется вмѣстѣ съ длиной бассейна. Выражая все въ верстахъ и въ саженьяхъ, получимъ, что:

При длинѣ бассейна:	Количество воды, притекающей къ искусственному сооруженію съ квадратной версты въ 1 сек. куб. саж.
До 4 версты	0,824
отъ 4 до 8 версты	0,608—0,412
» 8 » 12 »	0,304
» 12 » 16 »	0,206
болѣе 16 »	0,103

Для пологихъ тальвеговъ \*) эти числа должны быть уменьшены на половину.

#### Исслѣдованіе грунта.

Остается еще сказать нѣсколько словъ объ *исслѣдованіи грунта*, которое необходимо для того, чтобы выяснитъ родъ напластованія ложа рѣчки, а также для полученія данныхъ къ составленію проекта основанія опоръ искусственнаго сооруженія. Исслѣдованіе грунта въ зависимости отъ мѣстныхъ условій производится посредствомъ рытья ямъ и колодцевъ, а также забивкой пробныхъ свай, буреніемъ и проч.

\*) Обыкновенно полагаютъ, что этотъ предѣлъ  $i = 0,005$ .

Диаметръ полога стержня, штанги буровыхъ инструментовъ измѣняется въ предѣлахъ отъ 1 д. до 3 д., при чемъ въ глубокихъ и быстрыхъ рѣкахъ буреніе производится въ обсадныхъ трубахъ. Иногда для болѣе быстраго погруженія въ трубы нагнетается насосомъ вода. Буровыя скважины намѣчаются по линіи оси моста, выше и ниже его, а также по оси проектируемыхъ опоръ.

Во время буренія ведется подробный журналъ съ описаніемъ въ немъ всѣхъ грунтовъ и различныхъ обстоятельствъ, встрѣченныхъ при пробивкѣ скважины, какъ напр. притока грунтовыхъ водъ и проч.; также собираются образцы грунтовъ въ послѣдовательномъ порядкѣ ихъ прохожденія. На основаніи этихъ журналовъ составляють чертежи такъ называемыхъ геологическихъ разрѣзовъ, связавъ отмѣтки залеганія различныхъ слоевъ съ отмѣтками мѣстности по продольной профили. Буреніе производится вообще до тѣхъ поръ, пока не встрѣтится надежный грунтъ и во всякомъ случаѣ на глубину, превосходящую на  $1\frac{1}{2}$  с.—2 с. предполагаемую глубину заложения основанія.

Иногда бываетъ необходимо выяснитъ степень *сжимаемости* грунта, что даетъ нѣкоторыя указанія относительно величины возможнаго безопаснаго напряженія. Къ трудно сжимаемымъ грунтамъ, кромѣ каменистаго, слѣдуетъ причислить песокъ и чистую твердую глину, безъ примѣси ила, при толщинѣ слоя не менѣе 1,5 саж. Всѣ остальные грунты сжимаемы. Относительное количество ила и другихъ составныхъ частей указываетъ на степень сжимаемости грунта.

Приемы опредѣленія сжимаемости грунта различны въ зависимости отъ того, имѣють ли дѣло съ открытымъ котлованомъ, съ грунтомъ необнаженнымъ, съ грунтомъ въ рабочей камерѣ кессона и проч.

Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

При сооруженіи Крестовскихъ водоиапорныхъ башенъ въ Москвѣ сопротивленіе песчано-глинистаго грунта подошвы котлована, глубиною 2 саж., было изслѣдовано слѣдующимъ образомъ.

На днѣ котлована былъ размѣченъ равносторонній треугольникъ, сторона коего равнялась  $2\frac{1}{3}$  с. По угламъ этого треугольника были поставлены три чугунныхъ диска—площадью каждый въ 2 кв. фута съ цилиндрическимъ центральнымъ выступомъ. Въ верхнюю часть выступа ввинченъ былъ желѣзный стержень, а въ вершину послѣдняго ввинченъ въ свою очередь винтъ. На стержни дисковъ надѣты были желѣзныя шайбы, опиравшіяся на центральный выступъ, затѣмъ деревянные брусья съ наклонными пазами, въ которые закладывались желѣзныя балки, образовавшія треугольную раму. На устроенную такимъ образомъ раму поставленъ былъ четырехугольный деревянный ящикъ такъ, что центръ тяжести его совпадалъ съ центромъ тяжести треугольной рамы. Въ сто-

ронѣ отъ рамы, въ 3 саж., забнѣть былъ реперъ той же высоты, какъ стержни дисковъ. До начала опыта, головки винтовъ, ввинченныхъ въ вершину стержней, были приведены въ одну горизонтальную плоскость съ реперомъ, что повѣрялось уровнемъ и линейкой.

Всѣ части, входящія въ приборъ, а именно: желѣзныя балки, диски, деревянные брусья и доски деревянаго ящика были взвѣшены до сборки, приче́мъ вѣсъ оказался около 157 пуд. Песокъ, взятый для нагрузки, былъ взвѣшенъ передъ опытомъ въ количествѣ  $\frac{1}{27}$  куб. саж., по которому и былъ определенъ вѣсъ 1 куб. саж. песка, оказавшійся равнымъ 993,5 пуд. Нагрузку пескомъ вели постепенно, а именно: сначала на каждый кв. футъ диска приходилось 50 пуд., затѣмъ 75, 100, 125, 150, 175 и 200 пуд. Для сего ящикъ по высотѣ былъ раздѣленъ на части, соотвѣтствующія каждой изъ требуемыхъ нагрузокъ.

Насыпавъ песокъ до определенной черты въ ящикѣ и уравнивъ его правиломъ, — опредѣляли положеніе дисковъ. Положеніе дисковъ повѣряли нивелировкой и линейкой съ уровнемъ, измѣряя непосредственно ходъ установительныхъ винтовъ, возстановлявшій нормальное положеніе пузырька уровня.

При этомъ оказалось, что

При 125 пуд. нагрузки на 1 кв. фут. дискъ № 1	даль осадку въ $\frac{1}{64}$ д.
» 125 » » » 1 » » » № 2	» » » $\frac{4}{64}$ »
» 125 » » » 1 » » » № 3	» » » $\frac{4}{64}$ »
» 150 » » » 1 » » » № 1	» » » $\frac{5}{64}$ »
» 150 » » » 1 » » » № 2	» » » $\frac{8}{64}$ »
» 150 » » » 1 » » » № 3	» » » $\frac{9}{64}$ »
» 175 » » » 1 » » » № 1	» » » $\frac{8}{64}$ »
» 175 » » » 1 » » » № 2	» » » $\frac{11}{64}$ »
» 175 » » » 1 » » » № 3	» » » $\frac{13}{64}$ »
» 200 » » » 1 » » » № 1	» » » $\frac{16}{64}$ »
» 200 » » » 1 » » » № 2	» » » $\frac{16}{64}$ »
» 200 » » » 1 » » » № 3	» » » $\frac{26}{64}$ »

Послѣ опыта естественное основаніе было уплотнено песчаными сваями. Сваи діаметромъ 0,06 саж., глубиною 0,67 саж., были расположены въ шахматномъ порядкѣ на разстояніи 0,33 саж. одна отъ другой. На уплотненный такимъ образомъ грунтъ былъ разсыпанъ и затѣмъ утрамбованъ сухой щебень слоемъ толщиною въ 0,03 саж.

Произведенный послѣ этого вторично опытъ нагрузки прибора не указывалъ осадки дисковъ при нагрузкѣ, доходившей до 200 пуд. на кв. футъ и остававшейся на приборѣ около недѣли.



Если котлованъ еще не открытъ, то для опредѣленія степени сжимаемости грунта ввинчиваютъ металлическую сваю, діаметромъ около 5—6 д., снабженную винтовой лопастью; къ верхней части сваи прикрѣпляютъ помость, который загружаютъ грузомъ и оставляютъ въ этомъ положеніи около сутокъ. Зная площадь поверхности винтовой лопасти и измѣривъ осадку, напр. путемъ сравненія съ положеніемъ подмостей,—опредѣляютъ величину осадки въ зависимости отъ напряженія.

Если необходимо опредѣлить степень сопротивленія обнаженнаго грунта въ рабочей камерѣ кессона, то для сего въ вырытую яму, по возможности сухую, устанавливаютъ чугунный дискъ, площадью около 2 кв. ф., на него ставятъ снабженный манометромъ гидравлическій прессъ, штокъ котораго упирается въ потолокъ кессона.

Цилиндръ прессы соединяютъ съ короткимъ илечомъ перавиоилечаго рычага-указателя, длинное плечо котораго перемѣщается по рейкѣ. Давленіе опредѣляется манометромъ.

При заложеніи основанія опоръ моста черезъ р. Миссисипи (близъ Мемфиса) опредѣляли опытомъ сопротивленіе грунта сжатію. Для сего вырѣзывали изъ грунта довольно большой кусокъ, выносили его на открытый воздухъ и, не давая ему времени высохнуть, обдѣлывали верхнюю часть куска въ видѣ куба въ два дюйма въ сторонѣ и подвергали верхнюю грань куба давленію. Въ быкѣ № 2 опыты были сдѣланы надъ 4-мя образцами; первый разрушился при давленіи 432 фунт., второй — 343 фунт., третій—303 фунт., четвертый—343 фунт., при чемъ передъ разрушеніемъ величина сжатія доходила до  $\frac{1}{32}$  д., за исключеніемъ третьяго образца, который сразу разрушился, будучи очень сухимъ.

Не принимая его въ расчетъ, получимъ среднее значеніе временнаго сопротивленія:

$$\frac{432 + 343 + 343}{3 \times 4} = 93 \frac{\text{фунт.}}{\text{кв. дм.}} = 2,32 \frac{\text{пуд.}}{\text{кв. дм.}}$$

#### Струенаправляющія дамбы.

*Струенаправляющія дамбы* имѣютъ весьма существенное вліяніе на правильную работу мостового сооруженія; во многихъ случаяхъ онѣ оказываются даже полезнѣе увеличенія отверстия моста. Направленіе и очертаніе дамбъ и длина ихъ должны быть проектированы сообразно мѣстнымъ условіямъ.

Что касается *направленія* дамбъ при сопряженіи ихъ съ насыпью около устоевъ, то онѣ должны имѣть пологое расходящееся отъ моста направленіе, касательное къ нормалямъ, проведеннымъ къ продольной оси моста по линіи лицевой грани устоевъ.

Относительно *вида* дамбъ *въ планѣ* нужно замѣтить, что дамбы имѣютъ или *грушевидное* (рис. 55'а и б) очертаніе съ примыканіемъ къ полотну въ двухъ мѣстахъ, или имѣютъ видъ одного или нѣсколькихъ (рис. 55'в и 55'г) *отдѣльныхъ отростковъ*, вѣтвей.

*Грушевидное* очертаніе можетъ быть или замкнутымъ, причемъ для выпуска дождевой и снѣговой воды оставляются отверстія, которыя по желанію можно было бы закрывать (какъ напримѣръ, труба съ щитомъ), или же наиболѣе удаленный отъ моста конецъ дамбы состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ вѣтвей (рис. 55'б), заходящихъ одна за другую. Второе очертаніе слѣдуетъ считать рациональнѣе перваго, особенно въ томъ случаѣ, если дамба выведена изъ песчаиаго грунта недостаточной ширины, а также и тогда, когда подъемъ горизонта высокихъ водъ довольно великъ, такъ что можно опасаться, что глухая дамба не выдержитъ напора воды. Если же (какъ въ типѣ рис. 55'б) вода имѣетъ возможность вступать въ огражденное дамбою пространство, то дамба не будетъ подвергаться дѣйствию напора воды, или, во всякомъ случаѣ, высота напора будетъ, повидимому, не болѣе 0,50 — 0,70 саж. Дѣйствительно, поверхность разлива передъ мостомъ въ поперечномъ паправленіи не горизонтальна: поверхность воды повышается по обѣ стороны отъ моста. Наблюденія, произведенныя на рѣкахъ Припяти и З. Бугѣ, въ мѣстѣ пересѣченія ихъ полотномъ желѣзной дороги, показали, что не смотря на громадное протяженіе разлива, доходящаго въ первомъ случаѣ до 20-ти верстъ, наибольшее возвышеніе горизонта не превышаетъ 0,70 саж. Такимъ образомъ (рис. 55'б) горизонтъ воды въ (*m*) будетъ выше, чѣмъ въ (*n*); но такъ какъ внутри огражденнаго пространства вода будетъ имѣть горизонтальную поверхность, то въ (*n'*) высота горизонта будетъ такая же, какъ въ (*m*), т. е. въ корневой части дамба будетъ подвергаться дѣйствию подпора, высота котораго равняется разности горизонтовъ въ (*n'*) и (*n*), или, что то же, разности горизонтовъ въ (*m*) и (*n*), что, какъ показали наблюденія, не превышаетъ 0,70 саж.

Вышеупомянутое явленіе указываетъ еще на другое обстоятельство— на необходимость возвышать полотно дороги надъ горизонтомъ высокихъ водъ, оставляя запасъ около 0,50 с., не только на волненіе, но на возвышеніе, вызываемое скатиѣмъ струи. Такъ, иапримѣръ, у моста чрезъ рѣку З. Бугъ на Сѣдлецъ-Малкинской желѣзной дорогѣ дамба имѣла очертаніе, указанное на рис. 55'б, и возвышалась на 0,40 саж. надъ горизонтомъ высокихъ водъ. Въ первый же годъ оказалось, что въ (*n*) съ наружной стороны дамбы горизонтъ былъ ниже бровки дамбы; тѣмъ не менѣе вода переливалась изъ огражденнаго пространства по паправленію отъ (*n'*) къ (*n*) и вызвала мѣстное поврежденіе дамбы, что вполнѣ объясняется тѣмъ, что въ (*n'*) горизонтъ былъ такой же, какъ въ (*m*),

т. е. выше горизонта ( $n$ ) и болѣе, чѣмъ на 0,50 саж. Впослѣдствіи дамбѣ была придана не горизонтальная профиль, а постепенно возвышающаяся по направленію отъ моста.

Выше было упомянуто, что при несчанныхъ дамбахъ особенно опасно подвергать ихъ дѣйствию напора воды, именно потому, что вслѣдствіе волосности вода поднимается внутри песчаной насыпи выше горизонта  $de$  (рис. 55'е) и располагается не на одномъ уровнѣ, а по нѣкоторой кривой ( $fg$ ), и часто верхняя масса сухого песку сползаетъ по наклонной, смоченной водою поверхности. [Это обстоятельство вообще нужно имѣть въ виду при возведеніи изъ песку насыпей чрезъ овраги, мѣстныя низины и проч., въ верховой части которыхъ можетъ образоваться случайный подпоръ воды. Такъ, напримѣръ, при сооруженіи Моршанско-Сызранской желѣзной дороги было три случая такого сползанія, и одинъ изъ нихъ сопровождался крушеніемъ поѣзда съ укладочнымъ матеріаломъ. Всѣ случаи были въ такихъ мѣстахъ, гдѣ не было сдѣлано отвода воды, и образовался съ одной стороны подпоръ. Послѣ разрыва насыпи обнаружено было, что нижняя часть насыпи смочена, какъ указано на рис. 55'е. Для предупрежденія подобнаго явленія весьма полезно укладывать въ мѣстахъ, гдѣ можно ожидать случайнаго скопленія воды, дрена, устраиваемыя изъ щита изъ брусевъ, на которомъ располагается изъ крупныхъ камней треугольная призма (рис. 55'ж), верхняя часть которой расщепливается мелкимъ камнемъ и прикрывается дерномъ. Подобная дрена вполне обезпечиваетъ уравненіе горизонтовъ воды по обѣ стороны полотна. Само собою разумѣется, что для возведенія дамбъ, а также и

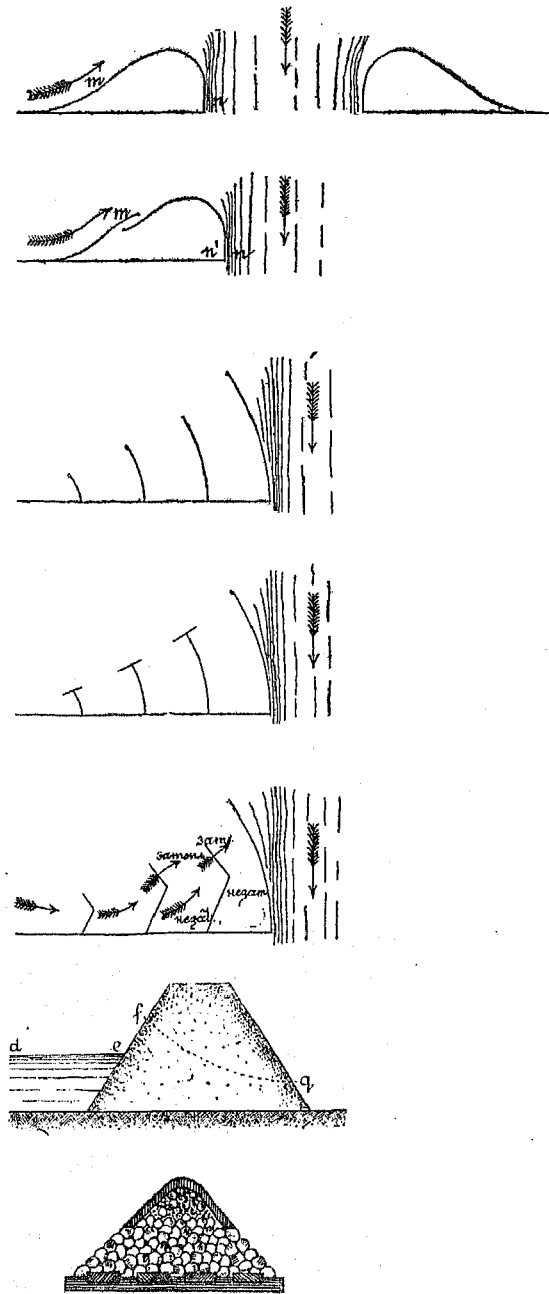


Рис. 55'а, б, в, г, д, е, ж.

насыпей ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть допущенъ тальковый грунтъ, способный сползати и въ сухое время].

Что касается очертанія дамбъ въ видѣ *отдѣльныхъ вѣтвей* (рис. 55'в и 55'г), то при малыхъ разливахъ ограничиваются одною вѣтвью, уншряя корневую и головную часть. Пологость откосовъ въ головной части слѣдуетъ дѣлать около 10 : 1 для увеличенія фронта соприкасанія съ слоємъ воды данной толщины, что значительно уменьшаетъ разрушительное дѣйствіе воды. На остальномъ протяженіи можно ограничиться двойнымъ уклономъ. Особенное вниманіе должно быть обращено на укрѣпленіе откосовъ, которое, смотря по мѣстнымъ условіямъ, дѣлается изъ фашинь, или лучше изъ крупнаго камня слоємъ толщиной около 0,20 саж., уложеннаго *обязательно* на слоѣ мелкаго камня или щебня (0,10 саж.) [во избѣжаніе вымыванія грунта дѣйствіемъ волненія]. Крупный камень укладывается вплотную или въ плетневыхъ клѣткахъ. Ширина дамбы по-верху дѣлается не менѣе 1,5—2,00 саж.

При большихъ разливахъ, вмѣсто одной вѣтви, располагаютъ нѣсколько отдѣльно стоящихъ вѣтвей (рис. 55'в—55'д), постепенно укорачивающихся по направленію отъ моста. Разстояніе между вѣтвями дѣлается около 25—50 саж. въ зависимости отъ силы теченія и размываемости грунта, — чѣмъ хуже условія, тѣмъ меньше должно быть разстояніе между ними. Вѣтви же, называемыя иногда *траверсами*, имѣютъ или нормальное къ оси полотна направленіе, или слегка закругленное (рис. 55'в), причемъ нѣрѣдко вѣтви снабжены въ концѣ нормальнымъ придаткомъ, такъ что въ планѣ образуется очертаніе буквы Т. Такое направленіе, какъ полагаютъ нѣкоторые, способствуетъ постепенному отклоненію струи, съ образованіемъ заносовъ между отдѣльными траверсами.

Иногда траверсамъ придаютъ ломаное очертаніе, показанное на рис. 55'д. Корневая часть имѣетъ направленіе въ сторону теченія для болѣе пологого отклоненія струи. Концевая же часть — *затопляемая* — имѣетъ обратное направленіе; если бы для затопляемой части сохранено было направленіе по теченію, то, вмѣсто отклоненія струи отъ полотна, послѣдняя, наоборотъ, была бы направлена въ сторону полотна, что ясно изъ того, что струя воды всегда переливается черезъ порогъ или препятствіе по направленію, нормальному къ направленію порога. Такимъ образомъ, въ случаѣ *затопляемыхъ* траверсовъ необходимо имѣть придавать направленіе *противъ* теченія, а для *незатопляемыхъ* — въ сторону теченія. Пологость откосовъ концевыхъ частей траверсовъ слѣдуетъ дѣлать около 3 : 1 — 5 : 1 и укрѣплять камнемъ или фашинами, если не обѣ стороны, то во всякомъ случаѣ ту, которая обращена противъ теченія. Откосы полотна съ верховой стороны полезно въ такомъ случаѣ покрывать сплошной дерновкой съ ивовыми кольями, прикрывая противъ

волнения это укрѣпленіе на первое время—пока дернъ и колья не примутся и не разрастутся—плетневой застилкой, или плетнями, прижатыми ивовыми канатами и кольями.

Будутъ-ли употребляемы типы группевидныхъ или отдѣльно-стоящихъ дамбъ, во всякомъ случаѣ откосы полотна должны быть укрѣпляемы, чтобы на случай прорыва струенаправляющей дамбы не могло произойти размыва полотна.

Съ низовой стороны струенаправляющія дамбы или вовсе не дѣлаются, или же проектируются меньшей длины. Главное ихъ назначеніе—предупредить возможность направленія течения вдоль полотна дороги.

Что касается, наконецъ, *длины* струенаправляющихъ дамбъ, то въ этомъ отношеніи установилось практическое правило: дѣлать длину каждой дамбы около половины или полной величины отверстія моста.

### III.

## Общія данныя для составленія проекта моста.

Длина фермъ. Пролетъ въ свѣту и расчетный пролетъ. Ширина моста. Габаритъ подвижного состава и предѣлы приближенія нъ постояннымъ устройствамъ. Продольный и поперечный уклоны мостового полотна. Возвышеніе полотна проезжей части и фермъ надъ горизонтомъ высокихъ водъ. Носина мостовыхъ фермъ. Соображеніе относительно расположенія моста.

*Длина* мостовой фермы находится въ зависимости отъ типа фермы и величины пролета въ свѣту. Обыкновенно различаютъ *пролетъ въ свѣту*, т. е. разстояніе между лицевыми гранями опоръ, и *расчетный пролетъ*—разстояніе между осями опорныхъ подушекъ. Слѣд., длина фермы съ опорными стойками составитъ изъ расчетнаго пролета съ прибавленіемъ двойнаго разстоянія отъ оси опорной стойки до ближайшаго конца фермы, каковое обыкновенно равно половинѣ ширины опорной стойки. При опредѣленіи усилій въ мостовой фермѣ берется въ основаніе расчета *расчетный* пролетъ. Для перехода отъ пролета въ свѣту  $l$  къ расчетному  $L$  могутъ служить слѣдующія данныя:

а) для балочныхъ *однопролетныхъ* фермъ:

$$L = (1 + \alpha) l,$$

причемъ при:	$l = 8$ с.	15 с.	20 с.	25 с.	30 с.	40 с.	50 с.
	$\alpha = 0,08$	0,05	0,04	0,035	0,03	0,025	0,02

Отступленія отъ сего въ ту и другую сторону допускаются отъ: — 0,15 с. до + 0,30 с.

б) для неразрѣзныхъ балочныхъ фермъ и фермъ Гербера со свѣсами; крайніе пролеты:

$$L = l \left( 1 + \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{d}{2},$$

гдѣ  $d$  — толщина быка по-верху — обыкновенно около 1,50 с. — 1,70 с.

Средніе пролеты:

$$L' = l + d.$$

Для облегченія расчета принимаютъ:  $L = L'$ ; рациональнѣе, чтобы  $L < L'$ .

в) Для фермъ поворотныхъ мостовъ:

$$L = l \left( 1 + \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{D}{2},$$

гдѣ  $D$  — толщина быка, превосходящая на 0,50 с. — 0,70 с. диаметръ круга катанія (равный приблизительно разстоянію между крайними фермами). Эта длина относится собственно къ крайнимъ фермамъ, касательнымъ къ кругу катанія, или ко всѣмъ фермамъ, если не имѣется круга катанія, и всѣ фермы подвѣшены къ оси вращения или опираются на нее при помощи общей поперечной балки. Если разстояніе между фермами менѣе діаметра круга катанія или если имѣется нѣсколько фермъ, опирающихся на кругъ катанія, то указанная длина уменьшается на ординату точки пересѣченія фермы съ кругомъ катанія, взятую относительно поперечнаго діаметра круга катанія.

г) Для арочныхъ разрѣзныхъ фермъ:

$$L = l + 2n \cos \beta - 2h \sin \beta,$$

гдѣ  $\beta$  — уголъ, составленный касательной къ начальному элементу арки съ вертикалью,  $n = \frac{\alpha l}{2}$ ,  $\alpha$  — коэффициентъ, указанный въ пунктѣ а),  $h$  — высота подушки. Если высота нижней опорной подушки довольно велика, то часто  $L = l$ .

Для арочныхъ неразрѣзныхъ фермъ, крайніе пролеты:  $L = l \left( 1 + \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{d}{2}$ , а средніе пролеты:  $L' = l + d$ . Обыкновенно:  $L' = L$ .

д) Для висячихъ фермъ:

$$L = l (1 + \alpha) + 2ih + d,$$

гдѣ  $h$  — высота опоры (пилона),  $i$  — уклонъ передней грани опоры (около  $\frac{1}{20}$ ),  $d$  — толщина опоры вверху.

Ширина моста зависитъ отъ назначенія его, отъ предполагаемаго размѣра движенія, а въ извѣстныхъ случаяхъ и отъ его длины.

Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу наименьшая ширина соответствуетъ назначенію его для проѣзда одного экипажа, а именно 1,5 с., не считая тротуаровъ; если мостъ устраивается для проѣзда двухъ эки-

пажей, то ширина его бывает не меньше 3 с. (обыкновенная ширина шоссе мостов), не считая тротуаров шириною от 0,70 с. до 1,00 с. При большей деятельности прохода, ширина моста в городах достигает 10 с., при тротуарах шириною до 1,5 с. Если мост располагается в пределах площади, то для меньшего стеснения сообщения ширина значительно увеличивается. (Синий мост через р. Мойку в Петербург с чугунными арочными фермами имеет ширину в 45 с.). При взде по-верху, ширина моста может быть сделана неограниченной; при взде по-низу, во избежание высоких или в крайнем случае массивных поперечных балок, а также массивных цѣпей и подвѣсок в цѣпных мостах, мост раздѣляется промежуточными фермами на части, при ширинѣ каждого прохода не меньше 1,75 с.—2,00 с. Раздѣленіе моста на части представляет для движенія нѣкоторыя неудобства, особенно если движеніе деятельное, и поэтому стараются по возможности ограничиваться двумя фермами. Значительная ширина прохода при двух фермах с вздою по низу встрѣчается в построенном недавно в Парижѣ виадукѣ через стационные пути Орлеанской ж. д. для проложенія улицы Tolbiac, шириною 16 м. (7,52 с.) при наибольшей величинѣ средняго пролета в 60 м., и в Буда-Пештскомъ висячемъ мостѣ—с шириною в 20 м.

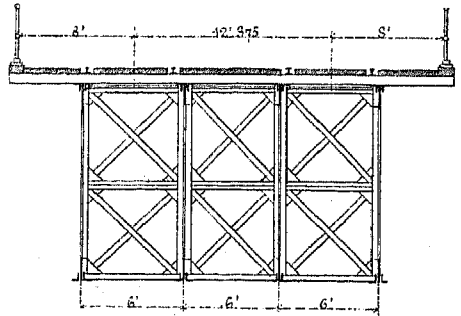


Рис. 56 (въ фут.).

В мостахъ подъ *железную дорогу* ширина моста опредѣляется числомъ путей и габаритомъ. Мостъ устраивается для одного или нѣсколькихъ путей. Иногда каждому пути соответствуетъ самостоятельная пара фермъ (рис. 56), два или три пути поддерживаются тремя или четырьмя фермами (рис. 57) или же нѣсколько путей, обыкновенно не болѣе двухъ, поддерживаются двумя фермами (рис. 58) или обратнo три, четыре фермы (рис. 59, 60) поддерживаютъ одинъ путь. Последнее расположеніе встрѣчается, напр., в деревянныхъ балочныхъ и подкосныхъ мостахъ и при металлическихъ низкихъ фермахъ. При двухъ фермахъ, какъ сказано выше, обыкновенно ограничиваются двумя путями; хотя имѣется примѣръ съ четырьмя путями (мостъ Charing Cross в Лондонѣ, шириною 49 ф. 4 д. при величинѣ пролета в 154 ф.), представляющій исключительный случай. Расстояніе между главными фермами зависитъ отъ того, устраивается ли мостъ съ вздою *по верху*, *по серединѣ* или *по низу*. В первомъ случаѣ и при устройствѣ моста подъ одинъ путь для малыхъ про-

летовъ до 3 — 5 саж. разстояніе между крайними фермами дѣлается не менѣе 6 ф., т. е. на 1 футъ болѣе разстоянія между внутренними гранями головокъ рельсовъ. Но такъ какъ при проходѣ поѣзда по мосту на послѣднемъ можетъ находиться дорожный сторожъ и проч., то, чтобы

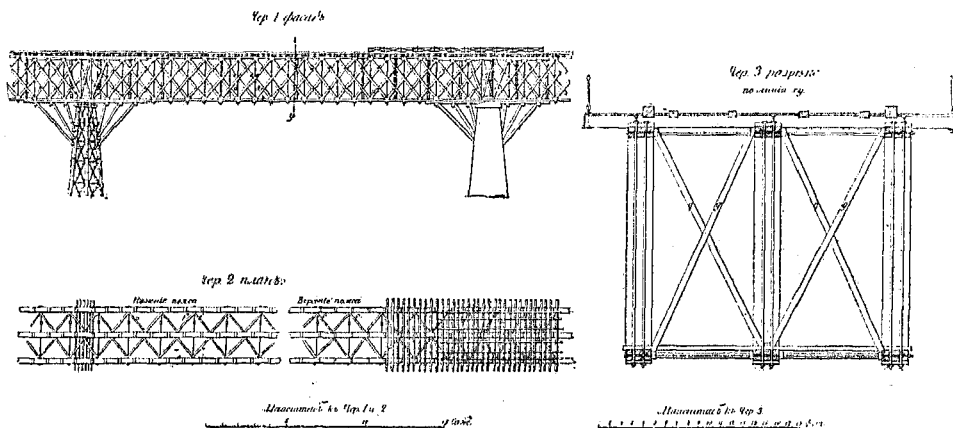


Рис. 57.—Бывшій Веревбинскій виадукъ на Николаевской ж. д.

дать возможность встать въ сторонѣ отъ поѣзда, ширина полотна между перилами, т. е. въ данномъ случаѣ длина нѣкоторыхъ нпаль дѣлается не менѣе 16 фут. Съ увеличеніемъ пролета разстояніе между фермами увеличивается для придачі пролетной части большей устойчивости отно-

сительно давленія вѣтра и проч. При достаточно высокнхъ опорныхъ стойкахъ разстояніе между фермами дѣлають около  $\frac{2}{3}$  высоты фермы, или около  $\frac{1}{15}$  пролета. Для той же цѣли вмѣсто уширенія полотна можно въ извѣстныхъ случаяхъ установить фермы въ наклонномъ положеніи или по косої плоскости, увеличивая до требуемаго предѣла разстояніе (по шири-

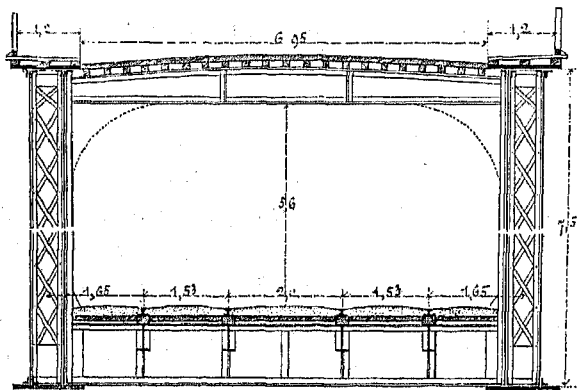


Рис. 58.—Мостъ черезъ р. Поѣвъ Италіи (въ метр.).

ринѣ) между опорными точками. Въ каменныхъ мостахъ этой же нормой опредѣляется ширина полотна между внутренними гранями парапетовъ, толщиной около 0,20 с. Въ мостахъ съ ѣздой по *серединѣ* и *по-низу* разстояніе между фермами зависитъ отъ габарита подвижнаго состава и предѣловъ приближенія къ постояннымъ устрой-



ствамъ (рис. 63 и 64), а также и отъ высоты фермъ, т. е. отъ величины пролета \*).

На основаніяхъ, изложенныхъ выше, *ширина полотна желѣзнодорожнаго моста, т. е. разстояніе между перилами или между парапетами при ѣздѣ по верху и разстояніе между фермами при ѣздѣ по серединѣ или по низу, дѣлается*

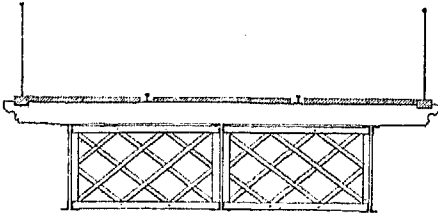


Рис. 59.



Рис. 60.

не меньше 16 футъ для одного пути и не меньше 28,5 ф. для двухъ путей. При большемъ числѣ путей ширина соотвѣтственно увеличивается. Ширина междупутія 1 саж. = 7 фут.

Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ имѣть въ виду, что въ желѣзнодорожныхъ мостахъ съ ѣздою по низу ширина должна быть такова, чтобы

Стойка № 1-3.

Стойка № 4-10.

Поперечный разрывъ.

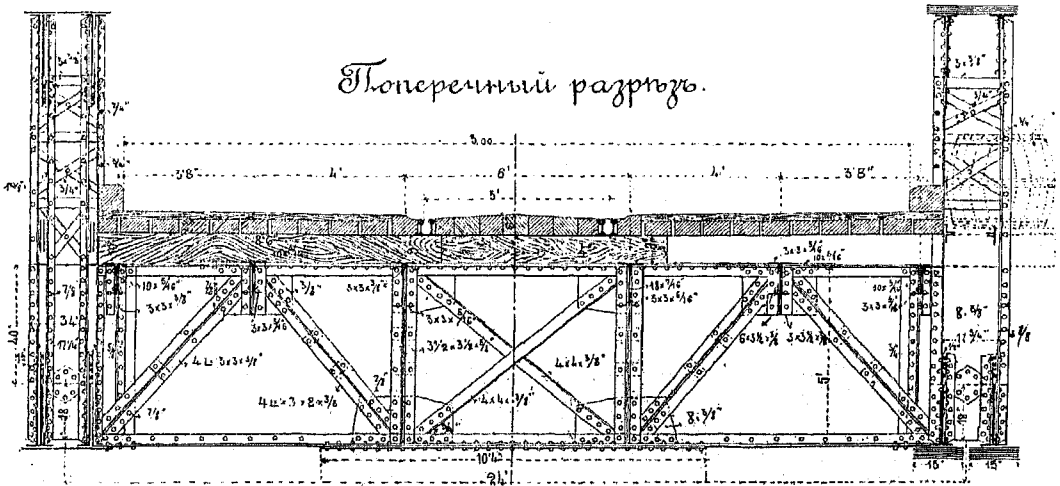


Рис. 61.—Мостъ черезъ р. З. Бугъ по Сѣдлецъ-Малкинской ж. д. (въ фут.).

при однообразной высотѣ фермы высота превосходила ширину не болѣе, какъ въ 2,5 раза, а при криволинейныхъ поясахъ съ значительной кривизной не болѣе, какъ въ 3 раза.

\*) Въ настоящее время поднять вопросъ объ измѣненіи очертанія габарита. Пока рѣшено уничтожить входящій уголь въ верхней части габарита, соединивъ наклонной линіей вершины двухъ угловъ, смежныхъ со входящимъ угломъ.



до 0,125 саж. = 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюйм. . . . . 0,657 саж. = 4,6 ф.  
 отъ 0,125 саж. = 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюйм. до 0,5 саж. = 3,5 ф. 0,90 саж. = 6,3 ф.  
 выше 0,5 саж. = 3,5 фут. . . . . 1,15 саж. = 8 ф.

Наименьшіе размѣры внутренней направляющей кривой сводовъ, тоннелей и мостовъ чрезъ желѣзную дорогу о двухъ путяхъ (рис. 64):

а) Высота пять свода надъ уровнемъ рельсовъ 1,2 саж. = 8,4 ф.

б) Радиусъ круга (при разстояніи между путями 7 футъ)... 2,034 саж. = 14,24 фута.

При употребленіи пологихъ арокъ и другихъ кривыхъ должно удовлетворять двумъ условіямъ: 1) чтобы разстояніе между устоями было не менѣе опредѣленнаго выше, и 2) чтобы направленіе кривой находилось внѣ показаннаго на рис. 64 предѣльнаго очертанія *А, В*.

Наименьшая высота чистаго проѣзда, надъ уровнемъ рельсовъ, подъ мостами чрезъ желѣзную дорогу, подъ верхними поперечными связями фермъ мостовъ съ проѣздомъ по нижней ихъ части, подъ сводами, стропилами или балками станціонныхъ здашій и навѣсовъ и проч.:

а) Каменными и металлическими 2,6 саж. = 18,2 фут.

б) Деревянными . . . . . 3 » = 21 »

Подкосы и другія связи деревянныхъ мостовъ и стропиль не должны выступать за предѣлы прямыхъ, проведенныхъ чрезъ точки *Д, Е, Ж*, взятыхъ на слѣдующихъ разстояніяхъ отъ ближайшаго пути, на высотѣ надъ рельсами (рис. 64):

*Д* . . . . 1,50 саж. = 10,5 фута . . . 1,15 саж. = 8 футамъ,

*Е* . . . . 2,60 » = 18,2 » . . . 0,90 » = 6,3 фута,

*Ж* . . . . 3 » = 21 футу . . . 0,50 » = 3,5 фута.

Наименьшая высота чистаго проѣзда въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу: 2,20 с.

Когда по мосту проходитъ каналъ, то послѣднему даютъ ширину, необходимую для прохода одной баржи, съ боку же располагаютъ бечевникъ шириною около 4'.

#### Продольный и поперечный уклоны мостового полотна.

*Продольный* уклонъ въѣздовъ на мосты подъ обыкновенную дорогу допускается не болѣе  $\frac{1}{30}$ . Обыкновенно дѣлаютъ уклонъ въ 0,02 и 0,01. Это правило нарушается только въ крайнихъ случаяхъ, ибо во время гололедицы въѣздъ дѣлается крайне затруднительнымъ. Для стока воды, кромѣ продольнаго уклона, даютъ мосту и поперечный уклонъ.

Предѣльныя крутости продольной профили моста должны быть сообразованы съ родомъ мостового настила. При досчатыхъ и асфальтовыхъ

покрытіяхъ, какъ при болѣе скользкихъ въ гололедицу, подъемы должны быть самые пологіе, затѣмъ слѣдуютъ настилы торцовые и накопецъ каменные мостовыя. Подъемъ располагаютъ по непрерывной кривой или по ломаной линіи. Между двумя длинными и крутыми кривыми, обращенными въ противоположную сторону, полезно включать горизонтальный участокъ. Если поверхность моста образуется двумя наклонными прямыми, то соединеніе этихъ прямыхъ производится параболическою кривою. Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу полотно дѣлаютъ обыкновенно горизонтальнымъ; въ исключительныхъ случаяхъ отступаютъ отъ этого, какъ напримѣръ на С.-Готардской горной желѣзной дорогѣ (черт. 21а), гдѣ уклонъ моста 0,026. Вообще же этого слѣдуетъ избѣгать, въ виду возможной необходимости тормаженія поѣзда на мосту, приче́мъ части фермы могутъ подвергнуться значительному напряженію.

По техническимъ условіямъ для магистральныхъ линій устройство мостовъ и путепроводовъ на уклонахъ допускается лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда общее отверстіе этихъ сооружений не превышаетъ 7 саж., или когда мостъ хотя и имѣетъ общее отверстіе болѣе 7 саж., но состоитъ изъ отдѣльныхъ пролетовъ длиною не болѣе 5 саж. каждый, приче́мъ фермы располагаются горизонтально, а необходимый уклонъ достигается частью увеличеніемъ толщины поперечинъ, частью приклепываніемъ подкладокъ подъ поперечины. При тѣхъ же условіяхъ постановка моста на закругленіи при совпаденіи съ уклономъ разрѣшается лишь при уклонѣ не свыше  $i = 0,006$  и при радіусѣ не менѣе  $R = 300$  с. или при иномъ соотвѣтственномъ сочетаніи уклона съ закругленіемъ.

*Поперечная* профиль моста подъ обыкновенную дорогу или горизонтальна, выпукла, или же вогнута.

Поверхность банкетовъ или тротуаровъ представляетъ въ сѣченіи прямую линію со скатомъ въ ту либо въ другую сторону. Для каменныхъ мостовыхъ наибольшій уклонъ 0,025—0,033.

Для деревяннаго настила употребляется меньшій уклонъ около 0,017. Наибольшій уклонъ для тротуаровъ 0,01.

Если желѣзнодорожный мостъ устраивается на кривой (чего во всякомъ случаѣ слѣдуетъ избѣгать), то наружному рельсу придаютъ возвышеніе, сообразное съ радіусомъ кривизны и предполагаемой наибольшей скоростью. Для моста подъ два пути оба внутренніе рельса и оба внѣшніе рельса устраиваются обыкновенно на одномъ уровнѣ.

Для малыхъ пролетовъ — до 4-хъ сажень, фермы и проѣзжая часть устраиваются часто такъ, какъ для прямого участка пути и затѣмъ всему мосту придаютъ необходимый поперечный уклонъ.

Въ мостахъ большихъ пролетовъ фермы устраиваются отвѣсно; поперечный же уклонъ достигается соответственнымъ расположениемъ частей проезжей части.

*Возвышеніе полотна фермъ надъ горизонтомъ высокихъ водъ.* Фермы должны быть настолько подняты надъ горизонтомъ высокихъ водъ, чтобы верхъ подферменной площадки балочныхъ фермъ или нижнее ребро подферменной площадки арочныхъ и подкосныхъ фермъ, а также на несудоходныхъ рѣкахъ и наиболѣе пониженная часть фермъ—возвышались надъ упомянутымъ горизонтомъ не менѣе 0,50 с.; въ исключительныхъ случаяхъ (малое возвышеніе уровня прилегающихъ улицъ надъ горизонтомъ водъ)—возвышеніе верха подферменной площадки балочныхъ фермъ или возвышеніе нижняго ребра подферменной площадки арочной фермы ограничиваются нормой 0,10 с. Въ случаѣ судоходныхъ рѣкъ разстояніе нижняго пояса балочныхъ фермъ или возвышеніе внутренней направляющей въ ключѣ арки надъ горизонтомъ высокихъ водъ должно быть сообразовано съ наибольшею высотой мачтъ, пароходныхъ трубъ, но во всякомъ случаѣ высота не должна быть менѣе 1,5 с. При очень высокихъ мачтахъ очевидно выгодиѣе устроить одинъ изъ пролетовъ съ подъемною или разводною пролетною частью или же ограничиться устройствомъ мачтоподъемныхъ приспособленій.

По техническимъ условіямъ для линий магистральнаго типа пролетныя части мостовъ отверстіемъ больше сажени должны быть на столько подняты надъ опорнымъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ, чтобы отъ верхней поверхности подферменнаго камня до этого уровня было не менѣе 0,50 с. Если ферма имѣетъ нижній поясъ, опущенный ниже верхней поверхности подферменнаго камня, низъ мостовыхъ фермъ долженъ быть поднятъ надъ этимъ уровнемъ на 0,50 с.

#### Собственный вѣсъ пролетныхъ частей моста.

Собственный вѣсъ на погонную единицу увеличивается вмѣстѣ съ пролетомъ. Для извѣстныхъ системъ и матеріаловъ составлены эмпирическія формулы собственнаго вѣса пролетной части на погонную единицу пути (железнодорожные мосты), или на квадратную единицу мостового полотна (мосты подъ обыкновенную дорогу), или на погонную единицу мостового полотна опредѣленной ширины.

Наиболѣе простой видъ этихъ формулъ:

$$p = Cl + F, \text{ гдѣ } C \text{ и } F$$

постоянные коэффиціенты; членъ  $F$  — независящій отъ пролета, выражаетъ собственный вѣсъ проезжей части, а  $Cl$  — вѣсъ главныхъ фермъ или главныхъ прогоновъ и связей. Слѣдовательно  $p$  — выражаетъ пол-

ный собственный вѣсъ на погонную единицу пути или на квадратную единицу площади мостового полотна.

Другой видъ формулы:

$$p = Cl + C'l^2 + F.$$

Объ формулы примѣняются къ фермамъ разныхъ типовъ и пролетовъ съ соответственнымъ измѣненіемъ коэффициентовъ.

Преимущественно же этими формулами выражается собственный вѣсъ пролетныхъ частей мостовъ съ фермами *балочной* системы.

Такъ напр.:

а) Для *деревянныхъ мостовъ съ фермами изъ сплошныхъ прогоновъ и подъ обыкновенную дорогу.*

$$p^{\text{кп.}} = Cl + F,$$

гдѣ  $p$  — вѣсъ пролетныхъ частей моста въ килограм. на кв. метръ мостового полотна;  $C = 11$ ;  $F$  — равняется отъ 150 кил. до 550 кил., смотря по тому, будетъ ли одиночный досчатый настилъ или настилъ съ щебеночнымъ слоємъ.

б) Для такихъ же *деревянныхъ мостовъ подъ желѣзную дорогу* — въ формулѣ  $p = Cl + F$ , выражающей въ данномъ случаѣ вѣсъ желѣза въ кил. на пог. метръ пути:  $C = 84$ ;  $F = 550$  кил.

в) Для *металлическихъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу*, вѣсъ металла въ пролетныхъ частяхъ на кв. метръ мостового полотна, считая за ширину полотна разстояніе между осями фермъ, выражается для пролетовъ отъ 10 до 100 метр. слѣдующими формулами:

1) для загородныхъ мостовъ съ двойнымъ досчатымъ настиломъ . . . . .  $p^{\text{кп.}} = 2,3l + 0,02l^2 + 105.$

2) для загородныхъ мостовъ съ щебеночнымъ слоємъ . . . . .  $p^{\text{кп.}} = 2,8l + 0,025l^2 + 125.$

3) для городскихъ мостовъ съ двойнымъ досчатымъ настиломъ . . . . .  $p^{\text{кп.}} = 2,7l + 0,021l^2 + 155.$

4) для городскихъ мостовъ съ щебеночнымъ слоємъ . . . . .  $p^{\text{кп.}} = 3,2l + 0,018l^2 + 170.$

5) для городскихъ мостовъ съ мостовой . . . . .  $p^{\text{кп.}} = 3,7l + 0,029l^2 + 180.$

Для консолей прибавляется въ 1) и 2) случаяхъ:  $p' = 2,3l + 60$  кил., а въ 3), 4) и 5) —  $p' = 2,7l + 80$  кил. на кв. метръ тротуара.

г) Для *металлическихъ мостовъ подъ однопутную желѣзную дорогу* вѣсъ желѣза въ пролетныхъ частяхъ моста въ пудахъ на пог. футъ пути выражается формулой,  $p = Cl + F$ , гдѣ  $C$  и  $F$  имѣютъ слѣдующія значенія:

## Мосты съ ѣздою понизу.

Пролетъ въ свѣту (саж.).	Погонный вѣсъ пролетнаго строенія моста.		Пролетъ въ свѣту (саж.).	Погонный вѣсъ пролетнаго строенія моста.		
	Для исчисления вѣса металлическихъ частей (пуд.).	Для исчисления постоянной нагрузки (пуд.).		Для исчисления вѣса металлическихъ частей (пуд.).	Для исчисления постоянной нагрузки (пуд.).	
<b>Мосты съ деревянною проѣзною частью.</b>						
1,00	0,748 l + 0,337	0,575 l + 7,34	7,00	0,282 l + 1,073	0,258 l + 8,27	
2,00	0,548 l + 0,631	0,485 l + 8,36	8,00	0,282 l + 0,819	0,261 l + 8,59	
3,00	0,435 l + 0,839	0,397 l + 8,53	10,00	0,269 l + 0,729	0,246 l + 9,15	
4,00	0,411 l + 0,829	0,372 l + 8,31	12,00	0,248 l + 0,889	0,222 l + 9,37	
5,00	0,365 l + 0,731	0,334 l + 8,64	15,00	0,246 l + 0,646	0,228 l + 9,42	
6,00	0,330 l + 0,771	0,306 l + 8,62	20,00	0,227 l + 0,805	0,211 l + 9,31	
<b>Мосты съ металлическою проѣзною частью.</b>						
20,00	0,222 l + 9,07	0,206 l + 17,07	40,00	0,271 l + 11,00	0,257 l + 18,00	
25,00	0,232 l + 10,37	0,216 l + 17,57	45,00	0,275 l + 11,75	0,265 l + 19,25	
30,00	0,248 l + 11,04	0,235 l + 19,74	50,00	0,285 l + 13,09	0,279 l + 22,09	
<b>Мосты съ ѣздою понизу.</b>						
4,00	0,333 l + 9,16	0,295 l + 16,16	40,00	0,254 l + 13,42	0,239 l + 21,92	
5,00	0,379 l + 13,48	0,347 l + 21,23	50,00	0,253 l + 13,00	0,242 l + 22,00	
10,00	0,244 l + 11,50	0,226 l + 19,76	21,387	$\left. \begin{array}{l} \text{Съ приспособле-} \\ \text{нью для про-} \\ \text{ѣзды въ нижней} \\ \text{части моста.} \\ \text{Двухъ-пру-} \\ \text{жный мостъ} \\ \text{съ акцианомъ} \\ \text{проѣзномъ} \\ \text{поверху.} \end{array} \right\}$	0,339 l + 21,31	0,332 l + 41,81
15,00	0,212 l + 10,37	0,194 l + 18,07	30,00		0,251 l + 13,47	0,231 l + 20,67
20,00	0,230 l + 11,87	0,215 l + 20,23	35,00		0,252 l + 16,37	0,236 l + 36,17
25,00	0,229 l + 11,94	0,217 l + 19,92				
30,00	0,221 l + 12,62	0,208 l + 20,52	37,50		0,401 l + 35,71	0,379 l + 56,71
35,00	0,235 l + 11,30	0,225 l + 18,30				

Нижеслѣдующая формула Шведлера, относящаяся къ фермамъ со сквозной стѣнкой, имѣетъ то преимущество, что она выражаетъ вѣсъ пролетныхъ частей на *пог. единицу пролета* въ зависимости отъ подвижной нагрузки, высоты фермы и коэффициентовъ прочнаго сопротивленія, а потому эти формулы могутъ быть примѣнены для *мостовъ подѣ желѣзную дорогу и подѣ обыкновенную дорогу* съ соответственнымъ только измѣненіемъ подвижнаго груза, исчисленнаго на *погонную единицу пролета*

и на всю ширину моста. Следовательно, если имеем железнодорожный мостъ подь одинъ или два пути, то  $k$  — есть очевидно подвижная нагрузка на погонную единицу одного или двухъ путей. Если же мостъ подь обыкновенную дорогу, то  $k = b \cdot n$ , гдѣ  $b$  — ширина моста,  $n$  — подвижная нагрузка на квадрат. единицу моста.

Пусть:

$p$ — собственный вѣсъ, включая и вѣсъ полотна	}	на погонную единицу пролета.
$k$ — подвижная нагрузка		
$F$ — вѣсъ проѣзжей части		
$l$ — величина пролета		
$h$ — высота фермы		
$R$ — коэффициентъ прочнаго сопротивленія	}	матеріала.
$\gamma$ — вѣсъ кубической единицы		
$\psi$ — конструктивный коэффициентъ,		

то для *разръзныхъ фермъ*:

а) съ параллельными поясами

$$p = \frac{FR + 1,22 \psi \cdot k \cdot \gamma \cdot l \left( \frac{l}{6h} + \frac{1}{2} \right)}{R - \psi \cdot \gamma \cdot l \left( \frac{l}{6h} + \frac{1}{2} \right)}$$

б) съ криволинейными поясами

$$p = \frac{4h F \cdot R + 1,11 \psi \cdot k \cdot \gamma (l^2 + \frac{8}{3}h^2)}{4h \cdot R - \psi \cdot \gamma (l^2 + \frac{8}{3}h^2)}$$

в) Для *неразръзныхъ фермъ*:

а) Средніе пролеты

$$p = \frac{F \cdot R + 1,95 \cdot \psi \cdot k \cdot \gamma \cdot l \left( 0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - \psi \cdot \gamma \cdot l \left( 0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}$$

б) Крайніе пролеты:

$$p = \frac{F \cdot R + 2,34 \cdot \psi \cdot k \cdot \gamma \cdot \left( 0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - 1,2 \cdot \psi \cdot \gamma \cdot l \left( 0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}$$

Если принять конструктивный коэффициентъ:  $\psi = 175$  и вѣсъ куб. метра желѣза:  $\gamma = 7,8$  тонны, то вышеприведенныя формулы замѣняются слѣдующими:

Разръзные фермы:



а) съ параллельными поясами:

$$p = \frac{F \cdot R + 16,65 \cdot k \cdot l \left( \frac{l}{6h} + \frac{1}{2} \right)}{R - 13,65 \cdot l \left( \frac{l}{6h} + \frac{1}{2} \right)}$$

б) съ криволинейными поясами:

$$p = \frac{F \cdot Rh + 3,79 \cdot k \left( l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)}{hR - 3,41 \left( l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)}$$

Неразрѣзныя фермы:

а) Средніе пролеты:

$$p = \frac{F \cdot R + 26,62 \cdot k \cdot l \left( 0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - 13,65 \left( 0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}$$

б) Крайніе пролеты:

$$p = \frac{F \cdot R + 31,94 \cdot k \cdot l \left( 0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - 16,38 \cdot l \left( 0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}$$

Въ этихъ формулахъ — все выражено въ *тоннахъ* и въ *метрахъ*.

Если бы въ вышеприведенныя общія формулы вставить вмѣсто  $\gamma$  не 7,8 тонны, а  $\gamma = 0,6$  тонны, т. е. вѣсь куб. метра дерева, то получилась бы формула для опредѣленія собственнаго вѣса пролетныхъ частей *деревяннаго* моста, какъ подь *жельзную*, такъ и *обыкновенную* дорогу.

*Вѣсь деревянныхъ арочныхъ* пролетныхъ частей можетъ быть опредѣленъ приблизительно по формуламъ, даннымъ для балочныхъ фермъ.

Вѣсь пролетныхъ частей моста съ *металлическими арочными* фермами *подь жельзную дорогу* опредѣляется по формулѣ:

$p = 25 l + 550$  кил. на пог. метр. пути, а вѣсь пролетныхъ частей моста съ такими же фермами, но подь *обыкновенную* дорогу, можетъ быть выраженъ въ тоннахъ на квадратный метръ полотна:

$$p = 0,0106 \cdot l + 0,925 \text{ для мостовъ съ каменной мостовой и}$$

$p = 0,00706 \cdot l + 0,340$ —для мостовъ съ двойнымъ досчатымъ настиломъ.

По Krohn'у имѣемъ слѣдующія формулы для опредѣленія полнаго вѣса арочныхъ фермъ, включая и мостовое полотно:

I. Арка съ тремя шарнирами:

$$p = \frac{6hR \cdot F + 1,85 \psi \cdot k \cdot \gamma (3l^2 + 4h^2)}{6hR - \psi \gamma (3l^2 + 4h^2)}$$

II. Арка съ двумя шарнирами:

$$p = \frac{6hR \cdot F + 1,55\psi \cdot k \cdot \gamma \left( 3l^2 + 4h^2 + 1,43\alpha \frac{dl^2}{hR - \alpha d} \right)}{6hR - \psi\gamma \left( 3l^2 + 4h^2 + 2\alpha \frac{dl^2}{hR - \alpha d} \right)}$$

III. Арка съ задѣланными пятнами:

$$p = \frac{6hR \cdot F + 1,3\psi \cdot k \cdot \gamma \cdot \left( 3l^2 + 4h^2 + 3,66\alpha \frac{dl^2}{hR - 2\alpha d} \right)}{6hR - \psi\gamma \left( 3l^2 + 4h^2 + 4,33\alpha \frac{dl^2}{hR - 2\alpha d} \right)}$$

Въ приведенныхъ формулахъ:

$p$  — собственный полный вѣсъ въ тоннахъ на погонный метръ пути;

$k$  — подвижная нагрузка въ тѣхъ же единицахъ;

$F$  — вѣсъ проѣзжей части въ тоннахъ;

$l$  — полудлина осевой линіи арки;

$h$  — стрѣла подъема;

$d$  — разстояніе между центрами тяжести обоихъ поясовъ арки въ ключѣ;

$R$  — допускаемое напряженіе въ тоннахъ на квадратный метръ;

$\gamma$  — вѣсъ кубической единицы металла (7,8—7,9 тоннъ);

$\psi$  — конструктивный коэффициентъ: 1,75;

$\alpha$  — коэффициентъ, зависящій отъ коэффициента упругости, отъ расширения металла при измѣненіи температуры и проч.

Для желѣза . . . . .	$\alpha = 7000$
» чугуна . . . . .	$\alpha = 3400$
» стали . . . . .	$\alpha = 8000$

если принять за единицы метръ и тонну.

Вѣсъ каменныхъ арочныхъ мостовъ—составляетъ около 5600 килогр. на пог. метръ пути желѣзнодорожнаго моста и около 800 килогр. на кв. метръ полотна моста подѣ обыкновенную дорогу.

Подвижная нагрузка для мостовъ подѣ обыкновенную дорогу.

Для расчета проѣзжей части (т. е. настила, консолей, продольныхъ и поперечныхъ балокъ) принимаютъ или: 1) сплошную нагрузку въ 560 килограммовъ на квадратный метръ, т. е. 3 пуда на 1 квадратный футъ, или 2) нагрузку отъ самыхъ тяжелыхъ фуръ, которыя могутъ проходить по мосту.

Для обыкновенныхъ шоссежныхъ мостовъ можно принять наиболѣе тяжелую фуру (показанную на рис. 65) шириною 2—2,5 метра.

На шоссе, вблизи больших городов, где можно предположить перевозку тяжелых паровиков и проч., типом тяжелой фуры может служить рис. 66. По Винклеру нагрузку самой тяжелой фуры следует принять в 10 тонн на ось.

Для конножелезных дорог можно также принять давление на ось в 10 тонн.

Если мост не велик, менее 20 метров, то для расчета *усилий в главных фермах* следует по средине моста поместить одну тяжелую фуру, по бокам (если позволяет ширина) две менее тяжелые, а остальную часть моста предположить нагруженной толпой людей в 400 килограммов на кв. метр.

Если пролет больше 20 метров, то принимают по всему мосту равномерную сплошную нагрузку в 400 килограммов на квадратный метр для расчета главных ферм, т. е. около 2,25 пуд. на кв. фут полотна.

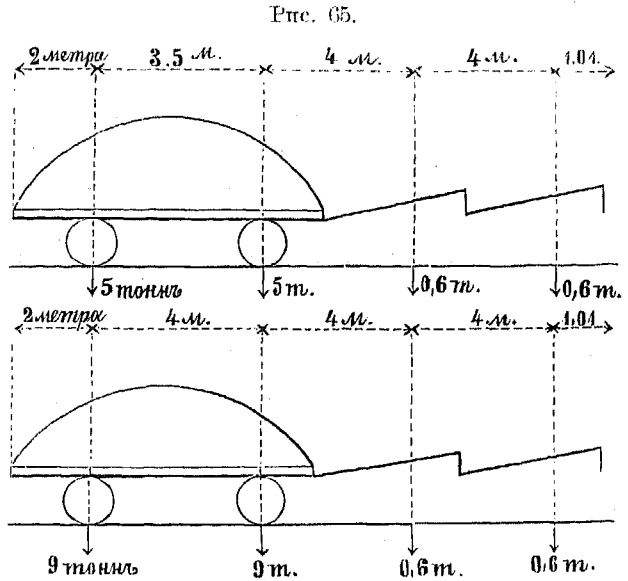


Рис. 66.

Для пешеходных и скотопрогонных мостов принимается нагрузка в 400 килограммов на квадратный метр; для бичевников вне городов с малым проездом — 150 килограммов, а в городах 400 килограммов на квадратный метр.

Бывшим Департаментом Шосс. и Вод. Сообщений Министерства Пут. Сообщ. рекомендованы следующие временные нагрузки.

Временная нагрузка предполагается или в виде грузовых экипажей, в виде сплошной толпы людей, или в виде возможной совокупности толпы и экипажей, смотря по тому, какое из этих предположений дает наибольшее напряжение материала. Нагрузка от толпы людей принимается равной 2,5 пуда на кв. фут поверхности моста (правильнее было бы считать 3 пуда). Наибольший же вес грузовых экипажей устанавливается в зависимости от положения и материала моста. На шоссежных дорогах без тяжелого грузового движения за самый тяжелый экипаж принимается четырехколесная фура

вѣсомъ 300 пуд., длиною 2,3 саж., шириною 1,2 с., съ разстояніемъ между осями въ 1,3 с., а между колесами—въ 0,6 с. Взаимное разстояніе такихъ фуръ въ направленіи ихъ движенія (для помѣщенія запряжки)—1,3 с., а наименьшее разстояніе между краями двухъ продольныхъ рядовъ фуръ 0,1 с. На дорогахъ съ тяжелымъ грузовымъ движеніемъ самымъ тяжелымъ экипажемъ считается фура вѣсомъ 500 пуд. длиною 3 с., шириною 1,3 с., съ разстояніемъ между осями въ 1,5 с., а между колесами въ 0,65 с. Взаимное разстояніе въ направленіи движенія 3,1 с., а наименьшее разстояніе между краями двухъ продольныхъ рядовъ фуръ—0,1 с. При обыкновенныхъ величинахъ продольныхъ уклоновъ—для неремѣщенія фуръ перваго типа нужно не менѣе 4 лошадей, а для втораго типа не менѣе 8 лошадей. Для расчета деревянныхъ мостовъ примѣняется, смотря по мѣстнымъ условіямъ, первый или второй типъ; для расчета же желѣзныхъ мостовъ—только второй типъ.

**Подвижная нагрузка для желѣзнодорожныхъ мостовъ.**

Поперечины, продольныя и поперечныя балки рассчитываются относительно наибольшаго давленія отъ колесъ паровоза, при чемъ для продольныхъ и поперечныхъ балокъ слѣдуетъ найти для cadaго даннаго случая самое невыгодное расположеніе колесъ паровоза.

Въ виду возможности прохода чужого подвижнаго состава по данной дорогѣ, слѣдуетъ вообще рассчитывать мосты относительно наиболѣе тяжелаго изъ употребительныхъ типовъ. Наибольшая нагрузка на ось паровоза доходить въ нынѣ существующихъ типахъ до 15 и даже до 20 тоннъ.

Циркуляромъ Министерства Путей Сообщенія отъ 15-го января 1896 г. за № 753 предписано принимать въ основаніе расчетовъ усилій въ составныхъ частяхъ фермъ и проѣзжей части желѣзнодорожныхъ мостовъ нижеуказанные типы вагона, тендера и паровоза (рис. 67а, 67б, 67в).

(Мѣры выражены въ метрахъ и тоннахъ).

Поѣздъ предполагается составленнымъ изъ двухъ паровозовъ съ тендерами и вагонами, расположенными наименеевыгоднѣйшимъ образомъ. Паровозы могутъ быть поставлены въ поѣздѣ врозь или рядомъ съ трубами въ одну сторону или обращенными одна къ другой. Вагоны могутъ стоять впереди и сзади cadaго паровоза. Необходимо имѣть въ виду возможность разрыва нормальнаго поѣзда *въ одномъ мѣстѣ* и нахожденіе въ нормальномъ поѣздѣ порожнихъ вагоновъ (неразрѣзныя фермы).

Въ близкомъ будущемъ предполагается ввести для расчета условій новую схему желѣзнодорожнаго поѣзда. Паровозъ предполагень о пяти осяхъ съ нагрузкой на ось въ 20 тоннъ при взаимномъ разстояніи

между осями въ 1,5 метр. и при разстояніи обонхъ буферовъ отъ крайнихъ осей въ 1,5 метр. Тендеръ — четырехосный съ нагрузкой на ось въ 14 тоннъ, при взаимномъ разстояніи между осями въ 1,5 метр. и при разстояніи буферовъ отъ крайнихъ осей въ 2,5 метр. Вагонъ—четыреосный съ нагрузкой на ось въ 12 тоннъ при разстояніи въ 1,5 метр. между каждымъ изъ двухъ крайнихъ осей и въ 3 метр. между второй и третьей осью; разстояніе буферовъ отъ крайнихъ осей 1 метр., такъ что длина вагона  $1 + 1,5 + 3 + 1,5 + 1 = 8$  метр. Поѣздъ предположенъ со-

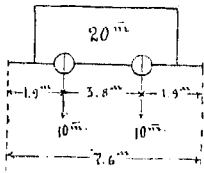


Рис. 67 а.

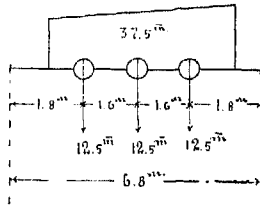


Рис. 67 б.

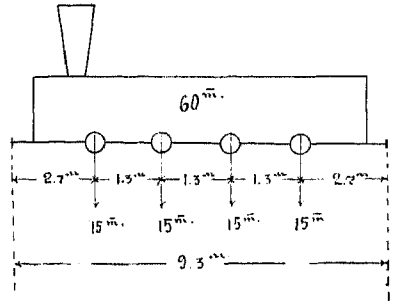


Рис. 67 в.

ставленнымъ изъ двухъ паровозовъ съ тендерами, поставленныхъ во главѣ поѣзда и изъ неопредѣленнаго ряда вагоновъ по одну сторону паровозовъ. Эквивалентныя нагрузки для поной схемы пока еще не опредѣлены.

При опредѣленіи усилій въ *продольныхъ и поперечныхъ балкахъ*, а равно въ *фермахъ малыхъ пролетовъ* необходимо сдѣлать два параллельныхъ расчета: одинъ въ предположеніи загрузки пролета вышеуказаннымъ поѣздомъ, а другой—въ предположеніи прохода отдѣльной оси съ давленіемъ на нее 20 тоннъ, и затѣмъ изъ двухъ предположеній выбрать наименее выгоднѣйшее.

Эта нагрузка, расположенная по всему пролету или части его можетъ быть замѣнена равнозначущей ей *сплошной* нагрузкой, равномерно распределенной по соответственной части пролета.

Вышеупомянутыя сплошныя нагрузки для моментовъ, опредѣленные для сѣченій на опорѣ и по серединѣ пролета, помѣщены въ нижериведенной таблицѣ. (См. стр. 80).

Для сѣченій, заключающихся между опорнымъ сѣченіемъ и сѣченіемъ близъ середины пролета, необходимо брать значенія нагрузокъ по интерполяции.

Что же касается нагрузокъ, отвѣчающихъ наибольшимъ положительнымъ (max.) значеніямъ вертикальныхъ силъ— $h'$  или наибольшимъ отрицательнымъ (min.) значеніямъ— $h''$  причемъ, при разръзныхъ фермахъ, должна быть загружена часть пролета отъ разсматриваемаго сѣченія до

наибольше удаленной и соответственно наименше удаленной опоры, — то значения нагрузок  $k'$  и  $k''$  не зависят въ данномъ случаѣ отъ величины пролета, а лишь отъ протяженія загруженной части.

Т А Б Л И Ц А

значеній эквивалентной нагрузки для моментовъ и перерѣзывающихъ усилий для прежней схемы по циркуляру 1896 года.

Здѣсь  $k_0$  и  $k_{\frac{1}{2}}$  — нагрузки для моментовъ близъ опоры и близъ середины пролета  $k_0'$  или  $k_{\frac{1}{2}}''$  — нагрузка для макс. положительн. перерѣзывающаго усилия на лѣвой опорѣ или для макс. отрицат. перерѣзывающаго усилия на правой опорѣ (рассматривая всегда лѣвую отсѣченную часть);  $k'$  или  $k''$  — нагрузка для перерѣзывающихъ усилий, для данной длины загруженной части пролета.

Въ тоннахъ на 1 пог. метръ пути.				Въ пудахъ на 1 пог. футъ пути.			
Пролеты для $k_0$ и $k_{\frac{1}{2}}$ и длина загруженной части для $k'$ или $k''$ .	$k_0 = k_0'$ или $k_{\frac{1}{2}}''$ .	$k'$ или $k''$	$k_{\frac{1}{2}}$	Пролеты для $k_0$ и $k_{\frac{1}{2}}$ и длина загруженной части для $k'$ или $k''$ .	$k_0 = k_0'$ или $k_{\frac{1}{2}}''$ .	$k'$ или $k''$	$k_{\frac{1}{2}}$
				Саж.			
1	30,000		30,00	0,47	560		560
2	20,250		15,00	0,93	376,65		230
3	17,000		12,38	1,40	316,20		240,46
4	15,375		12,75	1,87	282,98		238,04
7	12,367		11,02	3,28	230,03		205,74
9	10,630			4,22	195,71		
10	10,060		8,97	4,68	187,12		167,46
11	9,719			5,15	180,78		
13	9,178			6,09	175,14		
15	8,960	8,627	7,09	7,02	166,66	160,45	132,37
17	8,637	8,160		7,96	160,55	151,75	
20	8,228	7,875	6,75	9,30	153,02	146,47	126,02
21	8,126	7,857		9,84	151,13	146,14	
26	7,672	7,511		12,18	142,70	139,70	
30	7,325		6,46	14,00	136,24		120,60
40	6,738		6,15	18,72	125,31		
46	6,401			21,55	119,05		114,82
50	6,197		5,76	23,42	115,26		
54	6,010			25,30	111,75		107,53
60	5,761		5,41	28,11	107,16		
64	5,611			29,98	104,37		101,00
70	5,409		5,13	32,80	100,60		
76	5,234			35,61	97,34		95,77
80	5,126		4,89	37,48	95,34		
86	4,980			40,29	92,63		91,29
90	4,892		4,69	42,17	90,98		
96	4,770			44,98	88,72		87,56
100	4,696		4,51	46,85	87,35		
106	4,594			49,66	85,45		84,20
110	4,533		4,37	51,54	84,30		
120	4,392			56,22	81,98		81,58
130	4,270		4,14	60,91	79,42		76,29
150	4,071		3,89	70,28	75,72		72,62
170	3,915			79,65	72,81		
190	3,789			89,02	70,46		

Допускаемая напряженія матеріала.

*Дерево:* Для деревянныхъ частей фермъ системы Гау могутъ быть допущены слѣдующія напряженія:

Для сосны: сопротив.	вытягиван.	(въ поясахъ)	45	пуд.	на кв. дюйм.
»	»	сжатію (въ поясахъ).	20	»	»
»	»	сжатію (въ раскосахъ).	20	»	»
»	»	скалыванію	4	»	»
»	»	смятію при глубинѣ вруб-			
		ки въ 1 дюйм.	20	»	»
»	»	смятію при глубинѣ вруб-			
		ки въ 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> дюйм.	15	»	»
»	»	смятію по направленію			
		перпендикулярному къ			
		фибрамъ.	8	»	»
Для дуба: сопротив.	скалыванію.		6	»	»
»	»	смятію по направленію,			
		вдоль фибръ и перпен-			
		дикулярно къ нимъ.	15	»	»

Тѣ же коэффиціенты могутъ быть допущены и для деревянныхъ фермъ балочной и подкосной системъ, причемъ коэффиціентъ напряженія сосны при изгибѣ опредѣляется отъ 24 до 30 пуд. на квадрат. дюймъ.

Для дуба коэффиціенты сопротивленія растяженію, сжатію и изгибу могутъ быть приняты въ 1,25 отъ соответственныхъ коэффиціентовъ для сосны.

Въ настоящее время выработаны Министерствомъ Путей Сообщенія слѣдующія значенія допускаемыхъ напряженій:

Названіе породы лѣса.	Въ нудахъ на квадратный дюймъ.				
	Временное сопротивленіе.	Допускаемыя напряженія.			
		При непоср. растяженіи.	При непоср. сжатіи.	При изгибѣ.	При сжатіи поперекъ волоконъ.
Дубъ . . . . .	380	55	30	40	15
Хвойный лѣсъ высшаго качества . . . . .	320	45	25	30	8
Хвойный лѣсъ обыкновеннаго качества . . . . .	280	40	20	25	6

При опредѣленіи усилій отъ вертикальной нагрузки и вѣтра допускаемая напряженія можно увеличивать на 5 пуд. на кв. дюймъ.

Для временныхъ сооружений — эти нормы могутъ быть увеличены на 25%.

Допускаемое напряжение сжатію въ дугѣ арочной фермы составляетъ около 10 пуд. Такое незначительное напряжение объясняется тѣмъ, что вслѣдствіе искусственнаго изгиба брусевъ арки — матеріалъ и помимо нагрузки находится уже въ извѣстномъ напряженіи.

*Жельзо:* Опредѣляя сѣченія netto при вытягиваніи и при сжатіи, допускается:

а) Въ мостахъ менѣе 7 саж. отверстіемъ и въ мелкихъ частяхъ, подверженныхъ непосредственнымъ ударамъ:

Для вытягиванія и сжатія . . . . .	236 пуд. на кв. дюйм.
» перерѣзыванія въ заклепкахъ : . . . .	236 » » » »
» » въ заклепкахъ, соединяющихъ поперечныя балки съ фермами и продольныя балки съ поперечн. . . . .	200 » » » »
» разслаиванія вертик. стѣнокъ . . . . .	140 » » » »

б) Въ больш. мостахъ отверст. болѣе 7 саж.:

Для вытягиванія . . . . .	275 » » » »
» сжатія . . . . .	275 » » » »

в) Въ мостахъ со сквозной стѣнкой:

Въ поясахъ для вытягиванія . . . . .	285 » » » »
» » » сжатія . . . . .	285 » » » »
Въ раскосахъ и стойкахъ: для вытягиванія .	285 » » » »
» сжатія . . . . .	275 » » » »

г) Въ горизонтальныхъ и вертикальныхъ связяхъ:

Для вытягиванія и сжатія . . . . .	350 » » » »
» перерѣзыванія въ заклепкахъ . . . . .	295 » » » »

Нормы эти устарѣли и требуютъ пересмотра. По постановленію Инженернаго Совѣта (28 Августа 1896 г. № 133) разрѣшено было временно пользоваться (для Пермь-Котласской и Сибирской желѣзныхъ дорогъ) нижеприведенными формулами:  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,00 + 0,02l$  и  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,00 + 0,04l$ , а также назначеніемъ для пролетной части  $R = 6 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ , вмѣсто  $R = 6,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ . Въ приведенныхъ формулахъ  $l$  — расчетный пролетъ въ метрахъ.

Сообразуясь съ существующими сооружениями, слѣдуетъ упомянуть, что для болтовъ въ фермахъ системы Гау — допускается 250 пуд. или 180 пуд. на кв. дюйм., смотря по тому, одиночные или двойные болты. Для привѣсныхъ прутьевъ въ цѣпныхъ мостахъ допускается 75—135 пуд. на кв. дюйм., а въ звеньяхъ подвѣсной и удерживающихъ цѣпей 300—400 пуд.

*Литое жельзо.* Для литого желѣза выработаны у насъ въ недавнее время новые коэффиціенты допускаемаго напряженія, при чемъ прове-



дешь принципъ, что съ увеличеніемъ пролета коэффициентъ допускаемаго напряженія непрерывно увеличивается. Кроме того установлены двѣ нормы: одна низшая для литого желѣза съ временнымъ сопротивленіемъ въ  $35 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ , и другая высшая для желѣза съ временнымъ сопротивленіемъ не менѣе  $37 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ .

а) Въ *проъѣзжей части* мостовъ на *изгибъ*:  $R = 7 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  и  $7,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  въ зависимости отъ величины разрывающаго усилія въ  $35 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  или  $37 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ .

Въ *главныхъ фермахъ—на растяженіе* (основное напряженіе):

б) въ *поясахъ* и въ *частяхъ рѣшетки* при дѣйствіи вертикальной нагрузки:

$$R = (7,00 + 0,02 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

и 
$$R = (7,5 + 0,02 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

$$\left[ \text{но во всякомъ случаѣ не болѣе: } R = 10,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} \right],$$

гдѣ  $l$  — расчетный пролетъ въ метрахъ.

в) въ *поясахъ* при совмѣстномъ дѣйствіи вертикальной нагрузки и вѣтра:

$$R = (7 + 0,04 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

и 
$$R = (7,5 + 0,04 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

$$\text{но не болѣе: } R = 12,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

при чемъ опредѣленное отъ дѣйствія вѣтра усиліе прибавляется *полностью* къ усилію отъ вертикальной нагрузки:

г) въ *связяхъ*:

$$R = (7 + 0,04 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

и 
$$R = (7,5 + 0,04 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$$

$$\text{но не болѣе: } R = 12,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2};$$

д) въ *сжатыхъ* частяхъ, подвергающихся продольному изгибу; значенія допускаемыхъ напряженій опредѣляются изъ соответственныхъ допускаемыхъ напряженій на растяженіе (основныхъ напряженій) съ уменьшеніемъ таковыхъ въ зависимости отъ отношенія длины ( $l$ ) къ наимень-

шему радиусу инерции ( $\rho = \sqrt{\frac{J}{\omega}}$ ), определенному для сѣченія brutto. Длина ( $l$ ) должна быть сообразована съ условіями конструкціи. Такимъ образомъ:  $R' = \varphi \cdot R$ , гдѣ  $\varphi$  — указанный коэффициентъ уменьшенія.

е) въ сжато-вытянутыхъ частяхъ:

а) коэффициентъ допускаемаго напряженія на *вытягиваніе*:

$$R_1 = R \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{min. } S}{\text{max. } S} \right)$$

гдѣ  $R$ —соответственное основное напряженіе (пункты б, в, г); *min. S* и *max. S* — наименьшее и наибольшее разноименное усилие, которымъ подвергается рассматриваемая часть;

б) коэффициентъ допускаемаго напряженія на *сжатіе*:

$$R_1' = R \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{min. } S}{\text{max. } S} \right) \varphi,$$

гдѣ  $R$  и  $\varphi$  имѣютъ прежнія значенія. Коэффициентъ  $\frac{1}{2}$  можетъ быть замѣненъ коэффициентомъ  $\frac{1}{3}$ .

Такимъ образомъ, сѣченіе каждой *сжато-вытянутой* части должно одновременно удовлетворять двумъ условіямъ прочности, а именно: наибольшему *вытягивающему* усилию съ коэффициентомъ  $R_1$  и наибольшему *сжимающему* усилию съ коэффициентомъ  $R_1'$ .

ж) При провѣркѣ прочности вытянутыхъ, сжатыхъ и сгибаемыхъ частей поперечное сѣченіе считается netto.

з) Допускаемое напряженіе на скалываніе въ сплошныхъ балкахъ должно быть не болѣе 0,75 отъ основного напряженія, при чемъ во всякомъ случаѣ косое нормальное напряженіе въ стѣнкѣ не должно превосходить основного напряженія.

При определеніи величины скалывающихъ усилий, входяція въ составъ выраженія этого усилія значенія момента инерціи и статическій моментъ разрѣшается считать brutto.

и) Для перерѣзыванія заклепокъ (изъ сварочнаго желѣза):

а) для *вытянутыхъ и сжатыхъ частей*:

$$R_2 = 0,8 \cdot R,$$

гдѣ  $R$ —основное напряженіе (пункты: а, б, в, г), но не болѣе;  $R_2 = 7 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  при одной вертикальной нагрузкѣ и не болѣе:  $R_2 = 8 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  — при совмѣстномъ дѣйствіи вертикальной нагрузки и вѣтра.

б) для *сжато-вытянутыхъ частей*:

$$R_2 = 0,8 R_1, \text{ но не болѣе: } R_2 = 6 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2};$$

γ) для прикрѣпленія балокъ проѣзжей части между собою и къ главнымъ фермамъ:

$$R_2 = 5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}.$$

*Чугунъ:* Сопротивленіе раздробленію въ опорныхъ подушкахъ (доскахъ) допускается до 250 пуд. на кв. дюймъ, а въ цилиндрическихъ каткахъ 8—12 пуд. на кв. дюйм. сѣченія по диаметру. Коэффициентъ допускаемаго напряженія при изгибѣ составляетъ не болѣе 85 пуд. на кв. дюйм.

*Камни и каменная кладка:* Для подферменныхъ камней, напримѣръ песчаника, гранита, можетъ быть допущенъ коэффициентъ прочнаго сопротивленія раздробленію отъ 7 до 14 пудовъ на квадратный дюймъ; для кирпичной и бутовой кладки отъ 2 до 3 пудовъ; для бутовой кладки изъ крупныхъ камней 4—4,6 пудовъ; для бетона: 3—8 пуда въ зависимости отъ состава и качества бетона.

Дальпѣйшія подробности указаны въ курсѣ Строительной Механики.

*Грунты:* Въ существующихъ мостахъ напряженіе грунта подъ основаніемъ измѣняется отъ 2,24 килограмма до 7,69 на квадратный сантиметръ \*).

Среднее безопасное сопротивленіе обыкновеннаго грунта составляетъ на квадратный сантиметръ:

для наносныхъ грунтовъ . . . . .	1— 1,2 кил.	(0,4 — 0,5)	$\frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$
» песчано-глинистыхъ . . . . .	2— 3	» (0,8 — 1,2)	»
» твердо-глинистыхъ . . . . .	4— 5	» (1,6 — 2,0)	»
» твердо-глинистыхъ съ каменной подпочвой . . . . .	7—12	» (2,8 — 4,8)	»

Сопротивленіе искусственно уплотненнаго грунта составляетъ на квадратный сантиметръ при толщинѣ насыпнаго песчанаго грунта въ 2 метра .

при ростверкѣ . . . . .	2— 3	» (0,8 — 1,2)	»
при слоѣ бетона толщиной 1 метръ въ несжимаемомъ грунтѣ . . . . .	4— 5	» (1,6 — 2,0)	»
а при сжимаемомъ грунтѣ . . . . .	2,5	» (1,00)	»

при уплотненіи слабого грунта сваями, когда на каждые 0,6 квадратнаго метра приходится одна свая съ сопротивленіемъ 5000—7500 килограммовъ, допускается напряженіе на квадратный сантиметръ . . . . .

0,8— 1,2 » (0,32—0,48) »

\*) Напряженіе въ 1 кил. на кв. сант. соответствуетъ 0,398 пуд. на кв. дюймъ.

при сопротивленіи сваи въ 25000 кил.			
допускаемое напряженіе . . . . .	2— 4	»	(0,8 — 1,6) $\frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$
когда сваи забиты частокомъ, вплот-			
ную, допускается напряженіе. . . . .	4— 7	»	(1,6 — 2,8) »
при винтовыхъ сваяхъ въ песчаномъ			
грунтѣ . . . . .	8—12	»	(3,2 — 4,8) »

Чѣмъ глубже закладывается основаніе, тѣмъ большее напряженіе можетъ быть допущено, такъ напр. при заложеніи кессонныхъ въ грунтъ на глубину 6—8 саж. наибольшее напряженіе при сжатіи допускается для твердо-глинистыхъ грунтовъ около  $4,5 \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$ .

#### IV.

### Каменные опоры.

#### Береговыя опоры (устои).

Береговыя опоры называются устоями. Наружное очертаніе ихъ, а въ извѣстныхъ случаяхъ и система разрѣзки камней зависятъ какъ отъ различнаго способа сопряженія съ берегомъ или насыпью, такъ и отъ системы и назначенія моста.

По роду сопряженія съ берегомъ или насыпью всѣ устои можно раздѣлить на три типа:

1) съ обратными стѣнками (рис. 68—70);

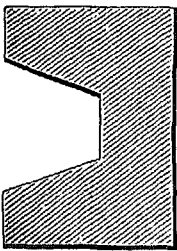


Рис. 68.

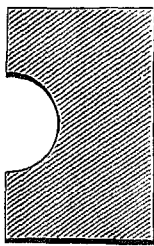


Рис. 69.

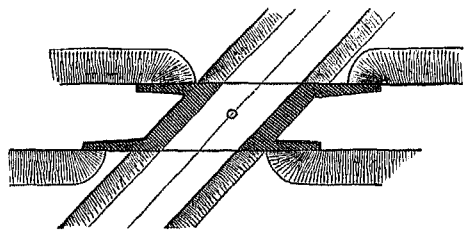


Рис. 70.

2) съ откосными крыльями, прямолинейными или криволинейными (рис. 71—75).

и 3) въ видѣ прямоугольнаго столба сплошнаго или съ пустотами (рис. 76).

Къ этому же типу слѣдуетъ отнести и устои, представляющіе въ планѣ два прямоугольника, соединенные иногда трапеціей (рис. 77 и 78).

Типъ устоя *съ обратными стѣнками* состоитъ изъ передней стѣнки и двухъ обратныхъ стѣнокъ, однообразной толщины при малой высотѣ

насыпи до 1,30 с. и переменной толщины (рис. 83а) при большей высоте; въ горизонтальномъ сѣченіи передняя стѣнка представляетъ прямо-

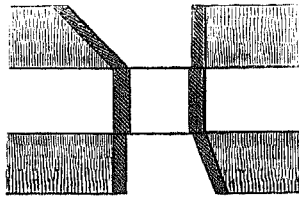
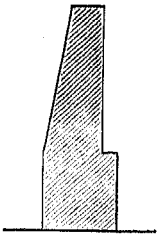


Рис. 71.

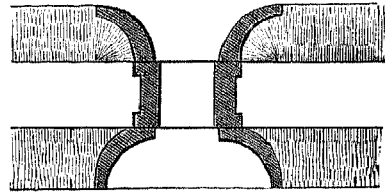


Рис. 72.

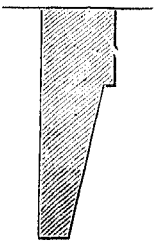


Рис. 73.

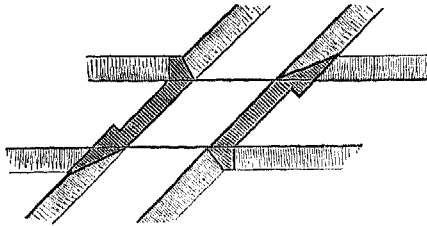


Рис. 74.

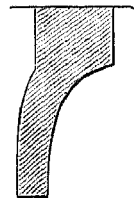


Рис. 75.

угольникъ или прямоугольникъ съ выступами (контрфорсами), а обратная стѣнка—большою частью трапецію (рис. 83b).

Часть устоя выше поверхности земли называется *тѣломъ* устоя (цоколь п стѣнка), а ниже этого уровня—*фундаментомъ* или *основаніемъ*.

При малыхъ отверстіяхъ до 2 с. включительно оба устоя выводятся на общемъ основаніи однообразной глубины; иногда для сбереженія кладки общая глубина заложенія основанія устоевъ со-

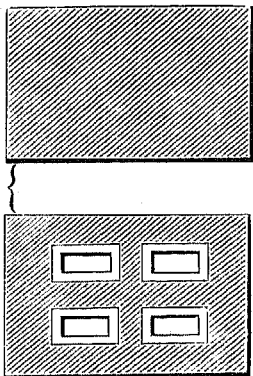


Рис. 76.

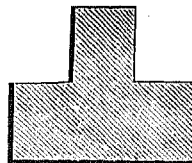


Рис. 77.

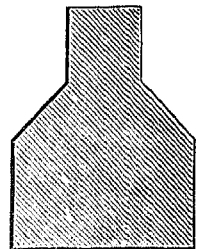


Рис. 78.

храняется въ предѣлахъ лотка лишь на протяженіи 0,50 с. (рис. 83') съ верховой и низовой стороны, а среднюю часть закладываютъ на глубинѣ 0,33—0,40 с., имѣя при томъ въ виду, чтобы подѣ стѣнками устоя въ сторону лотка глубокое заложеніе выступало въ плашѣ не менѣ какъ на 0,10 с. изъ-за очертанія тѣла устоя; верхняя часть лотка обдѣлывается въ видѣ

обратнаго свода. (Общимъ основаніемъ достигается еще другая цѣль—увеличивается масса опоры, обеспечивается перазмываемость лотка, что крайне существенно въ виду того, что при малыхъ отверстіяхъ возможныя непредвидѣнныя обстоятельства, возможныя ошибки при опредѣленіи отверстія оказываютъ болѣе ощутительное вліяніе на увеличеніе скорости, чѣмъ при болѣе значительныхъ отверстіяхъ). При отверстіи отъ 2 до 5 с. во избѣжаніе возможнаго сдвига устоевъ нерѣдко устраиваютъ между обоими устоями двѣ распорныя стѣнки толщиною не менѣе 0,66 с., заложеныя на глубинѣ фундамента и выведенныя до уровня лотка.

*Ширина передней грани устоевъ* находится въ зависимости отъ ширины мостового полотна. Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу она равняется ширинѣ мостового полотна съ прибавленіемъ съ каждой стороны отъ 2 ф. до 6 ф. на устройство парапета или карниза. Для желѣзнодорожныхъ мостовъ, устроенныхъ подъ одинъ путь и съ ѣздою по верху, наименьшая ширина передней грани 2 сажени, а для двухъ путей—4 сажени. Ширина эта увеличивается въ зависимости отъ разстоянія между фермами, измѣняющагося съ величиной пролета и съ устройствомъ пути по низу или по серединѣ. Обыкновенно назначаютъ край устоя отъ ребра подферменнаго камня на разстояніи не менѣе 0,25—0,30 с.

*Высота устоя*, не считая карниза, ограничивается обыкновенно уровнемъ верхней грани берега или насыпи, не включая при этомъ толщины мостовой или балластнаго слоя; иногда, впрочемъ, кладку устоя ведутъ выше, не доводя однако же до верхняго ребра мостовой или балластнаго слоя. Боковыя грани и нѣкоторая часть передней грани заканчиваются карнизомъ или парапетомъ.

*Длина боковыхъ граней устоя для типовъ (1) и (3)* опредѣляются слѣдующимъ образомъ, въ случаѣ сопряженія устоя съ насыпью и съ берегомъ: если высота устоя равна высотѣ насыпи, то длина верхней части обратной стѣнки типа (1) или боковой грани типа (3) равняется обыкновенно высотѣ насыпи, увеличенной на 0,20 — 0,40 саж.; т. е.  $h + (0,20 - 0,40 \text{ саж.})$ . Хотя насыпь имѣетъ уклонъ полуконусный, но для уменьшенія кладки въ устоѣ—ребру конуса въ плоскости стѣны придаютъ одиночный уклонъ, предупреждая возможность обвала конуса покрытіемъ поверхности его одеждой изъ дерна или камня. Такимъ образомъ, если насыпь возведена на горизонтальной площадкѣ, то основаніе конуса будетъ не четверть круга, а четверть эллипса. Если насыпь возведена на уклонѣ, то, построивъ направляющій эллипсъ съ полуосями равными  $\frac{3}{2} h$  и  $h$ , находятъ извѣстнымъ образомъ пересѣченія производящихъ конуса съ наклоннымъ естественнымъ грунтомъ, что и даетъ очертаніе конуса въ пересѣченіи съ естественнымъ грунтомъ.

Если же высота устоя болѣе высоты насыпи (напримѣръ при высокомъ берегу), тогда длина верхней части стѣпки устоя равняется  $h + (0,20—0,40 \text{ саж.})$ , увеличенной на длину горизонтальнаго заложения откоса берега (рис. 79).

При ширинѣ насыпи равной ширинѣ моста, первая производящая конуса находится въ плоскости стѣны устоя. Иногда же ширину моста дѣлаютъ менѣе ширины насыпи; тогда по обѣ стороны стѣпки устоя будетъ полоса наклонной плоскости, а затѣмъ уже начнется поверхность конуса. Верхнюю часть конуса одѣваютъ дерномъ, а основаніе его до горизонта высокихъ водъ, и даже нѣскольковыше, вымащиваютъ камнемъ, покрываютъ фашинной одеждой и т. п.

При сопряженіи съ естественнымъ берегомъ длина боковой грани устоя равна, по меньшей мѣрѣ, горизонтальной проекціи откоса берега, увеличенной на 0,20—0,40 саж.

*Длина откосныхъ крыльевъ типа устоевъ* (2), въ случаѣ сопряженія съ насыпью, находится въ зависимости отъ высоты насыпи. Если крыло доводится до нижняго ребра откоса насыпи, то проекція длины крыла на линію, перпендикулярную къ продольной оси полотна, равна  $\frac{3}{2}h$ , если  $h$ —высота насыпи. Иногда, впрочемъ, если высокія воды поднимаются значительно выше нижняго ребра насыпи, длина крыла дѣлается нѣсколько короче.

Обыкновенно верхнюю наклонную грань откоснаго крыла опускаютъ только до горизонта высокихъ водъ.

Если высокая вода не доходитъ до точки пересѣченія нижняго ребра откоса насыпи съ избраннымъ направлениемъ крыла, тогда верхнее ребро крыла доводятъ до этой точки ( $e, e'$ ) (рис. 81), причемъ конецъ крыла иногда заканчиваютъ прямоугольной, чаще косоугольной призмой, перекрытой пирамидой.

Въ случаѣ, когда высокая вода покрываетъ точку пересѣченія нижняго ребра откоса съ проектированнымъ направлениемъ (въ планѣ) крыла, послѣднее доводятъ только до точки откоса насыпи ( $d, d'$ ) (рис. 80), которая нѣсколько выше горизонта водъ. Затѣмъ даютъ крылу направление, параллельное оси полотна, и углубляютъ въ насыпь на столько, чтобы откосъ насыпи не выходилъ изъ-за ребра ( $d, d'$ ), во избѣжаніе стѣсненія живаго сѣченія. Для удобства стока воды верхней грани загнутой части крыла даютъ уклонъ, равный уклону откоса насыпи;

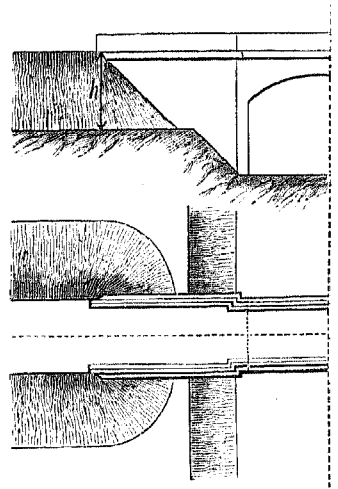


Рис. 79.

иногда же грань бывает и горизонтальная; вмѣсто остраго ребра ( $d$ ,  $d'$ ) дѣлають закругленіе (рис. 82).

При сопряженіи съ берегомъ, ограниченнымъ набережной, каменная кладка набережной сопрягается непрерывнымъ образомъ съ кладкою устоя.

Если же необходимая толщина устоя оказывается болѣе толщины набережной, какъ напр. въ арочныхъ мостахъ, то устоямъ, въ большинствѣ случаевъ, придають типъ (3), сопрягая кладку набережной съ кладкою устоя подъ прямымъ угломъ (черт. 14).

Въ случаѣ сопряженія устоя съ естественнымъ берегомъ преимущественно употребляется типъ (1) или (2); задняя грань устоя, въ верх-

ней части ея, вляется въ берегъ на 0,20—0,40 саж. съ постепеннымъ уширеніемъ къ низу. Если грунтъ берега каменный или какой-нибудь другой, очень твердый, основаніе устоевъ можно выводить съ обратными уступами (черт. 15).

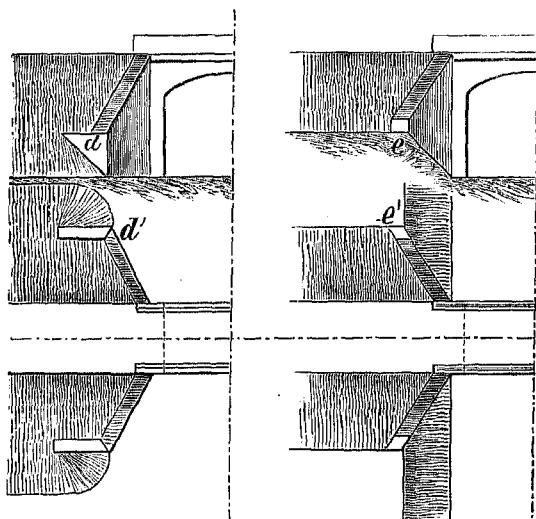


Рис. 80.

Рис. 81.

При сопряженіи устоя съ насытью употребляются безразлично всѣ три типа. Типъ (1) имѣетъ то преимущество, что лучше связываетъ насыпь съ устоемъ; но, съ другой стороны, при глинистыхъ и пучистыхъ грунтахъ, отъ распора земли между обратными стѣнками происходитъ отдѣ-

леніе боковыхъ стѣнокъ отъ передней стѣны; въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ или засыпать пространство между стѣнками пескомъ или другимъ хорошо пропускающимъ влажностъ грунтомъ, или же примѣнять типъ (3).

Для уменьшенія кладки въ устояхъ типа (3) иногда устраивають внутренніе колодцы (черт. 18). Дно этихъ колодцевъ слѣдуетъ закладывать на высотѣ нѣсколькой большей горизонта высокыхъ водъ, въ видахъ предупрежденія просачиванія воды во внутрь колодца. Для уменьшенія распора на стѣнки колодцы заполняются сухимъ пескомъ, щебнемъ или лучше тощимъ бетономъ. Верхъ колодцевъ покрывается хорошимъ бетономъ и слоемъ цемента съ общимъ скатомъ къ продольной оси устоя и къ задней стѣнкѣ устоя. Такъ какъ нельзя быть увѣреннымъ, что предохранительный слой изъ бетона или цемента навсегда прегра-



дять доступъ дождевой водѣ во внутрь колодца, то въ уровнѣ дна колодца оставляють въ боковыхъ стѣнахъ устоя отверстія съ выходомъ на конусъ.

Въ устояхъ типа (1) толщина передней и обратныхъ стѣнокъ—пере-  
мѣнная, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ основанію; измѣненіе  
толщины дѣлается обыкновенно горизонтальными уступами (рис. 83а).  
Постепенное уменьшеніе толщины обратной стѣнки въ одномъ и томъ же  
горизонтальномъ сѣченіи достигается или приданіемъ крылу въ планѣ  
формы трапеціи (рис. 83b) или же при помощи уступовъ (рис. 84) въ  
вертикальномъ направленіи, или  
устраиваются уступы по обоимъ на-  
правленіямъ (рис. 85). Если ширина  
устоя значительна, то для преду-  
прежденія выпиранія передней стѣн-  
ки отъ давленія грунта или отъ-  
распора арки, устраиваютъ между  
крайними боковыми стѣнками—про-  
межуточные стѣнки, контрфорсы и  
перекрываютъ ихъ сводами.

Наружная грань передней стѣн-  
ки дѣлается отвѣсной (рис. 83') или  
въ нижней части наклонной (рис.  
83''); послѣднее, если высота устоя  
не менѣе 1,75 с., предпочтительнѣе,  
такъ какъ увеличивается устойчи-  
вость при нѣкоторомъ сбереженіи  
матеріаловъ. Въ этомъ случаѣ тол-  
щину стѣнки можно дѣлать почти  
однообразной. Такъ напр., на Мо-  
сковско - Виндавской жел. дорогѣ  
(рис. 83'') уклонъ передней стѣнки

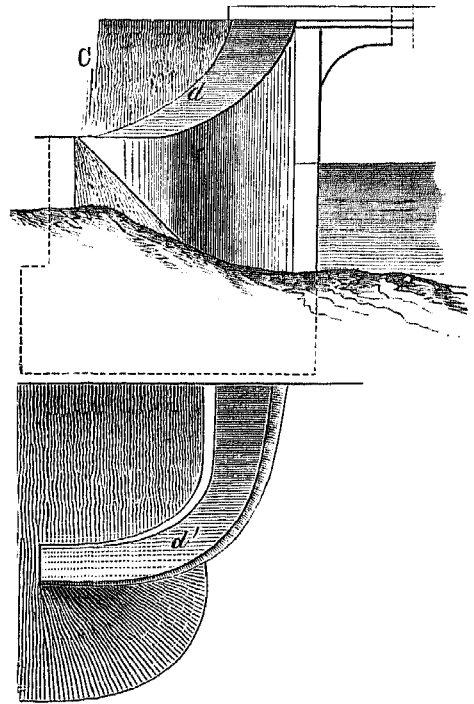


Рис. 82.

сдѣланъ въ нижней половинѣ ея на высотѣ  $0,4 h$ ; верхняя половина стѣнки  
имѣетъ отвѣсныя грани, при толщинѣ стѣнки ниже подферменнаго камня  
въ  $d = 0,65 \text{ с.} + 0,2 h$ , если высота насыпи до 2,5 с., и  $d = 0,4 \text{ с.} +$   
 $+ 0,3 h$  при насыпяхъ большей высоты. Наклонная часть стѣнки огра-  
ничена снаружи гранью съ уклономъ въ  $\frac{1}{4}$ , а сзади — съ уклономъ  $\frac{1}{8}$ ,  
такъ что толщина наклонной стѣнки въ плоскости обрѣза фундамента:

$$d' = d + 0,125 \times 0,4 h = d + 0,05 h.$$

Иногда при пологомъ очертаніи берега обратныя стѣнки выходятъ  
очень длинными и высокими; тогда устой замѣняется каменнымъ виаду-

комъ, т. е. состоитъ изъ двухъ устоевъ и ряда быковъ съ перекинутыми по нимъ арками (черт. 16, 17 и 21а). Въмѣсто арокъ часто помѣщаютъ металлическія фермы.

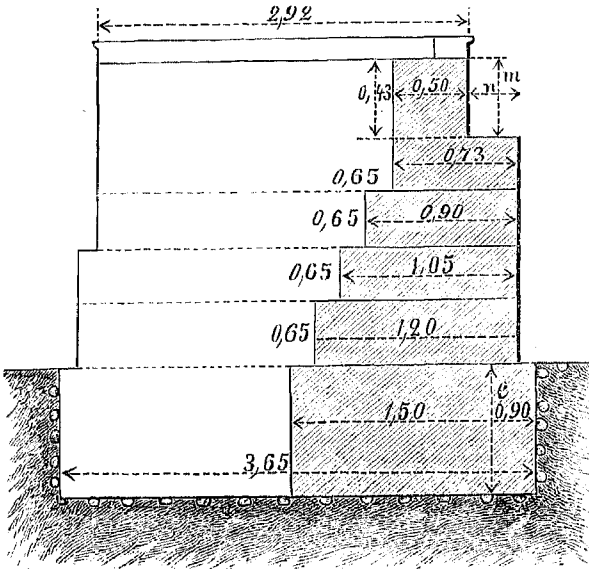


Рис. 83 а.

Устои типа (2) употребляются преимущественно въ тѣхъ случаяхъ, когда является необходимость ограничить насыпь по всей ея ширинѣ, когда грунтъ глинистый, пучистый, или когда опасаются за размывъ конусовъ при сильномъ теченіи. Наибольшее примѣненіе встрѣчается при устройствѣ трубъ подъ полотномъ дороги.

Откосныя крылья имѣютъ направленіе параллельное лицевой грани устоевъ, или же наклонное (расходящееся)

для постепеннаго сжатія струи. Передняя грань крыла дѣлается или отвѣсною, или наклонною (для большей устойчивости). Различные типы откосныхъ крыльевъ показаны на рис. 86.

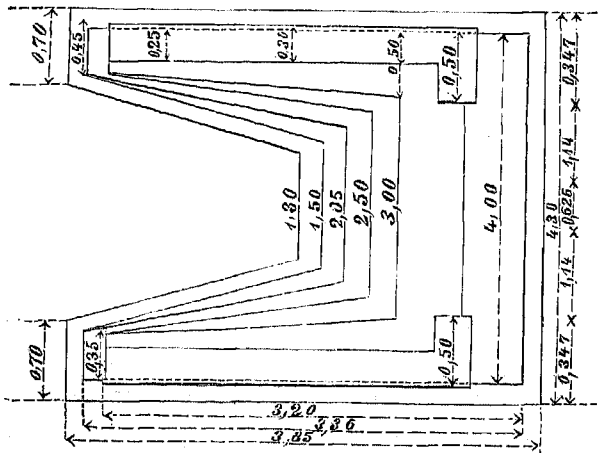


Рис. 83 б.

Для большей устойчивости прибавляютъ контрфорсыкъ задней поверхности крыльевъ и стѣнокъ устоя; это позволяетъ придавать меньшіе поперечные размѣры стѣнкамъ. Контрфорсы для лучшей взаимной связи соединяются прямыми и обратными сводами. Въ пучистыхъ грунтахъ лучше располагать крылья по кривой.

Во всѣхъ трехъ типахъ устоевъ передняя грань стѣнки дѣлается или вертикальною, или наклонною съ уклономъ около  $1/20$ ; послѣднее расположеніе имѣетъ преимущество въ отношеніи устойчивости; съ тою же цѣлью дѣлаютъ иногда наклонными—лицевыя грани обратныхъ стѣнокъ и откосныхъ крыльевъ.

При незначительномъ пролетѣ моста до 3 саж., въ виду затруднительности опредѣлить безошибочно необходимое отверстие, полезно оба устоя вывести на общемъ основаніи, оставляя, для сбереженія расходовъ, общую глубину заложения устоевъ, напр. въ 0,80 саж., лишь на протяженіи 0,50 саж. съ верховой и низовой стороны лотка и закладывая среднюю часть лотка на глубинѣ 0,33 саж.

Что касается эмпирическихъ правилъ, опредѣляющихъ поперечные размеры, слѣдуетъ замѣтить, что въ устояхъ типа (1) наименьшая толщина передней стѣнки, какъ подверженной непосредственному дѣйствію напора, дѣлается обыкновенно въ каждомъ горизонтальномъ сѣченіи не менѣе  $(0,4 - 0,6) h$ , гдѣ  $h$  — возвышеніе насыпи надъ рассматриваемымъ сѣченіемъ, при условіи, чтобы по верху толщина стѣнки была не менѣе 0,50 саж. Толщину обратной стѣнки въ плоскости сопряженія съ передней стѣнкой дѣлаютъ такой же толщины, какъ и передняя стѣнка; наименьшая толщина задней части стѣнки 0,30 саж. — 0,35 саж. по верху.

На рис. 83 показанъ устой такого типа для насыпи вышиною 3 сажени подѣ два пути, для моста пролетомъ четыре сажени съ ѣздой по верху.

Величины  $m$  и  $n$  опредѣляются для каждого случая отдѣльно въ за-

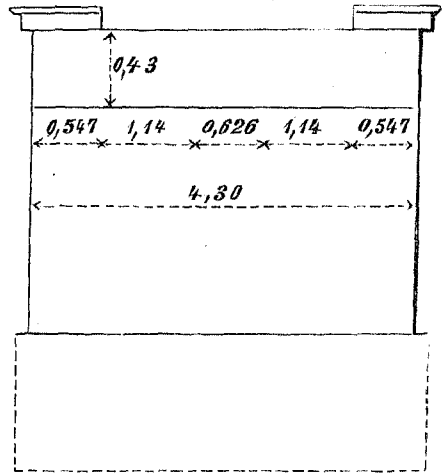


Рис. 83 с.

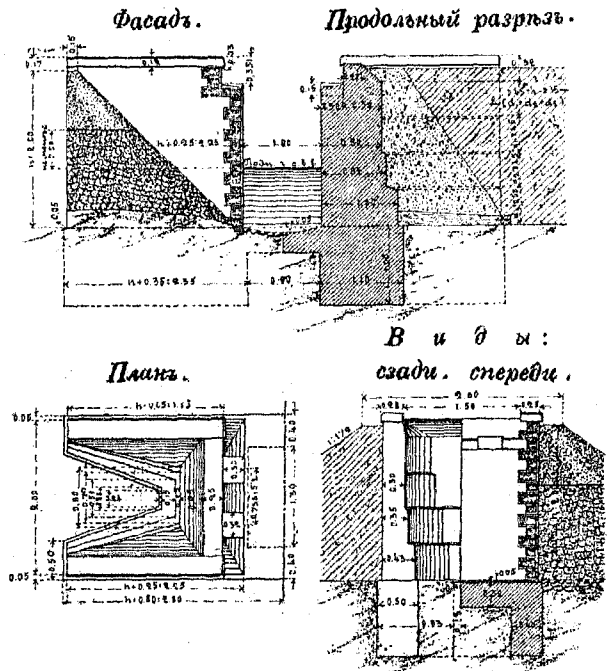


Рис. 83'.

висимости отъ размѣровъ желѣзнаго строенія и отъ расположенія проѣзжей части \*).

Подферменные камни вдѣлываются или заподлицо съ поверхностью передняго уступа, или, что лучше, — возвышаются надъ этой поверхностью; для удобства же стока дождевой воды — верхняя грань уступа, въ промежуткѣ между подферменными камнями, обдѣлывается съ уклономъ (черт. 15).

Подферменные камни имѣютъ форму параллелепипеда, приготовляются

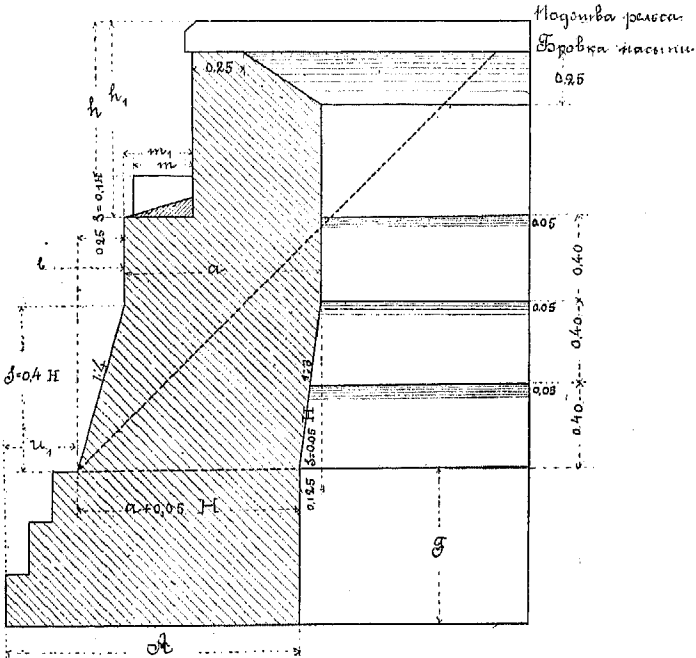


Рис. 83''.

изъ камней твердой породы и непосредственно принимаютъ на себя давленіе отъ пролетныхъ частей моста.

Для удержанія балласта, устой обносится вверху по боковымъ гранямъ и по передней, на нѣкоторомъ протяженіи, карнизомъ, шириною около 0,30 саж. и вышиною 0,25 саж. Карнизомъ обводится иногда и передняя грань устоя — на горизонтѣ нѣсколько ниже подферменныхъ камней — для обезпеченія лица кладки отъ появленія дождевыхъ потековъ.

Для удержанія же балласта со стороны передней грани — кладется на верхнюю площадку устоя брусъ, прикрѣпленный болтами къ каменной кладкѣ (черт. 19), или взамѣнъ бруса выводится тонкая каменная стѣнка.

\*) Уступы  $m$  и  $n$  не составляютъ, очевидно, принадлежности только этого типа.

Въ устояхъ типа (2) толщину крыла дѣлають равною (0,3 — 0,4)  $h$ . Если  $h$  довольно значительно, напримѣръ, болѣе 1 сажени, то толщину крыла постепенно уширяють къ основанію или ведутъ ее уступами.

Что касается размѣровъ стѣнокъ устоя типа (3) съ колодцами, обыкновенно придерживаются того правила, чтобы наименьшая толщина была не менѣе 0,50 саж. Толщину передней стѣнки на различныхъ высотахъ дѣлають отъ (0,4—0,5)  $h$  въ виду того, что эта стѣнка не подвержена непосредственно дѣйствию распора земли. Уступы ведутъ черезъ такіе промежутки, чтобы приращеніе толщины не превосходило 0,10—0,20 саж., что соотвѣтствуетъ высотѣ уступа 0,30—0,50 саж. Иногда, впрочемъ, отступаютъ отъ этого правила—ведутъ уступы черезъ 0,75 или даже 1,00 саж., дѣлая утолщенія на 0,10—0,15 саж., соблюдая при томъ, чтобы переменный коэффициентъ иигдѣ не былъ менѣе 0,4. Боковыя и заднія стѣнки дѣлають по верху 0,50 саж.

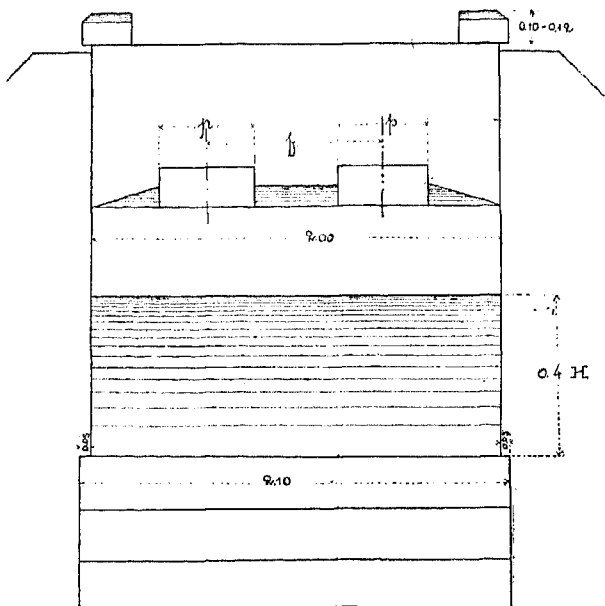


Рис. 83<sup>III</sup>.

и затѣмъ утолщаютъ на тѣхъ же горизонтахъ, какъ и передняя стѣнка. На чертежѣ 18-мъ показанъ устой для насыпи высоты 3,74 саж., для моста отверстіемъ 10 сажень, съ ѣздою по верху.

Если устой не длинный и не широкій, число колодцевъ можетъ быть уменьшено до двухъ или одного.

На чертежѣ 19-мъ показанъ устой моста [также типа (3)], имѣющій въ планѣ очертаніе двухъ прямоугольниковъ (устой съ однимъ хвостомъ); ѣзда по низу; высота насыпи 3,5 сажени.

Упомянемъ еще о нѣкоторыхъ специальныхъ типахъ устоевъ: обсыпныхъ, скрытыхъ и раздѣльныхъ.

*Обсыпные и скрытые устои* (culées perdues). Къ типу устоевъ-столбовъ слѣдуетъ отнести *обсыпные* устои, т. е. такіе устои, длина коихъ менѣе горизонтальнаго заложенія откоса насыпи, вслѣдствіе чего часть земляной отсыпи (конуса) располагается впереди устоя. Если эта отсыпь

подвергается дѣйствию проточныхъ водъ, то она должна быть очень тщательно укрѣплена и требуетъ постояннаго надзора, во избѣжаніе обвала насыпи вслѣдствіе размыва нижней части конуса. Кромѣ того, если размѣры устоя рассчитаны съ принятіемъ во вниманіе распора отсыпи, то

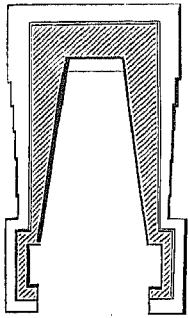


Рис. 84.

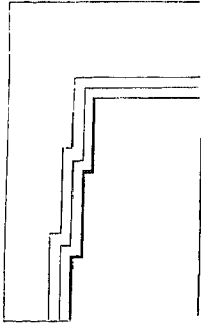


Рис. 85.

при размывѣ послѣдней устойчивость можетъ быть значительно понижена. При такихъ условіяхъ типъ этотъ нельзя рекомендовать. (По этому типу построены устои моста черезъ р. Бугъ на Варшаво-Тереспольской ж. д.).

Если же обсыпка не можетъ быть смыта или сползти и т. д., то примѣненіе обсыпныхъ устоевъ не встрѣчаетъ возраженій. На Моск.-Виндавской жел. дор. примѣнены обсыпные устои при высотѣ насыпей болѣе

5 саж., при чемъ имъ придано приблизительно то же очертаніе, какъ и передней стѣнкѣ устоя, изображеннаго на рис. 83". Лицевая сторона на высоту до  $0,4 H$  имѣетъ уклонъ  $\frac{1}{4}$ . Задняя сторона сдѣлана съ уклономъ въ  $\frac{1}{16}$  или вертикально. Толщина сверху опредѣлена по формулѣ:  $d = 0,525 с. + 0,275 H$ , а внизу въ первомъ случаѣ по формулѣ:

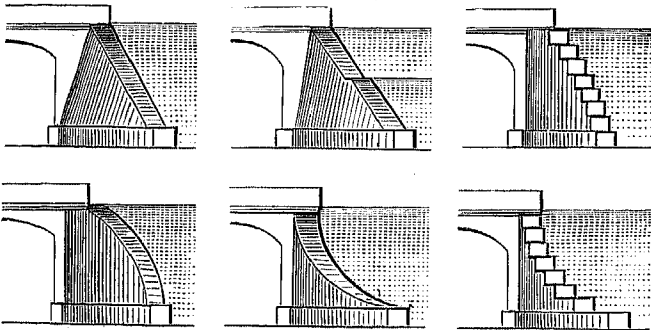


Рис. 86.

$d = 0,525 с. + 0,35 H$ , а во второмъ:  $d = 0,525 с. + 0,375 H$ .

Того же характера такъ называемые *скрытые* устои (*culées perdues*), когда опоры пролетной части скрыты въ естественномъ грунтѣ. Этотъ типъ опоръ встрѣчается преимущественно въ каменныхъ или бетонныхъ арочныхъ мостахъ, въ которыхъ пяты заложены на уровнѣ поверхности земли и не имѣется видимой опоры.

*Типы раздѣльныхъ устоевъ.* Если насыпь довольно высокая или берегъ пологій, то длина устоевъ получается очень значительная; если еще

при этомъ во избѣжаніе подмыва основаніе устоя приходится закладывать на значительной глубинѣ, то объемъ кладки въ устоѣ выходитъ чрезмерно большимъ. Въ такихъ случаяхъ для уменьшенія расходовъ дѣлаютъ устои *раздѣльными*, т. е. составляютъ его по длинѣ изъ двухъ независимыхъ частей, хотя рядомъ расположенныхъ, по заложенныхъ на отдѣльныхъ основаніяхъ и на разныхъ глубинахъ рис. 86 и 87. Передняя часть, подверженная дѣйствию только вертикальной нагрузки (въсь пролетныхъ частей и подвижного груза), можетъ быть слѣлана незначительныхъ поперечныхъ размѣровъ (по типу быковъ) и, въ зависимости отъ размыва, опущена на большую глубину. Задняя часть заклады-

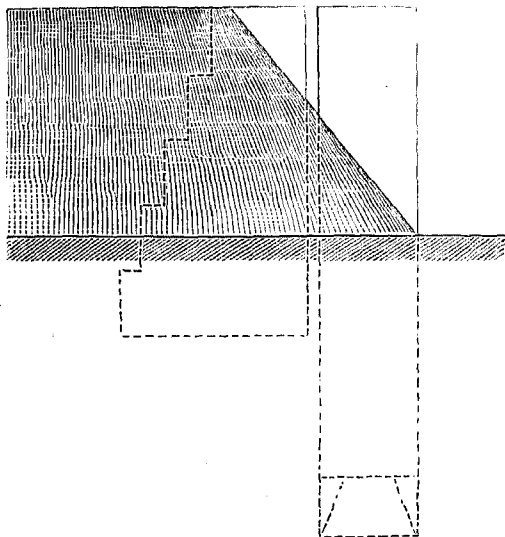


Рис. 87.

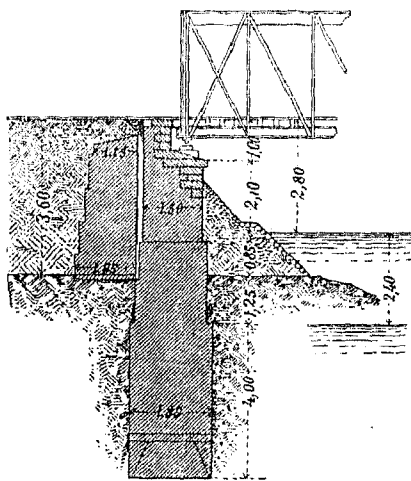


Рис. 87 а.

вается на меньшей глубинѣ и дѣлается такой длины, какъ того требуетъ высота насыпи. Кроме того, эта часть устоя, принимающая на себя непосредственно распоръ земли, понижаетъ точку приложешія этого послѣдняго на переднюю часть устоя.

На рис. 87 показанъ устой моста чрезъ р. Припять на Полѣвскихъ жел. дор., соединяющій въ себѣ типъ обсыпного и раздѣльнаго устоевъ. Передняя часть выведена на кессонѣ, а задняя, приставная — непосредственно на грунтѣ. Примѣненіе здѣсь обсыпного устоя не вполне умѣстно.

На рис. 88 показанъ устой моста чрезъ р. Днѣпръ на Лунинецъ-Гомельской ж. д. — раздѣльнаго типа, при чемъ задней части дана такая длина, что конусъ не выходитъ изъ-за лица устоя, что по сравненію съ предыдущимъ примѣромъ рациональнѣе.

Непосредственное примыканіе задней части устоя къ передней, при недостаточныхъ размѣрахъ приставки или при ненадежномъ основаніи, мо-

жетъ вызвать наклоненіе ея на переднюю часть. Въ виду сего нерѣдко заднюю часть отставляютъ отъ передней (рис. 89) и перекрываютъ образующіея пролетъ фермами. Раздѣльные устои представляютъ еще ту выгоду, что при высокой насыпи оказывается возможнымъ избѣжать необходимости примѣнять высокіе устои съ длинными обратными стѣнками, такъ какъ для задней части можетъ быть примѣненъ типъ обсыпного устоя (рис. 89); передняя же часть устраивается по типу быка.

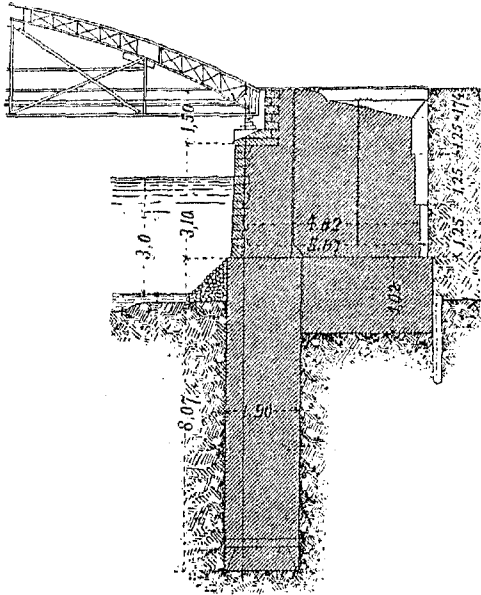


Рис. 88.

однако, слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы вода не могла проходить въ промежуткѣ между обсыпнымъ устоемъ и быкомъ и размывать обсыпку. Съ этою цѣлью, если горизонтъ воды поднимается не высоко, устраиваютъ щебеночную засыпку съ пологими скатами въ обѣ стороны; при болѣе значительномъ поднятіи горизонта всегда устраиваютъ между быкомъ-устоемъ и обсыпнымъ устоемъ или при скалистомъ берегу между быкомъ-устоемъ и берегомъ — стѣнку, толщиной 0,50 с. до 1,00 с., основанную на грунтѣ или на сваяхъ и возвышающуюся надъ горизонтомъ весеннихъ водъ не менѣе, какъ на 0,50 саж.

На рис. 89 показанъ устой моста чрезъ р. Десну на Гомель-Брянской дорогѣ. Задняя приставка отставлена на 3 саж. отъ передней части, основанной на кессонѣ. Конусъ насыпи располагается въ предѣлахъ между быкомъ-устоемъ и береговымъ устоемъ. Во избѣжаніе размыва конуса, промежутокъ между обоими устоями засыпанъ нѣсколько выше уровня весеннихъ водъ землей, гдѣ устроена проѣзжая дорога. Безопаснѣе было бы устроить между ними соединительную тонкую поперечную стѣнку.

*Типы укрѣпленія основанія устоевъ для предохраненія отъ подмывовъ и типы укрѣпленій входныхъ и выходныхъ лотковъ.* Для защиты основанія устоевъ отъ подмывовъ впереди устоя дѣлается отсыпь изъ крупныхъ камней, на слоѣ мелкаго камня; полезно дать отсыпи такую профиль, чтобы она представляла горизонтальную площадку, шириною не менѣе 1,5 с. съ пологими откосами; кромѣ того располагается тяже-



лый фашинный тюфякъ, нагруженный камнемъ, при чемъ тюфякъ прижимается иногда ко дву забитымъ ручной бабой свайками съ пропущенными сквозь проушины дручками. Для увеличенія сопротивленія отсыпи дѣйствию теченія—или чтобы предотвратить скатываніе камней при крутыхъ откосахъ ложа рѣки, забиваютъ нѣсколько рядовъ свай въ шахматномъ порядкѣ и между ними дѣлаютъ отсыпь изъ камней. (Для той же цѣли предлагается соединить камни цѣпями, съ задѣланными въ камень штырями).

При малыхъ отверстіяхъ ложе въ предѣлахъ моста укрѣпляется иногда во всю ширину; укрѣплеше состоитъ изъ мостовой, толщиною не менѣе 0,25 с., изъ плетневыхъ ящичковъ, наполненныхъ камнемъ, или же выше и ниже моста забиваютъ сплошные шпунтовые ряды, на разстояніи не ближе 3—5 саж. отъ устоевъ, соединенные со шпунтовой стѣнкой устоевъ; ложе между шпунтами укрѣпляютъ накиднымъ камнемъ съ обязательнымъ устройствомъ рисбермы за предѣлами низоваго шпунтоваго ряда во избѣжаніе образованія размыва отъ перепада.

Въ специальныхъ случаяхъ, когда, напр., ложе рѣки легко размывается, и основаніе заложено не глубоко, русло рѣки въ предѣлахъ моста и съ уширеніями въ обѣ стороны укрѣпляется фашиннымъ тюфякомъ (цѣпной мостъ черезъ р. Днѣпръ въ Кіевѣ, мостъ черезъ р. Припять на Полѣвскихъ дорогахъ), или же сваями съ заполненіемъ пространства между ними бетономъ, какъ это, напр., сдѣлано въ пролетѣ разводной части Николаевского моста черезъ Неву, гдѣ впрочемъ, подобнымъ укрѣпленіемъ имѣли также въ виду увеличить устойчивость толстаго быка относительно горизонтальнаго перемѣщенія. Подобная мѣра, или по крайней мѣрѣ устройство двухъ распорныхъ стѣнокъ между устоями толщиною не менѣе 0,66 с.,—выведенныхъ до уровня фундамента, представляетъ весьма дѣйствительное средство противъ возможности скольженія устоевъ

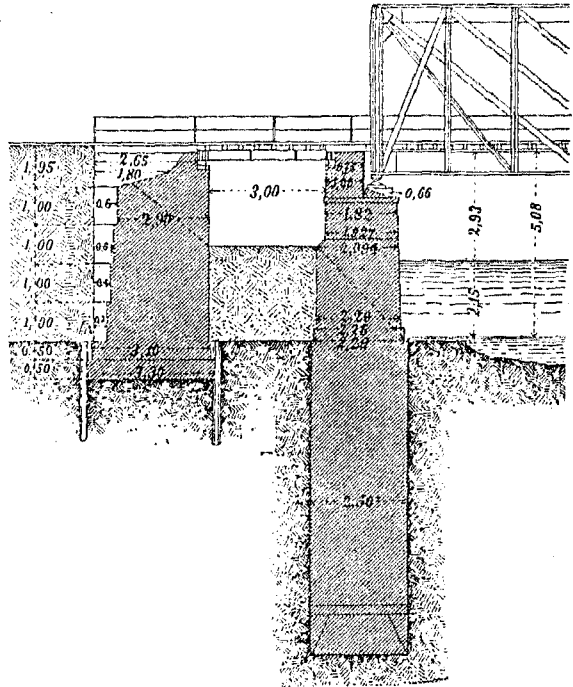


Рис. 89.

вслѣдствіе неблагоприятныхъ грунтовыхъ условий (какъ напр. при наклонномъ напластованіи и проч.).

Приведемъ нѣсколько примѣровъ укрѣпленій.

На рис. 90 показано укрѣпленіе русла впереди устоя моста чрезъ р. Бугъ на Сѣдлецъ-Малкинской ж. д.; мостъ о семи пролетахъ по 21,38 с. съ фермами раскосной системы, съ ѣздою по низу подъ обыкновенную и желѣзную дороги, въ одномъ уровнѣ; фермы по стратегическимъ соображеніямъ проектированы низкія,  $h = 11.8$  ф., что составляетъ около  $\frac{1}{13}$  пролета. Основаніе устоя обнесено съ четырехъ сторонъ двойнымъ шпунтовымъ рядомъ (наружный рядъ брусчатый), на взаимномъ разстояніи 0,50 с. Внутри второго ряда забиты сваи въ шахматномъ порядкѣ, при разстояніи 0,60 с. между сваями въ одномъ ряду; рядъ отъ ряда отстоитъ на разстояніи 0,33 с. Сваи впущены головами на 0,25 с. въ бетонный массивъ толщиною 1,50 с.; на общемъ бетонномъ массивѣ выведено тѣло устоя (по типу съ обратными стѣнками); въ передней стѣнкѣ между подферменными камнями устроенъ минный колодезь. Для защиты основанія отъ вліянія подмывовъ впереди устоя, на разстояніи 3 с. отъ передней брусчатой стѣнки, забита третья шпунтовая стѣнка (брусчатая) съ расходящимися направленіями въ концахъ. Промежутокъ между первой и третьей шпунтовыми стѣнками загруженъ на высоту 0,50 с. крупнымъ камнемъ на слоѣ крупнаго песку. За предѣлами третьей шпунтовой стѣнки укрѣпленіе русла на протяженіи 4,00 с., состоитъ изъ тяжелаго фашиннаго тюфяка, загруженнаго слоємъ крупнаго камня.

Каменной кладки въ обоихъ устояхъ высотой 3,35 с.—145,52 куб. с.; поверхность тесаной облицовки: 111,4 кв. саж.; подферменныхъ камней: 147,16 куб. ф.; шпунтовыхъ рядовъ—186,3 п. с.; грунтовыхъ свай 212 шт.; фашинный тюфякъ—84,12 кв. саж.; каменныхъ отсыпей: 16,82 куб. саж.

На рис. 91а, 91б, 91в показано укрѣпленіе русла съ низовой и верховой стороны одного изъ мостовъ (отв. 1 саж.) на Уфа-Златоустовской ж. д., расположеннаго на крутомъ косогорѣ р. Сатки. Съ верховой стороны два оврага соединяются около моста въ одинъ; русло впереди моста укрѣплено каменной кладкой. Въ предѣлахъ лотка и далѣе на протяженіи 5 с. русло укрѣплено ступенчатымъ каменнымъ лоткомъ, заключеннымъ между двумя стѣнками. Длина каждаго уступа 0,65 с.; высота: 0,30 саж.; высота стѣнокъ 0,80 саж. Каменный ступенчатый лотокъ переходитъ далѣе въ ряжевой ступенчатый лотокъ, общую длину въ 20 с., доходящій почти до р. Сатки. Толщина боковыхъ ряжевыхъ стѣнокъ, заполненныхъ глиной съ навозомъ, составляетъ 0,75 с.; средній, болѣе низкій ряжь въ предѣлахъ лотка, набитый тоже глиной съ навозомъ, прикрытъ наклоннымъ досчатымъ сливнымъ поломъ.



створѣ; 144,80 кв. с. ряжей; 29,49 кв. саж. сливного поля, не считая мостовой. Общая стоимость опоръ моста съ укрѣпленіями составляетъ:

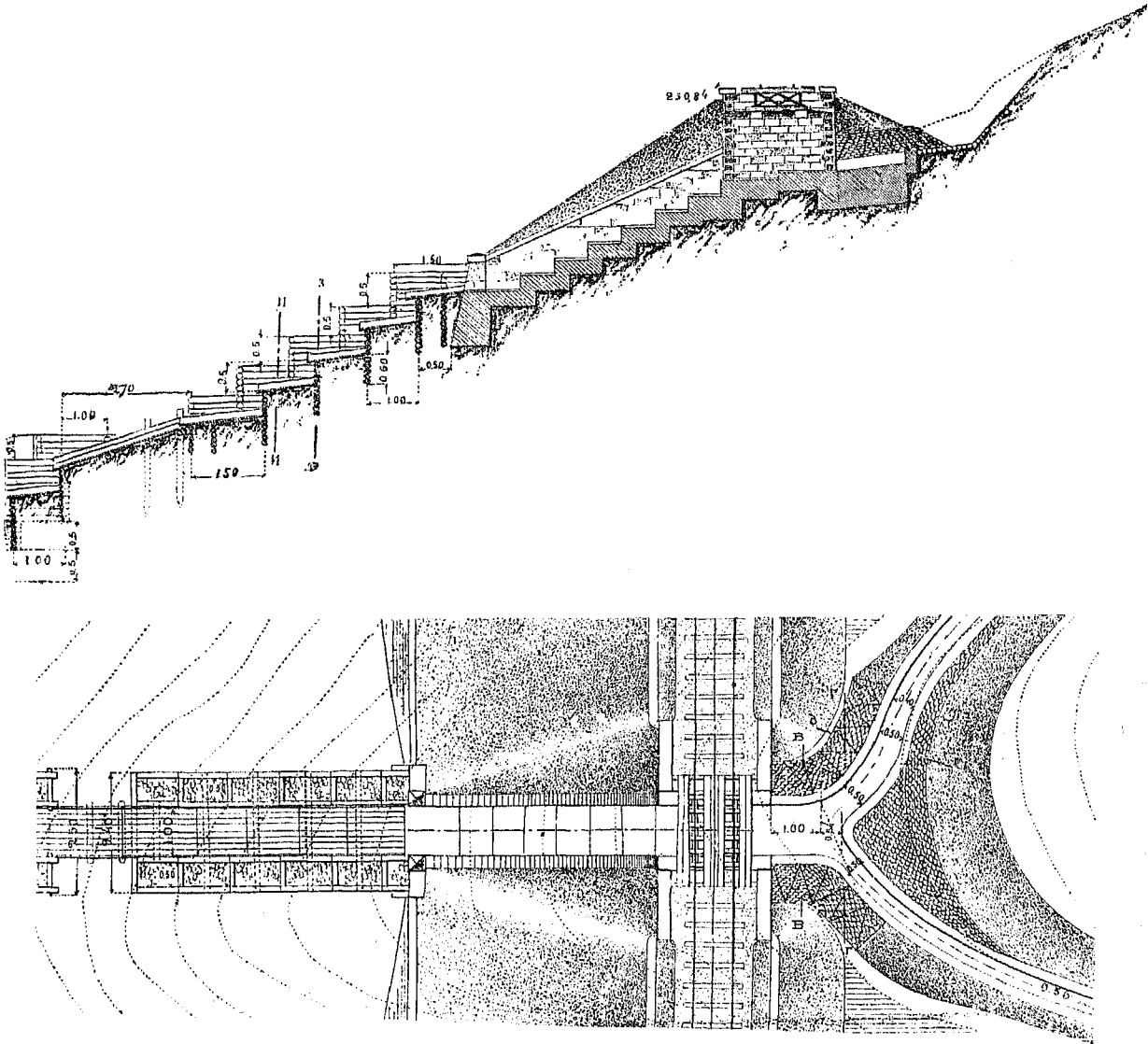
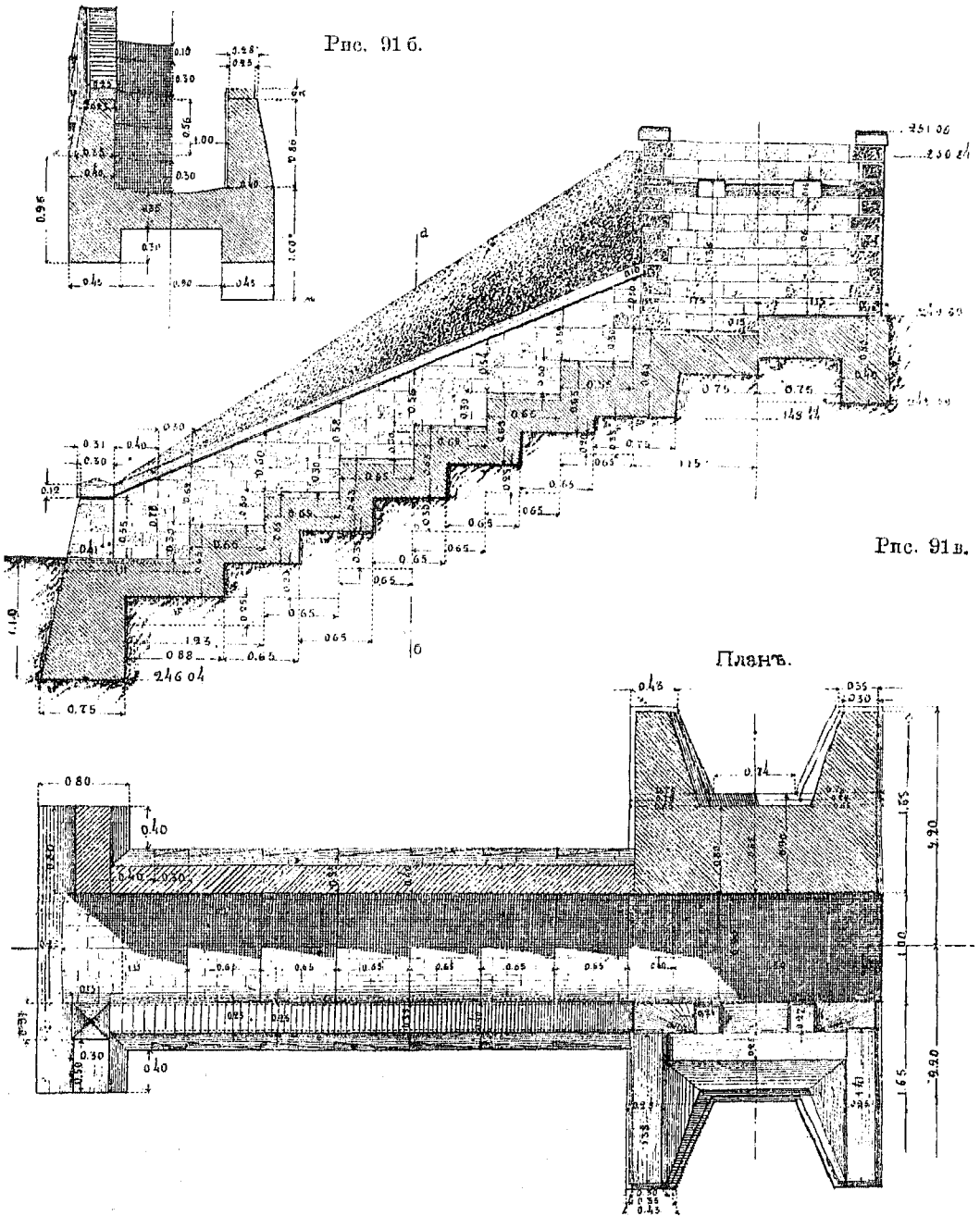


Рис. 91 а.

Бутовая кладка на цем. растворѣ . . . . .	куб. саж.	33,78	на сумму	5573,70
Подфер. камни, углы на карнизѣ чистой тески	» »	1,02	»	448,80
Облицовка въ приколку . . . . .	» »	15,97	»	287,64
Выемка грунта подъ основаніе . . . . .	» »	21,17	»	84,68
Стоимость укрѣпленія . . . . .	» »	53,83	»	2167,83

Итого куб. саж. кладки . . . 34,80 на сумму 8662,65

На рис. 91г показанъ типъ укрѣпленія лотка одного изъ мостовъ Уфа-Златоустовской жел. дор., въ которомъ примѣнены четыре типа



укрѣпленій: въ предѣлахъ моста и немного выше и ниже—сплошная кладка съ однообразнымъ поверхностнымъ уклономъ; выше сего — ступенчатая сухая кладка изъ плсть па мху; ниже моста—два уступа изъ

ряжевыхъ колодцевъ, нагруженныхъ до половины высоты камнемъ, впереди колодцевъ — каменная отсыпь, а далѣе одиночная мостовая въ клѣткахъ.

Высота насыпи—1,11 с. Объемъ кладки въ устояхъ — 5,40 к. саж.; угловъ — 0,15 к. с.; карнизовъ — 0,22 к. с.; подферменныхъ камней— 0,04 к. с. Итого 5,81 к. с. Облицовка въ приколку—4,88 кв. с. Укрѣпленіе русла потребовало: 18,7 кв. саж. одиночной мостовой; 36,92 кв. с.— мостовой въ плетневыхъ ящикахъ; каменныхъ отсыпей — 0,41 куб. саж. Засыпка ряжей камнемъ — 1,59 куб. саж. Ряжевыхъ стѣнъ кв. саж. 19,47. Каменныхъ уступовъ изъ сухой кладки на мху 0,72 куб. саж.; дерновка плашмя—11,35 кв. саж. Стоимость сооружеія опоры:

Бутовой кладки въ цементномъ растворѣ . . . . .	5,40 куб. саж. на сумму	858,60
Тесовой кладки . . . . .	0,41 » » »	184,50
Облицовка въ приколку . . . . .	4,88 » » »	78,08
Вырытіе котлована . . . . .	8,96 » » »	77,60
Стоимость укрѣпленій . . . . .	101,62 » » »	548,82

Итого . . . . . 5,81 куб. саж. на сумму 2079,82

*Данныя относительно объема кладки въ опорахъ мостовъ.* Для при-  
мѣрнаго опредѣленія объема кладки въ устояхъ желѣзнодорожныхъ мо-  
стовъ подъ одинъ путь при различной высотѣ насыпи можетъ служить  
слѣдующая таблица дѣйствительнаго объема кладки въ устояхъ Самаро-  
Уфимской жел. дор. тина съ обратными стѣнками при общемъ основаніи  
(для пролетовъ до 2 саж.) и при глубинѣ заложенія основанія до 0,80 саж.

Отверстіе въ саж.	Высота на- сыпи въ саж.	Объемъ кладки въ обоихъ устояхъ куб. саж.	Отверстіе въ саж.	Высота на- сыпи въ саж.	Объемъ кладки въ обоихъ устояхъ куб. саж.
1,00	0,70	6,24	5	1,50	16,20
—	1,00	8,50	—	2,00	25,16
—	1,50	13,25	—	3,00	59,20
—	2,00	20,50	—	3,30	63,00
—	2,50	30,00	—	3,70	79,15
2,00	1,00	8,94	—	5,18	119,83
—	1,50	15,50	10	1,86	35,21
—	2,00	23,50	—	3,00	58,01
—	2,50	38,50	15	2,20	53,82
—	3,00	49,50	20	2,42	61,17
—	3,50	71,00	—	4,00	117,26
—	—	—	—	6,35	241,96
—	—	—	25	2,29	56,67
—	—	—	—	3,50	102,90
—	—	—	30	3,73	96,90
—	—	—	—	3,75	105,01



чему въ достаточной степени удовлетворяетъ формула:

$$V \text{ вб. с.} = 10 - 10h + 8h^2 + 0,5l,$$

гдѣ  $h$  и  $l$ —высота устоя и пролетъ въ саж.

Данные относительно основныхъ наружныхъ размѣровъ устоевъ мостовъ отв. отв. 2,00 до 40,00 с. Приведемъ относящіяся къ сему даннымъ изъ исполненныхъ сооружений на Самаро-Златоустовской ж. д.

Отверстия мостовъ.	База по верху.								База по низу.						
	2 с.	3 с.	4 с.	5 с.	6 с.	8 с.	10 с.	15 с.	20 с.	10 с.	15 с.	20 с.	25 с.	30 с.	40 с.
Размѣръ подфермеи каменей: $\left\{ \begin{array}{l} \text{ширина} \\ \text{длина} \\ \text{высота} \end{array} \right.$	0,27	0,28	0,30	0,31	0,34	0,35	0,40	0,50	0,60	0,45	0,50	0,60	0,65	0,75	0,70
	0,27	0,29	0,30	0,30	0,32	0,40	0,45	0,50	0,60	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70
	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Ширина подферменной площадки . . . . .	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35	0,45	0,50	0,70	0,50	0,52	0,53	0,75	0,85	0,85
Разстояніе отъ верха подферменнаго камня до подошвы рельса . . . . .	0,595	0,659	0,677	0,760	0,897	1,314	1,086	1,938	3,009	0,554	0,763	0,696	0,722	0,792	1,100
Разстояніе между осями формъ . . . . .	0,857	0,857	0,857	0,857	0,929	1,000	1,143	1,071	1,572	2,458	2,476	2,429	2,429	2,548	2,643
Ширина устоя (длина передней стѣнки) . . . . .	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,70	3,40	3,60	3,55	3,55	3,65	3,85
	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20									
Длина передняго уступа въ типѣ устоевъ со сближенными обратными стѣнками . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,70	1,20	1,30	1,50	1,50	1,70

Поперечные размѣры устоя должны быть во всякомъ случаѣ таковы, чтобы устой удовлетворялъ условіямъ устойчивости относительно *скольженія* и *вращенія*.

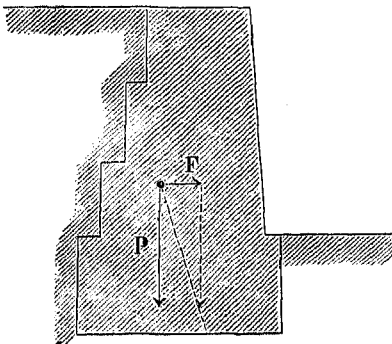


Рис. 91 д.

Такъ, если  $F$ —горизонтальная сила, стремящаяся сдвинуть и опрокинуть устой,  $d$ —разстояніе точки приложенія этой силы отъ нижняго передняго ребра основанія;  $P$ —вѣсъ устоя;  $p$ —плечо этой силы относительно того же ребра;  $f$ —коэффициентъ тренія, то:  $F = t \cdot P \cdot f$  и  $F \cdot d = t \cdot P \cdot p$ , гдѣ  $t$ —коэффициентъ устойчивости отъ 1,5 до 2.

Кромѣ того, въ видахъ достиженія болѣе равномернаго давленія на грунтъ—необходимо, чтобы равнодѣйствующая отъ силъ  $F$  и  $P$  не-

ресѣкала подошву основанія въ *средней ея трети* (рис. 91 д). Въ этомъ послѣднемъ случаѣ подѣ  $P$  слѣдуетъ понимать не только вѣсъ устоя, но и соотвѣтственный вѣсъ пролетной части моста и подвижной нагрузки. Съ тою же цѣлью полезно уширять фундаментъ въ сторону русла по-



мощью уступовъ такъ, чтобы общій уклонъ грани фундамента составлялъ:  $\frac{1}{2} — \frac{1}{1}$ .

Промежуточные опоры (быки).

Очертанію быка въ планѣ, по крайней мѣрѣ до горизонта высокихъ водъ, слѣдуетъ придать форму, при которой происходило бы наименьшее сжатіе струи и наименьшіе подмывы дна.

Опыты и наблюденія показали:

1) Размывы съ верховой стороны наибольшіе по оси прямоугольнаго сѣченія и наименьшіе по оси остроугольнаго сѣченія. Для прямоугольнаго сѣченія размывы къ плечамъ уменьшаются, а для остроугольнаго—увеличиваются. Полукруглое очертаніе занимаетъ середину между обоими остальными очертаніями.

2) Размывы по бокамъ наибольшіе для прямоугольнаго сѣченія, гдѣ они сохраняютъ постоянную величину вдоль всего быка; для полукруглаго—близко подходят къ предыдущему случаю.

3) Наибольшіе наносы съ низовой стороны замѣчаются для прямоугольнаго сѣченія, наименьшіе—для треугольнаго.

Изъ этого слѣдуетъ, что прямоугольное очертаніе самое опасное относительно подмывовъ. Наиболѣе рациональнымъ очертаніемъ представляется соединеніе треугольнаго съ полукругомъ, какъ показано на рис. 93', но это, очевидно, затруднило бы кладку. Поэтому слѣдуетъ съ верховой стороны придавать сѣченію треугольное съ закругленными плечами, а съ низовой—полукруглое, чему удовлетворяютъ всѣ быки съ ледорѣзами (рис. 93").

Треугольное сѣченіе съ низовой стороны потому менѣе выгодно, что по серединѣ наноса образуется воронкообразное углубленіе.

Въ быкахъ, какъ и въ устояхъ, слѣдуетъ отличать фундаментъ—ниже поверхности земли—и тѣло быка. Фундаментъ быка можетъ быть основанъ на естественномъ грунтѣ, на сваяхъ или кессонномъ основаніи, а также на опускаемыхъ колодцахъ. Уступы фундамента, съ цѣлью увеличенія площади передачи давленія, начинаются съ глубины не менѣе 0,5 с. отъ меженнаго судоходнаго горизонта. При слабыхъ грунтахъ иногда устраиваютъ между опорами обратную арку въ уровнѣ русла, какъ это, напр., сдѣлано въ разводной части Николаевскаго моста въ Петербургѣ. Другой примѣръ указанъ на черт. 24, гдѣ обратная арка начинается немного ниже пяти прямой арки, представляя постепенное утолщеніе быка.

Для мостовъ балочной системы всѣ быки дѣлаютъ одинаковыхъ размѣровъ, если только пролеты одинаковы, и высота быковъ мало отличается одна отъ другой.

Въ арочныхъ мостахъ нѣкоторые быки дѣлаются иногда болѣе толстыми сравнительно съ другими, въ предположеніи, что работа по кладкѣ арокъ будетъ производиться неодновременно, и что поэтому нѣкоторые

быки будутъ подвергнуты распору не двухъ, а одной арки, а также и въ тѣхъ видахъ, чтобы разрушеніе одного пролета не повлекло за собою разрушенія всѣхъ остальныхъ.

На томъ же основаніи, въ арочныхъ мостахъ съ разводной частью, быкъ, смежный съ разводной частью, устраивается толще. При разводныхъ двухрукавныхъ мостахъ быкъ, на которомъ помѣщена ось вращения, устраивается также толще въ зависимости отъ размѣровъ и системы механизма поворотной части.

Боковыя грани бываютъ ограничены вертикальными плоскостями, или для большей устойчивости наклонными—съ уклономъ не болѣе  $\frac{1}{18}$ — $\frac{1}{20}$  его вышины, или же криволинейными поверхностями (черт. 21а). Обыкновенно наклонныя грани съ верховой и низовой стороны составляютъ съ вертикалью большій уголъ, чѣмъ боковыя грани. При высокихъ виадукахъ уклонъ доходитъ до  $\frac{1}{14}$ .

Съ верховой и низовой стороны быкъ бываетъ ограниченъ цилиндрической поверхностью съ направляющими полукруговой (черт. 20), эллиптической или составной изъ двухъ кривыхъ; иногда же ограничивается двумя взаимно пересѣкающимися плоскостями или одной плоскостью, которыя также могутъ составлять уклонъ не болѣе  $\frac{1}{20}$  (черт. 21 и 21а). Эти выступающія части быка изъ-за боковой поверхности моста называются *головами быка* (черт. 22).

Въ суходолахъ быкамъ съ основанія придаютъ прямоугольное сѣченіе. (Черт. 21а).

Тонкіе высокіе быки связываются по высотѣ въ различныхъ мѣстахъ арками, причемъ образуются нѣсколько этажей (черт. 23); этими арками пользуются иногда для проложенія по нимъ дороги, оставляя соотвѣтственныя отверстія въ быкахъ. Обыкновенно многоэтажные быки устраиваются при высотѣ виадука болѣе 17—20 сажень.

Въ быкахъ каменныхъ арочныхъ мостовъ помѣщаютъ не рѣдко вертикальныя гончарныя или чугуныя трубы для стока воды съ мостового полотна или для просушки кладки. Диаметръ трубъ около 4—6 дюйм. (черт. 24 и 25).

Пяты арочъ слѣдуетъ помѣщать выше горизонта высокихъ водъ фута на 2 или на 3.

Уступы каменной кладки необходимо дѣлать на такой глубинѣ, чтобы подводная часть судовъ не могла задѣвать за нихъ.

Для передачи давленія на большую площадь, — основанія быковъ соединяются иногда обратной аркой (черт. 24).

Карнизъ, украшая быкъ, служить вмѣстѣ съ тѣмъ и для отвода дождевой и другой воды, падающей на голову быка, не допуская ее стекать по боковымъ гранямъ быка.

Для сопряженія головы быка съ лицевою поверхностью каменнаго моста дѣлають надъ нимъ конусообразный колпакъ, имѣющій вышину около  $\frac{1}{10}$  діаметра основанія, т. е. толщины быка въ пятахъ арочнаго моста (черт. 25). Этотъ конусъ служить также для стока воды, которая, оставаясь на головѣ быка во время мороза, могла бы содѣйствовать разрушенію быка.

Быки поворотныхъ мостовъ дѣлаются большею частью круглаго цилиндрическаго сѣченія (рис. 92).

На рис. 92 изображенъ круглый быкъ, поддерживающій поворотную часть Троицкаго моста въ Петербургѣ; діаметръ внизу 21 м., а вверху — 20 м. Нижняя часть быка до горизонта на 1,00 с. (2,13) м. ниже ординара состоитъ изъ сплошнаго бетоннаго цилиндрическаго массива, толщиной 6 м. (3 м. высота рабочей камеры и столько же выше потолка). Выше массива имѣется кольцевая стѣнка, толщиной 3,25 м., высотой около 14 м., и четыре поперечныхъ стѣнки, толщиной внизу 1,80 м., а вверху — 1,50 м. Образующіеся между кольцевой и промежуточными стѣнками девять колодцевъ перекрыты сводами изъ бетона Монье. На верхней кольцевой части быка, діаметромъ 20 м., уложенъ гранитный кольцевой рядъ, а на немъ — кругъ катанія. Камни гранитнаго кольцевого ряда взаимно соединены пиронами; камни нижележащаго ряда обтесаны замкомъ, для затрудненія разъединенія камней. Фермы опираются на кругъ катанія, какъ въ открытомъ, такъ и въ закрытомъ положеніи моста, такъ что весь грузъ передается на наружную кольцевую стѣнку; на сводъ надъ среднимъ колодцемъ опирается ось вращенія, на которую не пе-

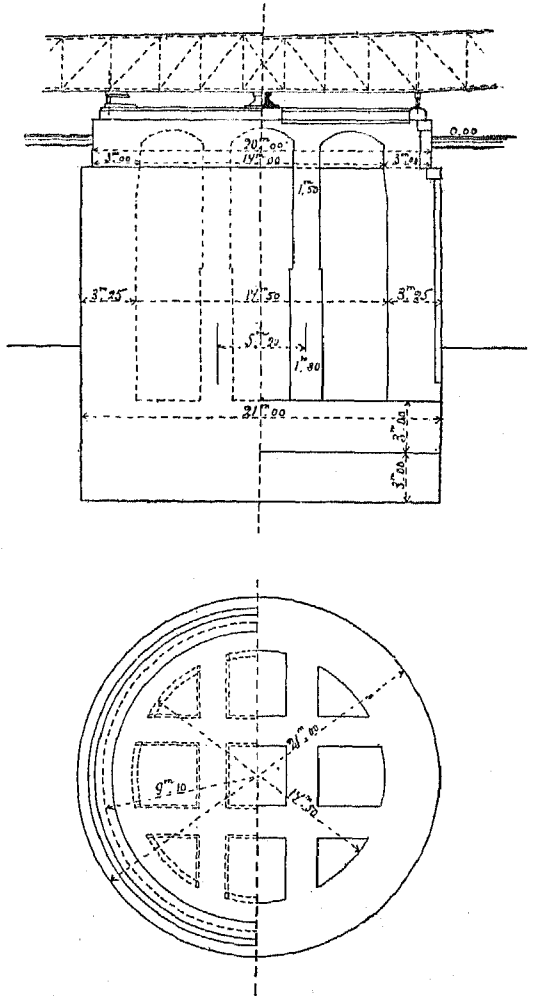


Рис. 92.

редается никакого груза. (Если бы по условіямъ конструкціи на ось вращенія во время поворота моста передавался весь грузъ моста—то необходимо было бы устроить внутреннее сплошное ядро). Замѣтимъ, что ширина моста болѣе діаметра круга катанія его опоръ, такъ что изъ числа 10 фермъ 4 опираются по серединѣ своей длины на выступающіе концы высокой сквозной поперечной балки, опирающейся па кругъ катанія. Площадь опоры опредѣлена изъ условія, чтобы наибольшее давленіе на грунтъ не превышало  $2,5 \frac{\text{иуд.}}{\text{дм.}^2}$ .

#### Ледорѣзы.

Ледорѣзы устраиваются въ холодныхъ климатахъ на рѣкахъ съ значительною скоростью теченія. Ихъ располагаютъ передъ быками моста, сопрягая ихъ съ головами быковъ, съ цѣлю предохраненія этихъ послѣднихъ отъ ударовъ льда и для предупрежденія образованія зажоръ. Ударяясь о ледорѣзъ, льдины размельчаются и проходятъ свободно между быками.

Ледорѣзы бываютъ трехъ родовъ: 1) суживающіеся къ концу, т. е. *обыкновенные* (черт. 51 и рис. 93), 2) расширяющіеся къ концу, названные *американскими* (черт. 26 и 27 и рис. 94) и 3) съ наклонной поверхностью постоянной ширины (рис. 95). Кромѣ того передняя часть ледорѣза (*носъ*) и верхняя наклонная часть могутъ быть ограничены или цилиндрической поверхностью (черт. 27), или же двумя взаимно пересѣкающимися плоскостями съ острымъ или закругленнымъ ребромъ (черт. 26).

На рис. 93 изображены схематически нѣсколько разновидностей *обыкновеннаго* типа ледорѣза. (А)—головы быка и ледорѣза представляютъ отвѣсныя цилиндрическія поверхности; направляющая головы ледорѣза имѣетъ меньшій радіусъ; боковыя грани—отвѣсныя плоскости, касательныя къ обѣмъ цилиндрическимъ поверхностямъ; верхняя наклонная поверхность—двѣ пересѣкающіяся плоскости; вертикальныя проекціи кривыхъ пересѣченій верхнихъ наклонныхъ граней съ цилиндромъ—эллипсы; горизонтальныя проекціи—дуги круга. (В)—голова быка—цилиндръ; голова ледорѣза—двѣ отвѣсныя взаимно пересѣкающіяся плоскости; наибольшая толщина головы ледорѣза менѣе толщины головы быка; уголъ, образуемый слѣдами плоскостей, ограничивающихъ голову ледорѣза, на горизонтальной плоскости, *болѣе* угла, составляемаго слѣдами двухъ верхнихъ наклонныхъ граней, вслѣдствіе чего вертикальная проекція ребра пересѣченія переднихъ и наклонныхъ плоскостей на плоскость, параллельную продольной осевой плоскости, направлена внизъ, въ сторону головы быка. (С)—голова быка и ледорѣза—отвѣсныя взаимно пересѣкающіяся плоскости; наибольшая толщина головы ледорѣза менѣе толщины головы быка; слѣдъ граней, ограничивающихъ обѣ головы, на горизонтальную

плоскость параллельна слѣду верхнихъ наклонныхъ плоскихъ граней, вслѣдствіе чего линіи пересѣченій параллельны горизонтальной плоскости. (*D*)—голова быка—отвѣсная градь; голова ледорѣза—отвѣсныя пересѣкающіяся плоскости; уголъ, образуемый слѣдами этихъ плоскостей, *менше* угла, составляемаго слѣдами верхнихъ наклонныхъ граней на горизонтальной плоскости, ввиду чего вертикальная проекція ребра пересѣченія направлена вверхъ, въ сторону головы быка. (*E*)—голова быка—конусъ; голова (носъ) ледорѣза—отвѣсная цилиндрическая поверхность;

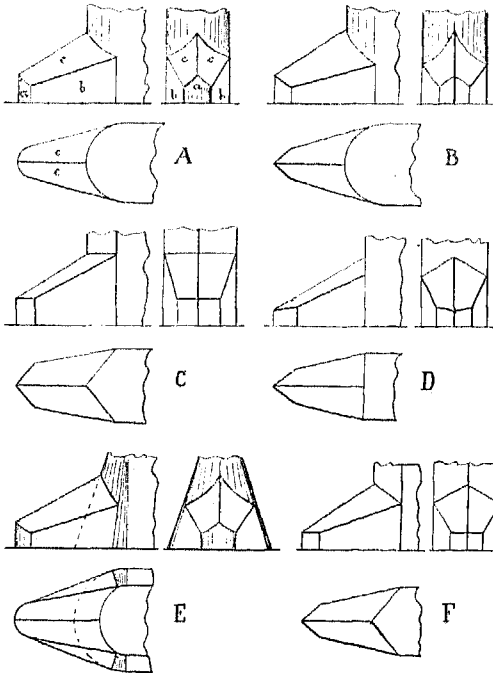


Рис. 93.



Рис. 93'.

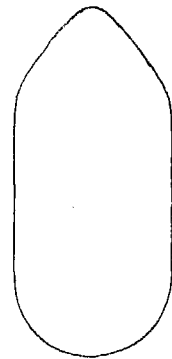


Рис. 93''.

верхняя наклонная поверхность—взаимно пересѣкающіяся плоскости; боковыя грани—косыя плоскости; направляющими служатъ горизонтальный слѣдъ боковой поверхности, касательный къ слѣдамъ цилиндра и конуса, и ребро пересѣченія верхнихъ наклонныхъ граней съ боковою гранью (косою плоскостью); производящія параллельны вертикальной плоскости, нормальной къ слѣду. (*F*)—голова быка и носъ ледорѣза—взаимно пересѣкающіяся отвѣсныя плоскости; уголъ, образуемый слѣдами граней носа ледорѣза, *равенъ*, а уголъ, образуемый слѣдами граней головы быка, *менше* угла, составляемаго слѣдами верхнихъ наклонныхъ граней ледорѣза, вслѣдствіе чего вертикальная проекція соответствующихъ реберъ пересѣченій съ боковыми отвѣсными гранями—въ первомъ случаѣ—горизонтальная линія, а во-второмъ—нисходящая прямая.

На рис. 94 показано нѣсколько разновидностей ледорѣзовъ *американскаго* типа. (*G*)—голова ледорѣза—отвѣсный цилиндръ, того же діаметра, какъ основаніе конической головы быка; верхнія наклонныя грани — пересѣкающіяся плоскости; боковая грань — косая плоскость того же образованія, какъ въ (*E*) — рис. 93, съ тѣмъ лишь отличіемъ, что плоскостью параллелизма служитъ отвѣсная плоскость, нормальная къ продольной оси быка. (*H*) — голова ледорѣза — отвѣсныя пересѣкающіяся грани; голова быка — наклонныя пересѣкающіяся грани; толщина

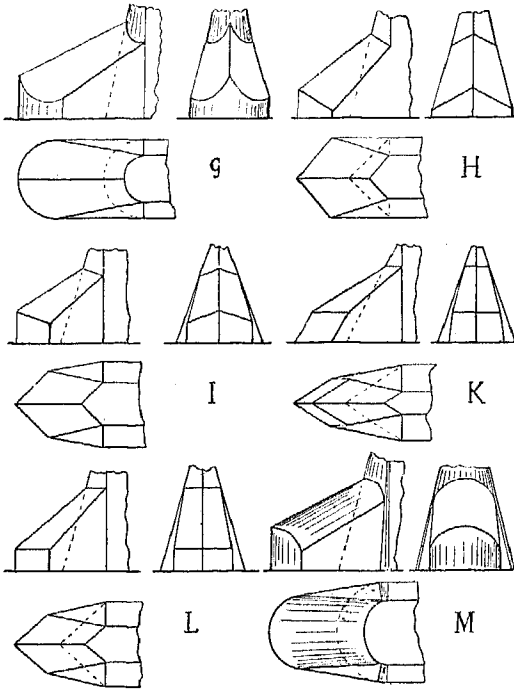


Рис. 94.

голова ледорѣза равна толщинѣ быка въ плоскости основанія; боковыя грани — косыя плоскости. (*I*) — предыдущій случай съ тѣмъ отличіемъ, что толщина головы ледорѣза менѣе толщины быка въ основаніи, однако болѣе толщины быка въ уровнѣ верха ледорѣза. (*K*) — голова ледорѣза — наклонныя пересѣкающіяся плоскости съ горизонтальными слѣдами, параллельными соотвѣтственнымъ слѣдамъ граней головы быка и слѣдамъ верхнихъ наклонныхъ граней; остальные условія тѣ же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ; боковыя грани ледорѣза — плоскости. (*L*) — случай тождественный съ (*I*), съ тѣмъ отличіемъ, что слѣды верхнихъ граней па-

раллельны слѣдамъ граней головы быка и ледорѣза. (*M*) — голова ледорѣза — отвѣсный круговой цилиндръ, меньшаго діаметра по сравненію съ основаніемъ конической головы быка; верхняя наклонная поверхность — конусъ; боковыя грани — косыя плоскости, имѣющія ту же плоскость параллелизма, какъ и въ примѣрѣ *E* на рис. 93.

На рис. 95 показано нѣсколько видовъ ледорѣзовъ съ *постоянной шириной* верхнихъ наклонныхъ поверхностей. (*N*) — голова быка и ледорѣза — отвѣсные цилиндры одинаковаго діаметра; (*O*) — голова быка — цилиндръ; голова ледорѣза — пересѣкающіяся отвѣсныя плоскости при толщинѣ головы, равной толщинѣ быка. (*P*) — голова ледорѣза — наклонныя пересѣкающіяся плоскости; толщина головы ледорѣза въ основаніи равна толщинѣ быка, вслѣдствіе чего горизонтальный слѣдъ боковыхъ граней

ледорѣза составляетъ продолженіе слѣда боковыхъ граней быка до пересѣченія со слѣдомъ граней головы ледорѣза. Послѣ построенія кривой пересѣченія верхнихъ наклонныхъ граней съ конусомъ и прямой пересѣченія тѣхъ же граней съ гранями головы ледорѣза проведена изъ конечной точки кривой пересѣченія прямая параллельная рѣзущему ребру; эта прямая и горизонтальный слѣдъ будутъ направляющими косою плоскости съ производящими, параллельными поперечной вертикальной плоскости. (*R*)—голова быка и ледорѣза—отвѣсныя пересѣкающіяся плоскости; толщина головы равна толщинѣ быка. (*S*)—голова быка и ледорѣза — отвѣсныя цилиндры одинаковаго діаметра; верхняя наклонная поверхность — цилиндръ того же діаметра; вертикальныя проекціи кривыхъ пересѣченія — прямыя линіи. (*T*)—голова быка и верхняя наклонная поверхность — цилиндры одинаковаго діаметра; голова ледорѣза—эллиптическій цилиндръ съ кривою направляющей, отвѣчающей горизонтальному сѣченію наклоннаго цилиндра.

Лдины разрушаются о ледорѣзъ двоякимъ образомъ: разламываясь отъ удара, или отъ напора на него; въ послѣднемъ случаѣ онѣ сначала поднимаются по наклонному ребру его и потомъ, вслѣдствіе дѣйствія своего вѣса, переламываются. Разломанные куски лдинъ свободно проходятъ по обѣимъ сторонамъ ледорѣза и быка. На незначительныхъ рѣзкахъ и на такихъ, на которыхъ скорость такъ мала, что ледъ почти таетъ на мѣстѣ, ледорѣзовъ не устраиваютъ. Иногда же при очень большой скорости, для избѣжанія ударовъ лдинъ, которые могутъ дѣйствовать разрушительно на быки, ледорѣзы ставятся отдѣльно передъ быками; основаніе устраивается общее или отдѣльное. Устраиваются также передъ каменными быками, въ видахъ экономіи, деревянные ледорѣзы.

Уклонъ, придаваемый ребру ледорѣза, различенъ; онъ зависитъ отъ скорости ледохода; тѣмъ болѣе сила, поднимающая ледъ, тѣмъ болѣе ей надо представить сопротивленія, т. е. тѣмъ круче сдѣлать уклонъ, иначе

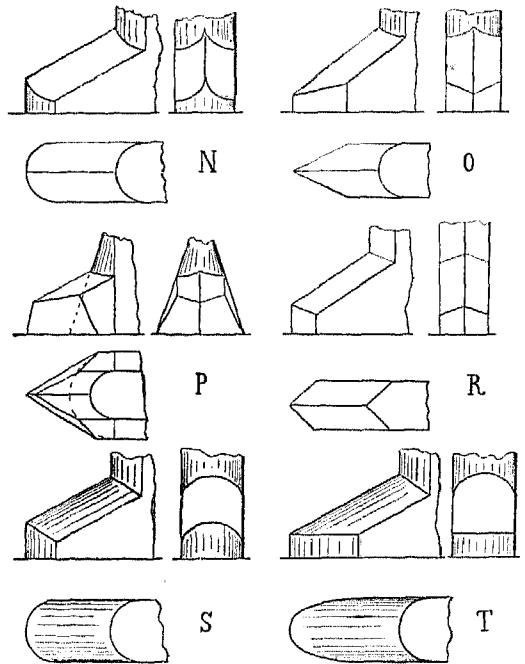


Рис. 95.

льдина можетъ ударить въ голову быка. Назовемъ скорость ледохода  $v$ ; она при ударѣ разлагается на двѣ составляющія (рис. 96):  $v \cos \alpha$ ,  $v \sin \alpha$ . Высота  $h$ , на которую поднимается льдина, равна:

$$h = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{2g}.$$

Отсюда слѣдуетъ, что съ увеличеніемъ скорости необходимо увеличивать уклонъ ребра. Относительно уклона, придаваемого ледорѣзамъ, опытъ показаль, что при средней скорости ледохода надо дѣлать двойной уклонъ. При бо́льшей скорости придають полторный уклонъ, въ видахъ экономіи—даже и одиночный или еще круче. Одиночные уклоны дѣлають и въ томъ случаѣ, когда горизонтъ ледохода очень измѣнчивъ.

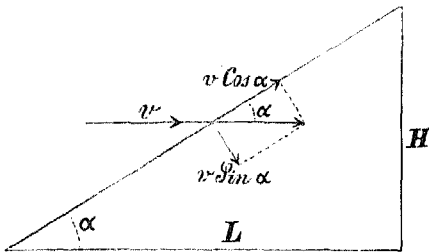


Рис. 96.

Если острое ребро ледорѣза не закруглено и матеріаль нетвердый, ребро укрѣпляется желѣзной полосой. Если матеріаль, изъ котораго сложенъ ледорѣзъ, очень твердъ и камни употреблены крупныя, достаточно закруглить верхнее ребро.

Часто устраиваются ледорѣзы, представляющіе въ горизонтальномъ сѣченіи полуэллипсы. Эти ледорѣзы называются *эллиптическими*, представляя полукруги въ плоскостяхъ, перпендикулярныхъ въ верхнему ребру ледорѣза (черт. 28).

Вообще ребро ледорѣза опускають ниже горизонта низкаго ледохода фута на 3 для того, чтобы льдины, встрѣчая вертикальное переднее ребро, не останавливались. Продолжаютъ ребро ледорѣза выше горизонта высокыхъ водъ до 6-ти футь; впрочемъ, это неопредѣленно и зависитъ отъ скорости теченія.

На чертежѣ 20-мъ показанъ фасадъ, планъ и разрѣзы ледорѣза съ острымъ ребромъ. Верхняя часть ледорѣза ограничена двумя плоскостями, проходящими чрезъ верхнее ребро и составляющими прямой уголъ. Съ головою быка верхнія ограничивающія плоскости ледорѣза пересѣкаются въ эллиптическихъ кривыхъ, проходящихъ по закругленію головы быка.

Переднюю часть ледорѣза ограничивають или вертикальною цилиндрическою поверхностью (черт. 20 и 27), или двумя взаимно пересѣкающимися плоскостями (черт. 26).

Въ первомъ случаѣ направляющая этой поверхности можетъ быть одинакова съ кривою направляющею головы быка, или она имѣетъ меньшій радіусъ кривизны. Эта цилиндрическая поверхность пересѣчется съ



верхними плоскостями тоже въ эллиптическихъ кривыхъ. Боковыя грани ледорѣза должны быть касательны къ передней цилиндрической поверхности ледорѣза и къ головѣ быка. Изъ этого слѣдуетъ, что если грани быка имѣютъ иѣкоторый уклонъ, то таковой будутъ имѣть и грани ледорѣза.

На черт. 28 показанъ эллиптическій ледорѣзъ быка въ мостѣ черезъ р. Оку па Казанской ж. д. Ледорѣзъ эллиптическій съ направляющей-эллипсомъ въ основаніи; уклонъ ледорѣза:  $3,06:4,66 = 1:1,53$ . Такъ какъ боковыя грани ледорѣза—наклонныя плоскости, то въ сѣченіи, нормальномъ къ верхнему ребру, направляющая кривая не можетъ быть полуокружностью; она можетъ быть меньше половины дуги круга или дугою эллипса, какъ въ данномъ случаѣ, гдѣ хорда эллипса 1,80 саж., а стрѣла 1,20 саж. Тѣло быка на высоту 1,60 с. отъ дна ограничено съ низовой стороны вертикальной цилиндрической поверхностью, съ направляющей въ видѣ полуокружности діаметромъ 2,40 саж., съ уступомъ въ 0,07 саж. на высоту 0,55 саж.; съ боковъ оно ограничено на протяженіи 5,10 саж. двумя отвѣсными взаимно-параллельными гранями; голова ледорѣза представляетъ отвѣсную цилиндрическую поверхность съ эллиптической направляющей, отвѣчающей нормальному сѣченію дуги круга при хордѣ 1,80 саж. и радіусѣ 1,20 саж., а боковыя грани ледорѣза—двѣ наклонныя плоскости. Въ уровнѣ основанія ледорѣза сдѣланъ уступъ въ 0,05 с. Средняя часть боковой поверхности быка на протяженіи 5,10 саж. ограничена наклонными плоскостями, причеъ въ основаніи толщина тѣла быка—2,30 саж., а вверху—1,60 саж. Съ низовой стороны выше уровня 1,60 саж., голова быка коническая; верхняя поверхность ледорѣза—наклонный цилиндръ—съ эллиптической горизонтальной и нормальной направляющими, подобранными такъ, что въ сѣченіи, нормальномъ къ верхнему наклонному ребру, прямая пересѣченія наклонной боковой грани ледорѣза касательна къ кривой; боковыя грани—плоскости.

Полуэллипсы, направляющіе поверхности ледорѣза, чертятся: первый въ плоскости основанія быка, другой же—въ верхней горизонтальной плоскости, ограничивающей быкъ, или же, при высокихъ быкахъ, въ плоскости, фута на 3—6 выше горизонта ледохода, причеъ является иногда необходимость соединенія верхней площади ледорѣза съ поверхностью быка помощью конуса. Направляющіе эллипсы могутъ быть одинаковы или же неодинаковы. Относительное положеніе ихъ измѣняется сообразно уклону, который намѣреваются придать ребру ледорѣза.

По двумъ направляющимъ эллипсамъ движется производящая, оставаясь параллельною вертикальной плоскости, проходящей чрезъ ось быка, съ сохраненіемъ опредѣленнаго уклона.

На черт. 27 показанъ ледорѣзъ Николаевского моста. Головы быковъ имѣютъ видъ усѣченнаго конуса, а головы ледорѣзовъ предста-

вляють собою вертикальные цилиндры, построенные на полукругѣ нѣскольکو большаго діаметра, нежели діаметръ верхняго основанія головного конуса. Верхнія грани ледорѣза образуются двумя плоскостями, составляющими между собою прямой уголъ; ребро пересѣченія этихъ граней округлено; такимъ образомъ ледорѣзъ ограниченъ: а) цилиндрическою поверхностью, пересѣкающеюся съ конусомъ

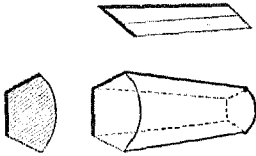


Рис. 97.

головы быка и съ цилиндромъ передней части ледорѣза и замѣняющею собою верхнее ребро ледорѣза; б) двумя наклонными плоскостями, пересѣкающимися въ эллиптическихъ кривыхъ съ цилиндрическою поверхностью передней части ледорѣза и съ конусомъ быка и в) двумя косыми плоскостями, касательными къ цилиндрической и къ конической поверхности.

По переднему наклонному ребру ледорѣза уложены цѣльные камни, имѣющіе видъ, представленный на рис. 97. Камни эти входят въ выемки, оставленныя въ нижнихъ камняхъ. Взаимное соединеніе нѣкоторыхъ камней сдѣлано посредствомъ гранитныхъ кубиковъ.

**Эмпирическія данныя для опредѣленія размѣровъ быковъ.**

*Длина быка* (безъ головы) опредѣляется по тѣмъ же даннымъ, какъ и ширина устоя.

*Толщина быка* по верху для фермъ желѣзнодорожныхъ мостовъ, безъ горизонтальнаго распора, зависитъ отъ размѣра подферменныхъ камней; наименьшая толщина равняется двойной ширинѣ подферменнаго камня. Иногда оставляютъ еще между ними промежутокъ отъ 1 ф. — 2 ф. Обыкновенная ширина по верху для мостовъ значительныхъ отверстій 1,60 саж. Для каменныхъ арочныхъ мостовъ, въ большинствѣ случаевъ, толщина быка  $2,3 d$ , гдѣ  $d$ —толщина свода въ ключѣ. Вообще наименьшая толщина равна горизонтальной проекціи двойной толщины свода въ пятѣ. Иногда же оставляютъ кромѣ того промежутокъ отъ 1—2 футъ. Для виадуковъ толщина измѣняется отъ 0,15—0,2 величины пролета.

Вообще толщину быка въ метрахъ по верху, безразлично для какой системы, можно опредѣлить по формулѣ:

$$N = 0,78 + 0,147 H \sqrt[3]{\frac{l}{H}} \text{ метр.},$$

гдѣ  $H$  — высота быка,  $l$  — разстояніе между осями быковъ.

Въ поворотныхъ двухрукавныхъ мостахъ толщина быка, на которомъ помѣщается ось вращения, опредѣляется въ зависимости отъ діаметра круга катанія и отъ системы механизма поворотной части.

Оспованіе настолько уширяють, чтобы давленіе па грунтъ отъ на-  
грузки, вѣса быка и пролетныхъ частей не превосходило допускаемаго  
напряженія (въ среднемъ около 1,5 пуда на квадратный дюймъ).

*Высота быка* опредѣляется условіемъ заданія. Для несудоходныхъ  
рѣкъ нижній поясъ фермы долженъ быть па 0,50 саж. выше горизонта  
высокихъ водъ. На такой же высотѣ слѣдуетъ закладывать и пяты арокъ.  
При судоходныхъ рѣкахъ, если не устраивается разводная часть, вы-  
сота быка зависитъ отъ рода такелажа судовъ.

#### IV.

### Производство работъ по устройству каменныхъ опоръ.

#### Разбивка работъ.

Въ зависимости отъ избранной системы основанія опоры заклады-  
ваются непосредственно на грунтѣ, па ростверкѣ изъ лежней, па сваяхъ,  
па опускныхъ колодцахъ, колоннахъ и т. д. \*).

Предварительно приступа къ работамъ по заложению основанія—необ-  
ходимо сдѣлать *разбивку работъ*, т. е. обозначить на мѣстѣ положеніе  
устоя или быка.

Главная задача состоитъ при этомъ: а) въ обозначеніи па мѣстѣ *про-*  
*долной и поперечной оси* сооруженія съ указаніемъ разстоянія между  
опорами моста и б) въ постановкѣ *репера* съ опредѣленной отмѣт-  
кой—отъ какового репера отмѣриваются высоты различныхъ частей  
сооруженія.

Продольная ось моста обозначается на мѣстѣ двумя вѣхами, постав-  
ленными на правомъ и лѣвомъ берегу рѣки. Обѣ вѣхи устанавливаются  
провѣшиваніемъ,—при помощи теодолита,—продольной оси полотна или  
пути; если послѣднее по мѣстнымъ условіямъ невозможно—опредѣляютъ  
по имѣющемуся плану положеніе точки пересѣченія и уголь, составляемый  
осью моста съ какимъ либо опредѣленнымъ направленіемъ (напр. съ на-  
правленіемъ оси улицы, берега рѣки и проч.) и точно наносятъ эту ось  
на мѣстѣ при помощи теодолита. Обѣ вѣхи должны быть поставлены за  
предѣлами крайнихъ опоръ. При большихъ сооруженіяхъ забиваютъ съ  
этою цѣлью на каждомъ берегу рѣки,—въ плоскости приблизительно нор-  
мальной къ оси моста,—по двѣ сваи, соединяютъ ихъ схватками или

\*) Подробное описаніе устройства основаній приведено въ курсѣ „Основаній“.

насадкой, а къ этой послѣдней прочно прикрѣпляютъ желѣзный или деревянный шестъ, установленный по теодолиту по оси моста.

Имѣя направленіе оси моста, обозначаютъ затѣмъ точки пересѣченія ея съ *поперечными* осями, которыя обыкновенно соотвѣтствуютъ поперечной лицевой грани устоевъ и вертикальному сѣченію, проведенному черезъ середину быка нормально къ продольной оси моста (рис. 98). Если пролетъ незначительный, не болѣе 10 с., и мѣстность горизонтальная, тогда вытягиваютъ по продольной оси моста стальную рулетку и, сообразуясь съ чертежемъ, отмѣчаютъ по ней искомыя точки пересѣченія. Забивъ въ этихъ мѣстахъ колья, устанавливаютъ надъ ними теодолитъ, такъ чтобы визирная линія трубы приходилась въ плоскости продольной оси моста, вращаютъ трубу теодолита на  $90^\circ$  и по ней ставятъ

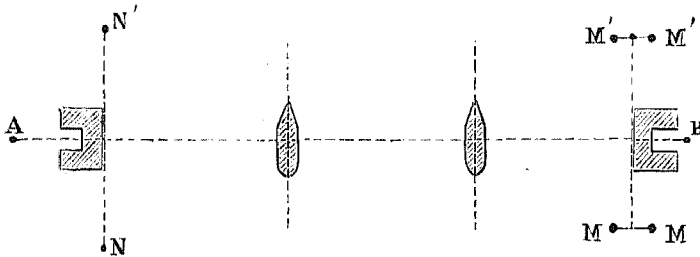


Рис. 98.

по обѣ стороны продольной оси двѣ вѣхи или сваи ( $NN'$ ) (рис. 98), опредѣляющія направленіе поперечной оси. Иногда забиваютъ въ сторонѣ отъ предполагаемой поперечной оси по двѣ сваи ( $M, M$ ) и ( $M', M'$ ) (рис. 98) — соединяютъ ихъ насадками и на нихъ обозначаютъ чертой или инымъ путемъ направленіе поперечной оси, намѣчая кромѣ того и разстоянія нѣкоторыхъ граней и выступовъ устоя отъ избранной поперечной оси.

Всѣ дальнѣйшія разбивки на мѣстѣ дѣлаютъ уже отмѣривая разстоянія отъ продольной и поперечной осей.

При большихъ пролетахъ — разбивка нѣсколько затруднительнѣе. Взаимное разстояніе между поперечными осями опредѣляютъ непосредственнымъ измѣреніемъ стальной рулеткой или точно провѣренными съ намѣченными дѣленіями деревянными брусьями (линейками), вытягивая рулетку по горизонтальному полотну временнаго моста, по полотну подмостей, по льду, или укладывая брусья (линейки) на особыхъ деревянныхъ подкладкахъ и клиньяхъ, расположенныхъ по льду или на землѣ и выровненныхъ притомъ горизонтально. Длина деревянныхъ брусевъ-линеекъ около 20 ф. Концы брусевъ прикасаются одинъ къ другому сбоку и послѣ приведенія дѣленій въ совпаденіе скрѣпляются скобой

съ клинѣми. Брусѣя кладутся въ перевязку — разѣ съ правой, другой разѣ съ лѣвой стороны линіи такъ, чтобы одинъ край каждаго бруса, направляемый по теодолиту, всегда приходился на продольной оси моста. При значительныхъ неровностяхъ грунта (когда работа ведется на подкладкахъ, уложенныхъ на грунтѣ), смежные брусѣя помѣщаются не въ одномъ уровнѣ, и совпаденіе конечныхъ дѣленій производится при помощи чувствительнаго отвѣса.

Кромѣ того для той же цѣли можно примѣнить проволоку. По направленно оси моста, на обоихъ берегахъ укрѣпляютъ прочно два столба (рис. 99); въ вершинѣ одного изъ нихъ имѣется блокъ. Закрѣпивъ проволоку толщиною около 3—4 мм. къ вершинѣ столба безъ блока, другой ея конецъ перекидываютъ черезъ блокъ и привязываютъ опредѣленный грузъ. Отмѣтивъ на проволоку положеніе точки касанія *B*, снимаютъ проволоку и на-

вѣшиваютъ ее при точно такихъ же условіяхъ на другіе два столба, установленные гдѣ либо на берегу. Затѣмъ измѣняютъ протяженіе горизонтальной проекціи между точками *A* и *B*, на-



Рис. 99.

носятъ на этой проекціи положеніе точекъ пересѣченія поперечныхъ осей съ продольною; переносятъ эти точки на проволоку помощью отвѣсовъ — отмѣчаютъ ихъ на ней — послѣ чего снова располагаютъ проволоку на прежнихъ столбахъ *A* и *B* и при помощи отвѣсовъ намѣчаютъ мѣста для забивки кольевъ или свай, въ точкахъ пересѣченія продольной и поперечной осей.

При очень значительной длинѣ моста, когда нельзя пользоваться одной проволокой между крайними опорами, — отмѣчаютъ ею же въ последовательномъ порядкѣ разстоянія между центрами смежныхъ опоръ. Такой приемъ былъ между прочимъ употребленъ при сооруженіи Екатеринославскаго моста. Ось моста давалась двумя постоянными точками (вѣхами) на правомъ и лѣвомъ берегу. Направленіе проволоки и обозначеніе оси на быкахъ дѣлались теодолитомъ, устанавливаемымъ по оси. Для этого ставили сначала теодолитъ приблизительно по линіи береговыхъ вѣхъ, затѣмъ приводили верхній кругъ инструмента въ горизонтальное положеніе помощью двухъ взаимно перпендикулярныхъ уровней и наводили трубу на одну изъ вѣхъ. Переложивъ ее на 180°, смотрѣли на сколько отходитъ волосокъ отъ 2-й вѣхи и передвиганіемъ ножекъ инструмента и приведеніемъ снова верхняго круга въ горизонтальное

положеніе уменьшали это разстояніе вдвое и потомъ, не двигая самага инструмента, поворачивали только трубу до совпаденія волоска съ вѣхой. Переложивъ трубу снова на  $180^\circ$ , можно было видѣть, что волосокъ меньше отходить отъ другой вѣхи; повторивъ это нѣсколько разъ, устанавливали наконецъ трубу совершенно правильно по оси. Дальше и ближе предполагаемаго мѣста быка забивались вѣхи по теодолиту и натягивался между ними шнуръ; онъ давалъ направленіе, по которому слѣдовало натянуть проволоку для обозначенія центровъ. По этому направленію оси становились козлы съ винченными въ нихъ роликами. По нимъ натягивалась проволока, для натяженія которой на концахъ при-

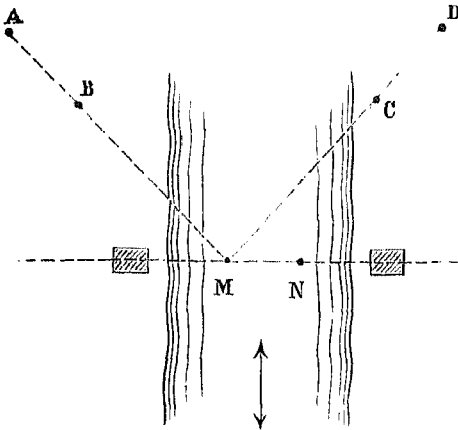


Рис. 100.

вѣшивались пудовыя гири. Дѣйствуя гирями для передвиженія проволоки, ставили ее такъ, чтобы отвѣсъ, удерживаемый у одного изъ навязанныхъ на проволоку узелковъ, приходился надъ центромъ сосѣдняго быка, раньше опредѣленнымъ. Тогда отвѣсъ, помѣщенный у другого узелка, прямо давалъ центръ новаго быка. Чтобы не было вытягиванія проволоки, ее держали предварительно около мѣсяца натянутой этими же двумя гирями, и послѣ того точно отмѣ-

ренное разстояніе  $L$  (т. е. разстояніе между центрами опоръ) помощью отвѣсовъ намѣчалось на проволоку узелками.—Прогибъ, который давала проволока при предварительномъ вытягиваніи, оставался одинъ и тотъ же во всѣхъ измѣреніяхъ и потому не вводилъ въ ошибку при отмѣриваніи. Для большей же вѣрности всегда, передъ провѣшиваніемъ, ее провѣряли по раньше обозначеннымъ центрамъ другихъ быковъ. Точки, между которыми провѣшивается проволока, должны быть приблизительно на одинаковой высотѣ. Въ противномъ случаѣ необходимо дѣлать поправки. Такъ, напр., если бы пришлось опредѣлить центръ устоя въ вырытомъ котлованѣ провѣшиваніемъ проволоки со смежнаго быка, необходимо предварительно опредѣлить нивелиромъ разность высотъ точекъ на быкѣ и въ котлованѣ. Проволока будетъ представлять гипотенузу прямоугольнаго треугольника, одинъ катетъ котораго равенъ разности высотъ, а другой равенъ  $L$ , — поэтому нужно опредѣлить длину гипотенузы и прибавить излишекъ противъ  $L$  къ разстоянію, отмѣченному въ проволоку.

Намѣтивъ тѣмъ или инымъ путемъ точки пересѣченія ( $M$  и  $N$ ) поперечныхъ осей съ продольными, — остается закрѣпить положеніе этихъ

точек какими либо знаками. Для этого забивают сваи на берегу по направлениамъ створныхъ линий  $AB$  и  $CD$  (рис. 100) или же по направлению поперечной оси моста.

Иногда приходится намѣчать центры быковъ—триангуляціоннымъ приеомомъ. Пусть напр. (рис. 101) дано направление продольной оси моста  $AB$

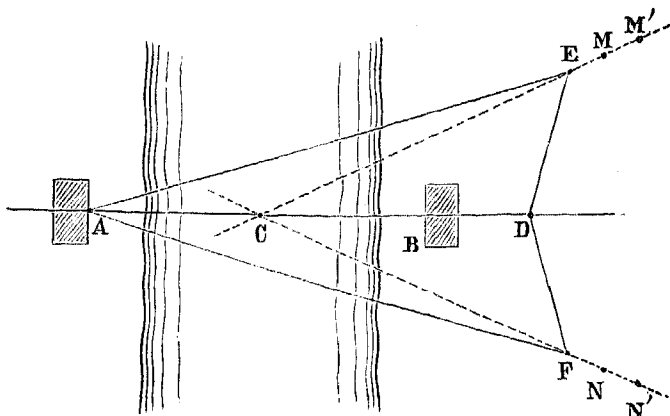


Рис. 101.

и положеніе точки  $A$ , совпадающей съ лицевой гранью устоя; кромѣ того извѣстны и величины пролетовъ  $AC$ ,  $CB$  и т. д. Выбравъ на оси  $AB$  какую-либо точку  $D$ , провѣшиваютъ двѣ произвольныя базы  $DE$  и  $DF$ , точно измѣряютъ ихъ, а равнымъ образомъ и углы  $EDC$  и  $FDC$ . Поставивъ теодолитъ въ точкахъ  $E$  и  $F$ , измѣряютъ углы  $AED$  и  $AFD$ . По даннымъ  $DE$  или  $DF$  и угламъ при  $D$ ,  $E$  или  $F$  — находятъ вычисленіемъ  $AD$ : зная же  $AB$ , находятъ затѣмъ  $BD$  и намѣчаютъ на мѣстѣ точку  $B$ , соответствующую передней грани устоя. Для опредѣленія положенія точки  $C$  — находятъ вычисленіемъ углы  $CED$  и  $CFD$ , такъ какъ въ треугольникахъ того же назначенія извѣстны  $CD$ ,  $DE$  и  $DF$  и углы при  $D$ . Поставивъ въ точкахъ  $E$  и  $F$  теодолитъ такъ, чтобы ось трубы составила съ направлениемъ  $ED$  и  $DF$  углы  $CED$  и  $CFD$  — устанавливаютъ по трубѣ вѣхи  $MM'$ ,  $NN'$  по направленію линий  $CE$  и  $CF$ , причемъ пересѣченіе направленій  $MM'$  и  $NN'$  и опредѣлитъ точку  $C$ .

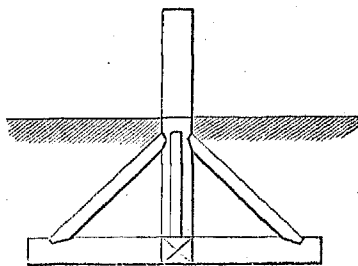


Рис. 102.

*Ретеръ* (рис. 102), служащій для провѣрки высотъ различныхъ частей сооруженія, состоитъ обыкновенно изъ врытаго въ землю деревяннаго столба (лучше дубоваго), вышиною около 0,50 саж. Основаніе столба

большею частью врубается шипомъ въ накрестъ расположенные лежни и утверждается въ неизмѣнномъ положеніи четырьмя подкосами. Верхъ столба сплывается горизонтально и на выровненной вершинѣ укрѣпляется металлическая дощечка, на которую ставится рейка. Иногда для постановки рейки дѣлають вверху, сбоку, вырубку въ полдерева, — что хуже, такъ какъ это можетъ помѣшать держать рейку отвѣсно. На реперѣ полезно написать отмѣтку, къ которой относятся всѣ высоты частей сооруженія. При болѣе значительныхъ сооруженіяхъ, постройка коихъ продолжается нѣсколько лѣтъ, — реперы дѣлають въ видѣ каменныхъ столбовъ, на прочномъ основаніи.

### Заготовленіе матеріаловъ; обмѣръ и пріемка.

Для обезпеченія безостановочнаго производства работъ необходимо всегда имѣть на мѣстѣ работъ извѣстный запасъ матеріаловъ: бутового и штучнаго камня, кирпича, извести, песку, цемента и проч. Но при этомъ не слѣдуетъ доставлять ихъ въ излишествѣ, ибо можетъ потребоваться много мѣста для размѣщенія матеріаловъ, что вліяетъ на усложненіе и удорожаніе перемѣщенія матеріаловъ къ самому сооруженію. Во всякомъ случаѣ матеріалы должны быть заготовлены не менѣе какъ на шесть дней работы.

Для удешевленія подвозки матеріаловъ изъ карьеровъ или изъ центральныхъ складовъ пользуются, при гужевоѣ доставкѣ, обыкновенно зимнимъ путемъ (если не имѣется въ виду перевозки по желѣзной дорогѣ); доставка на баркахъ лѣтомъ — также дешевый способъ перемѣщенія. Всѣ эти матеріалы складываются по возможности ближе къ самому сооруженію. Штучные, лекальные камни, а также облицовочные, обыкновенно еще въ карьерахъ приводятся въ правильную форму съ обтеской граней и доставляются на мѣсто работъ въ обдѣланномъ видѣ. Въ извѣстныхъ случаяхъ штучные камни нумеруются.

Бутовый камень складывается отдѣльными штабелями высотой не болѣе 0,50—0,75 саж., съ основаніемъ отъ 1 до 3 кв. саж.; между штабелями оставляють проходы; кирпичъ складывается въ штабеляхъ, по тысячѣ въ каждой; штучные или облицованные камни располагаются въ одинъ рядъ — для облегченія отысканія подходящаго или назначеннаго по чертежу камня. Известь и цементъ въ бочкахъ помѣщаются въ закрытыхъ досчатыхъ помѣщеніяхъ; песокъ и щебень складываютъ въ конусахъ. Жирная известь доставляется въ гашеномъ состояніи (пушонка) или негашеная (кипѣлка), что зависитъ отъ относительной дальности мѣста обжига извести. Если это разстояніе не особенно велико, предпочитаютъ кипѣлку, перевозя ее въ плотныхъ ящикахъ или бочкахъ и



сохраняя на мѣстѣ работъ въ закрытыхъ помѣщеніяхъ; такая известь гасится прямо въ тѣсто требуемой густоты. Въ противномъ случаѣ известь доставляется уже гашеная, причемъ не требуется особенной предосторожности при перевозкѣ. Гидравлическая же известь всегда доставляется въ негашеномъ состояніи, такъ какъ она тотчасъ по погашеніи должна быть употреблена въ дѣло.

Тутъ же вблизи располагають творила (прямоугольныя ямы, обложенныя досками) для храненія известковаго тѣста.

При выборѣ мѣста для тѣхъ или другихъ приспособленій слѣдуетъ всегда имѣть въ виду возможно-меньшее перемѣщеніе матеріала. Такъ, напр., если предполагается приготовить бетонъ, то ящики для перемѣшиванія щебня съ растворомъ помѣщается между складомъ промытаго щебня и ящиками, въ которыхъ готовится растворъ изъ смѣси песку и цемента.

Освидѣтельствованіе и приѣмку матеріаловъ, согласно требованіямъ техническихъ условій, слѣдуетъ дѣлать заблаговременно, чтобы во избѣжаніе остановки работъ не быть вынужденнымъ допускать въ дѣло матеріалы неудовлетворительнаго качества. Качество камня полезно освидѣтельствовать еще въ карьерахъ для сбереженія расходовъ по перевозкѣ камня, подлежащаго забракованію.

Обмѣръ выставляемаго матеріала дѣлается исчисленіемъ объема геометрической фигуры штабелей или отдѣльных штукъ камней съ указаніемъ площади обтески.

Для *каменныхъ* работъ преимущественно употребляется гранитъ, песчаникъ (кварцевый), известнякъ, булыжный камень, гранитный и песчаниковый, известковый песчаникъ, базальтъ, порфиръ, діоритъ; глинистые известняки не допускаются. Вообще камень долженъ быть плотнаго, однообразнаго, сплошнаго сложенія, мелкозернистый, безъ трещинъ и прослоекъ постороннихъ породъ, не вывѣтривающійся и сопротивляющійся дѣйствию мороза.

*Кирпичъ* долженъ быть приготовленъ изъ хорошо перемѣшанной глины, безъ избытка песку и не содержащей мергеля; опъ долженъ быть хорошо обожженъ, равнаго цвѣта, съ плоскими гранями, съ правильными кромками и прямыми углами, хорошо принимать теску, при ударѣ молоткомъ долженъ издавать чистый звукъ. Въ изломѣ кирпичъ долженъ представлять плотную и однородную массу, безъ камней, а въ особенности безъ крапинокъ обожженной извести; предѣльное увеличеніе вѣса при насыщеніи водою:  $4\%$ — $6\%$ .

*Известь* должна быть свѣже-обожженная. Если известь гасится не на мѣстѣ работъ, а доставляется въ видѣ пупонки, количество содержащихся въ извести постороннихъ веществъ опредѣляется тѣмъ, что извѣ-

стное количество извести ссыпаютъ въ полотняный мѣшочекъ и отмучиваютъ въ водѣ; разность въ вѣсѣ до и послѣ отмучиванія покажетъ степень чистоты извести. Доставленную на мѣсто работъ пушонку, передъ употребленіемъ въ дѣло, держать въ творильной ямѣ нѣкоторое время подъ водою, около трехъ дней, что называется *замореніемъ* извести. Она располагается слоями толщиною въ  $\frac{1}{2}$  фута, попеременно со слоями песку. Послѣ положенія слоя песку, наливаютъ столько воды, чтобы известь и песокъ были ею покрыты. Передъ употребленіемъ въ дѣло забираютъ лопатой изъ ямъ песокъ и известковое тѣсто кладутъ въ камельничій ящикъ, перемѣшиваютъ и разрабатываютъ лопатами. Хотя изъ ямы получается тѣсто довольно жесткое, но ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ приливать къ нему воды. При тщательномъ переработываніи тѣста, известь отдаетъ механически связанную воду и можно получить растворъ вязкаго вида. Потомъ прибавляютъ въ ящикъ въ опредѣленной пропорціи песокъ и перемѣшиваютъ до тѣхъ поръ, пока не получится однородная масса.

Если же известь доставляется негашеная (кипѣлка)—она гасится на мѣстѣ прямо въ тѣсто. Для этого ставятъ около творила ящикъ, около 1 саж. въ сторонѣ и высотой около 8 вершковъ. Въ одной изъ стѣнокъ сдѣланъ прорѣзъ во всю высоту стѣнки и шириною около 8 вершковъ; прорѣзъ прикрытъ сѣткой и деревяннымъ щиткомъ. Опустивъ щитъ, наполняютъ ящикъ кипѣлкой и поверхъ ея наливаютъ воду, или обратно— сначала наливаютъ воду и въ нее опускаютъ кипѣлку, причемъ, по мнѣнію нѣкоторыхъ, гашеніе въ послѣднемъ случаѣ происходитъ несравненно лучше. Вслѣдъ за симъ появляется шипѣніе, известь вспучивается, растрескивается и сильно нагрѣвается. Когда не замѣчается больше движенія, известь переворачиваютъ деревянными крюками, чтобы ускорить гашеніе непогасившихся еще частицъ. Для изслѣдованія массы гасимой извести просовываютъ палку; если, по вынутіи палки, изъ отверстія показываются пыльные пары, направляютъ въ отверстіе воду изъ ящика же, по проложенной бороздкѣ. Затѣмъ поднимаютъ щитокъ, спускаютъ тѣсто въ творильную яму и тамъ покрываютъ слоемъ песку; потомъ гасятъ новое количество извести, которое опять спускаютъ въ творило, пока оно не будетъ наполнено.

Весьма важное значеніе имѣетъ количество воды, употребленное для гашенія. Если воды взято мало, то известь подвергается дѣйствию очень высокой температуры, не будучи охлаждаема избыткомъ воды; частицы ея спекаются въ крупинки и она обращается въ *сожженную* известь, негодную для употребленія (перепаль). При обилии воды, температура не достаточно высока, чтобы способствовать раздробленію извести въ порошокъ; избытокъ воды охлаждаетъ массу; известь получается въ кру-

пинкахъ и также негодна для употребленія (недопаль). Лучше всего опредѣлять количество воды опытомъ. При гашеніи извести въ порошокъ достаточно *четыре* объема воды на *три* объема кипѣлки, а при гашеніи въ тѣсто — необходимо *три* объема воды на *одинъ* объемъ кипѣлки.

Приготовленное такимъ образомъ тѣсто можетъ оставаться въ ямахъ неопредѣленное время, не теряя своихъ достоинствъ; необходимо только устранить соприкосновеніе съ воздухомъ. Съ другой стороны употребленіе известкового тѣста для раствора не допускается ранѣе шести дней по загашеніи извести (за исключеніемъ гидравлической извести).

Гидравлическая известь гасится передъ самымъ употребленіемъ въ дѣло. При гашеніи она не обращается въ тѣсто и не рассыпается въ порошокъ и потому послѣ гашенія необходимо раздробить ее. При гашеніи она впитываетъ воду, а при раздробленіи опять отдаетъ ее отъ себя; этой воды достаточно для образованія раствора. Поэтому подъ жернова мельницы подбрасываютъ вмѣстѣ съ гидравлическою известью—песокъ, и получается одновременно растворъ.

Качество известкового раствора изъ жирной извести (1 ч. извести и 2—3 ч. песку) обыкновенно опредѣляется тѣмъ, чтобы подлитые на немъ семь кирпичей, по истеченіи семи сутокъ, при подъемѣ ихъ за верхній, остались бы всѣ въ связи между собою, безъ распаденія.

*Цементъ*—долженъ быть доставляемъ въ крѣпкихъ бочкахъ, хорошо укупоренный. Поврежденный или подмоченный—ни въ какомъ случаѣ не долженъ быть употребляемъ въ дѣло. Цементъ долженъ быть медленно твердѣющій и удовлетворять нормальнымъ условіямъ по пріемкѣ и испытанію \*). Цементный растворъ долженъ имѣть видъ густого и вязкаго тѣста.

*Составъ цементнаго раствора* измѣняется отъ 1 ц. : 1 п. и 1 ц. : 2 п.— для частей сооруженія, гдѣ помимо крѣпости требуется и водонепроницаемость—до 1 ц. : 3 п. и 1 ц. : 4 п.— для устройства основаній, опоръ и для приготовленія бетона.

Между объемами составныхъ частей и готоваго раствора получается слѣдующая зависимость:

О б ъ е м ы:				На 1 куб. м. раствора требуется:		
Цементъ.	Песку.	Воды.	Раствора.	Цементъ кпл.	Песку литр.	Воды литр.
1	1	0,53	1,50	933	667	353
1	2	0,75	2,25	622	888	333
1	3	0,98	3,00	467	1000	327
1	4	1,25	3,80	368	1053	329

\*) Последнее видоизмѣненіе нормальныхъ условій состоялось въ 1895 году.

т. е. объемъ раствора составляетъ около 75% отъ общаго объема цемента и песку.

Болѣе тоному раствору съ содержаніемъ 1 ц. : 5 п.—нѣкоторые инженеры предпочитаютъ сложный растворъ съ прибавленіемъ незначительнаго количества извести, дѣлающей растворъ болѣе вязкимъ, такъ какъ топій растворъ трудно равномерно разравнивать и онъ не обладаетъ достаточной вязкостью и пластичностью. Весьма важное значеніе имѣетъ въ этомъ случаѣ количество прибавляемой извести. По мѣрѣ увеличенія прибавленія извести качество тощаго цементнаго раствора улучшается, но содержаніе извести не должно превосходить извѣстнаго предѣла, за которымъ прибавленіе извести ухудшаетъ качество раствора. По опытамъ Duckerhoff'a и Wolff'a, при надлежащемъ содержаніи извести, крупность тощаго цементнаго раствора увеличивается на 40%—100%, а сцѣпление увеличивается еще въ большей степени. Наиболѣе подходящій составъ сложнаго раствора слѣдующій:

1 ц. :	5 п. :	1/2	извести.	тѣста
1 ц. :	6—7 п. :	1	»	»
1 ц. :	8 п. :	1 1/2	»	»
1 ц. :	10 п. :	2	»	»

Для указаннаго состава раствора существуетъ слѣдующее соотношеніе между объемами составныхъ частей и объемомъ готоваго раствора:

Объемы:					На 1 куб. м. раствора требуется:			
Цемент.	Песку.	Известковаго тѣста.	Воды.	Раствора.	Цемент.	Песку	Извести	Воды
					кв.	литр.	литр.	литр.
1	5	0,5	1,30	4,90	286	1020	102	265
1	6	1,0	1,35	6,00	233	1000	167	225
1	7	1,0	1,60	6,80	206	1029	147	235
1	8	1,5	1,60	7,80	182	1040	195	205
1	10	2,0	1,70	9,45	148	1055	212	180

т. е. объемъ раствора составляетъ около 75% отъ общаго объема цемента, песку и известковаго тѣста.

*Приготовленіе цементнаго раствора.* Цементный растворъ готовится за одинъ разъ въ количествѣ не больше того, которое можетъ быть употреблено въ дѣло прежде, чѣмъ растворъ начнетъ схватываться. Приготовленіе раствора состоитъ въ томъ, что насыпаютъ на досчатый помостъ песокъ не толстымъ слоемъ въ опредѣленномъ количествѣ, поверхъ него располагаютъ въ соотвѣтственномъ количествѣ цементъ и тщательно все перемѣшиваютъ, пока не получится смѣсь однообразнаго цвѣта.

Затѣмъ смѣсь насыпаютъ въ творило или въ барабанъ и при непрерывномъ иеремѣшиваніи прибавляютъ медленно необходимое количество воды. Количество прибавляемой воды находится въ зависимости отъ быстроты схватыванія, назначенія раствора и отъ погоды. Быстро схватывающійся цементъ требуетъ обильнаго количества воды; при сырой погодѣ требуется менѣе воды; если растворъ идетъ на приготовленіе бетона, который будетъ втрамбовываться, то онъ долженъ быть достаточно сухимъ, вродѣ влажной земли, допускающимъ скатываніе шариковъ, т. е. долженъ быть настолько сухимъ чтобы при трамбованіи только что начинала выдѣляться вода. Растворъ, употребляемый для каменной кладки, долженъ содержать въ себѣ только настолько воды, чтобы легко сходила съ каменщицъей лопатки. Вообще, чѣмъ меньше воды употреблено для приготовленія раствора, тѣмъ лучше; тщательнымъ иеремѣшиваніемъ — растворъ, при маломъ количествѣ воды, дѣлается вязкимъ, при чемъ онъ уплотняется и дѣлается болѣе прочнымъ. При значительномъ количествѣ воды прочность и плотность раствора уменьшаются, а при сырой и холодной погодѣ затвердѣваніе идетъ болѣе медленно. Для кирпичной кладки растворъ употребляется, впрочемъ, болѣе жидкимъ по сравненію съ растворомъ для каменной кладки, такъ какъ кирпичъ впитываетъ много влаги. Если растворъ начинаетъ крѣпнуть ранѣе употребленія въ дѣло, то его ни въ какомъ случаѣ нельзя употреблять въ кладку, хотя бы и разжиженнымъ отъ прибавленія воды. При болѣе значительныхъ сооруженіяхъ пользуются механическимъ иеремѣшиваніемъ въ барабанахъ (рис. 102'), съ вертикальной, горизонтальной или наклонной осью вращения, съ насаженными на ней пожами. Ножи имѣютъ обыкновенно очертавіе винтовыхъ лопастей, что безусловно необходимо при горизонтальномъ барабанѣ, для того, чтобы передвигать растворъ къ одному концу барабана, гдѣ имѣется закрываемое щитомъ отверстіе. Въ типѣ барабана, указанномъ на рис. 102', при высотѣ въ 1,1 м., діаметрѣ 0,85 м. и при двигателѣ въ 2 паровыя лошади, изготовляется въ часъ отъ 2 до 3 куб. метр. раствора.

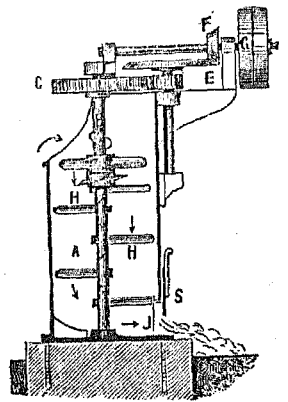


Рис. 102'.

*Приготовленіе сложнаго раствора* состоитъ въ слѣдующемъ: известковое тѣсто разбавляется въ ручномъ или машинномъ творилѣ водою такъ, чтобы образовалось известковое молоко; затѣмъ насыпаютъ заранѣе иеремѣшанный песокъ съ цементомъ и всю смѣсь тщательно иеремѣшиваютъ, пока не получится однообразное тѣсто. Если вмѣсто известковаго тѣста берется пушонка, то предварительно иеремѣшиваютъ въ сухомъ со-

стоянии известъ, песокъ и цементъ и затѣмъ прибавляютъ воду. Необходимо обратить вниманіе, чтобы въ пушонкѣ не оставалось непогасившихся частей; полезно ее просѣять или измолоть; безъ этой предосторожности частицы могутъ со временемъ погаситься и, увеличившись въ объемѣ, разстроить прочность швовъ.

Объемъ раствора долженъ отвѣчать полному заполненію пустотъ между щебенками. Опредѣливъ этотъ объемъ для данной какой-либо мѣры щебня путемъ вливанія въ нее воды и измѣренія ея объема, прибавляютъ еще къ измѣренному объему до 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Что касается размѣра отдѣльныхъ щебенокъ, то онѣ должны быть не болѣе 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> д., при чемъ безусловно полезно, чтобъ щебень, входящій въ составъ бетона, былъ разнообразной величины, что необходимо для лучшаго заполнения всѣхъ пустотъ. Обыкновенное отношеніе объема раствора въ объему бетона или, что почти тоже—къ объему щебня—около 55<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

*Трамбованіе* бетона значительно повышаетъ его сопротивленіе. Такъ по Дускерhoff'у—бетонъ въ составѣ 1 ц. : 3 п. : 3 щебня, погруженный послѣ приготовленія въ воду и не подвергнутый трамбованію, послѣ 28 дней имѣлъ временное сопротивленіе раздробленію всего въ 35 <sup>кпл.</sup>/<sub>см<sup>2</sup></sub>; затѣмъ бетонъ болѣе тощій въ составѣ 1 ц. : 3 п. : 6 щебня—втрамбованный въ форму и выдержанный сутки на воздухѣ и 27 дней подъ водою—имѣлъ временное сопротивленіе въ три раза болѣе, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

*Приготовленіе бетона.* Бетонъ готовится вручную или машиннымъ образомъ. Въ первомъ случаѣ устраиваютъ обыкновенно двѣ рядомъ расположенныя платформы или помоста; на одной изъ нихъ располагаютъ ровнымъ слоемъ песокъ, поверхъ котораго насыпаютъ ровнымъ же слоемъ цементъ; всю массу тщательно перемѣшиваютъ съ прибавленіемъ необходимаго количества воды, пока растворъ не приметъ однообразный цвѣтъ безъ свѣтлыхъ полосъ. Одновременно на второй платформѣ рассыпаютъ равномерный слой тщательно промытаго щебня. Этотъ слой щебня забрасываютъ растворомъ ровнымъ же слоемъ и все тщательно перемѣшиваютъ. Если песокъ и щебень составляютъ природную или искусственную смѣсь, то перемѣшиваютъ съ этой смѣсью цементъ на-сухо и затѣмъ уже прибавляютъ воду; но лучше примѣнить первый приемъ. Нѣкоторые инженеры отдають предпочтеніе ручному приготовленію бетона по сравненію съ машиннымъ.

При машинномъ приготовленіи пользуются весьма разнообразными устройствами, перемѣшивая растворъ со щебнемъ въ плоскихъ чашкахъ (бетоньеркахъ), въ цилиндрическихъ барабанахъ, съ горизонтальной, наклонной или вертикальной осями вращенія. При горизонтальныхъ или наклонныхъ осяхъ вращенія обыкновенно вращается цилиндръ, и щебень перемѣшивается съ растворомъ, благодаря развивающейся центробѣжной

сплѣ. При вертикальныхъ осяхъ вращенія — цилиндръ неподвиженъ, а вращается ось съ посаженными на ней кулаками, пожами, винтовыми лопастями и проч. Приготовленный машиннымъ путемъ растворъ поступаетъ изъ барабана въ бетоньерку, куда всынается тщательно промытый щебень, и все затѣмъ перемѣшивается. Иногда же перемѣшивается машиннымъ путемъ въ сухомъ видѣ цементъ, песокъ и щебень, смѣсь автоматически поступаетъ въ бетоньерку, гдѣ съ прибавленіемъ воды перемѣшивается въ бетонъ. Въ зависимости отъ размѣровъ бетоньерокъ 8-силъная паровая машина въ состояніи приготовить въ 1 часъ отъ 12 до 30 куб. метр. бетона.

На рис. 103 изображено схематически расположеніе механическихъ устройствъ для приготовления раствора и бетона. примѣненныхъ при сооруженіи гавани въ Килѣ.

На трехъ различныхъ уровняхъ устроено три помоста. На верхнемъ помостѣ перемѣшивается въ сухомъ видѣ песокъ и цементъ; въ верхнемъ цилиндрѣ готовится растворъ; вода доставляется изъ резервуара; приготовленный растворъ поступаетъ во второй цилиндръ, куда одновременно высыплютъ щебень; готовый бетонъ развозятъ затѣмъ тачками. При приготовленіи бетона для опоръ Троицкаго моста

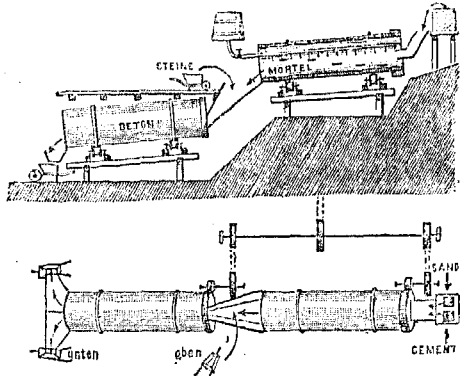


Рис. 103.

въ Петербургѣ песокъ и цементъ, перемѣшенные въ сухомъ видѣ, забрасывались въ вертикальный цилиндръ съ подвижной осью вращенія, съ посаженными на ней лопастями, куда прибавлялось изъ трубки определенное количество воды. Въ нижней части цилиндра, около дна его, было сдѣлапо щитовое отверстіе; по окончаніи операціи отверстіе открывалось, и чрезъ него при непрекращавшемся вращеніи оси выдавливался лопастями растворъ. Этотъ послѣдній немедленно забрасывался въ поставленную рядомъ бетоньерку—въ видѣ плоскаго круга съ высокими бортами; внутри этой чашки вращалась ось съ посаженными на пей горизонтальными пальцами съ кулаками; одновременно насыпался въ бетоньерку щебень; плоскій кругъ, представлявшій дно плоской чашки, имѣлъ отверстіе, задвигаемое щиткомъ, чрезъ которое падалъ бетонъ въ поставленную подъ бетоньеркой вагонетки.

*Бетонная кладка* производится или подъ водою (*мокрое бетонированіе*) или въ освобожденномъ въ воды пространствѣ (*сухое бетонированіе*). Въ томъ и другомъ случаѣ примѣняютъ различные приемы работы

при соответственныхъ составахъ бетона. Бетопириваніе подь водою имѣеть слѣдующіе недостатки: необходимость принятія предосторожностей противъ вымыванія раствора во время погруженія, затруднительность контроля, невозможность трамбованія бетона и медленное его затвердѣваніе. Въ виду возможности вымыванія раствора, при мокромъ бетоированіи употребляютъ обыкновенно болѣе жирный бетонъ, такъ что содержаніе раствора должно быть не менѣе 50%. Существовало мнѣніе, что бетоированіе подь водою предпочтительнѣе, такъ какъ для затвердѣванія бетона необходимо присутствіе воды; но этотъ взглядъ нынѣ оставленъ.

Для того, чтобы уменьшить вымываніе раствора при погруженія бетона, ничѣмъ не прикрытаго, англійскій инженеръ (Kinipple) погружалъ бетонъ нѣсколько часовъ (2—5) спустя послѣ его приготовленія, когда уже онъ получалъ извѣстную твердость; такой бетонъ онъ называлъ «пластичнымъ». Но при этомъ начавшееся схватываніе нарушается при погруженіи и разединеніи частей и едва ли можетъ затѣмъ полностью восстановиться, такъ что крѣпость «пластичнаго» бетона должна уступать крѣпости обыкновеннаго бетона; приемъ этотъ можетъ быть примѣненъ лишь въ томъ случаѣ, когда отъ бетона не требуется прочности и крѣпости и онъ играетъ роль мертваго груза. Что касается приема погружать только песокъ и щебень и нагнетать жидкій цементъ, — то приемъ этотъ нельзя назвать нормальнымъ, и онъ можетъ быть употребленъ только при ремонтѣ или укрѣпленіи подводныхъ частей сооружений и пр.

Другой приемъ состоитъ въ погруженіи бетона въ просмоленныхъ мѣшкахъ; но при этомъ нельзя ожидать образованія сплошной массы, чему препятствуетъ полотно. Объемы погруженныхъ такимъ образомъ массъ составляютъ отъ 14 до 45 куб. метр.

Наиболѣе дѣйствительный приемъ погруженія состоитъ въ употребленіи деревянныхъ (рис. 104 и 105) или металлическихъ (рис. 106) ящиковъ съ откиднымъ дномъ, полотняныхъ мѣшковъ (рис. 107) или металлическихъ деревянныхъ трубъ или воронокъ (рис. 108). Ящики опускаются съ мостовыхъ крановъ или помощью постоянного поворотнаго крана. Часто кузовъ вагонетки устраивается въ видѣ подобнаго ящика; такая вагонетка, доставленная по рельсовому пути, снимается поворотнымъ краномъ, опускается въ воду, опоражнивается и вновь устанавливается на остовѣ вагонетки. При бетоированіи подь водой необходимо по возможности увеличивать объемы отдѣльныхъ погружаемыхъ массъ, чтобы уменьшить поверхность при данномъ объемѣ; кромѣ того высота объема должна быть тоже незначительная, для избѣжанія неравномѣрнаго распредѣленія щебенки и раствора. Объемы деревянныхъ и металлическихъ ящиковъ измѣняются отъ 0,05 до 2 куб. метр., хотя бывали примѣры, когда объемъ составлялъ 16 куб. метр. (при сооруженіи гавани въ Дублинѣ).



Въ изображенномъ на рис. 104 ящикъ дно открывається, если натянуть канатъ *g*, прикрѣпленный къ колѣбчатому крюку. Въ типѣ ящика (рис. 105) въ видѣ сектора, —обѣ нижнія наклонныя грани раскрываются, послѣ поднятія вертикальнаго засова при помощи каната. На рис. 106 показанъ металлическій ящикъ, объемомъ въ 0,5 куб. метр., состоящій изъ двухъ половинокъ, образующихъ полуцилиндръ. Во время погруженія ящикъ подвѣшенъ помощью колѣбчатыхъ крюковъ *A* и питагъ *D* къ

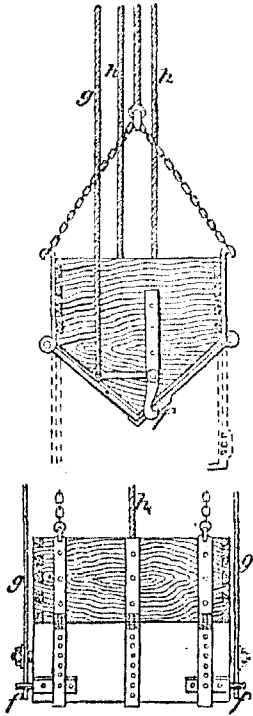


Рис. 104.

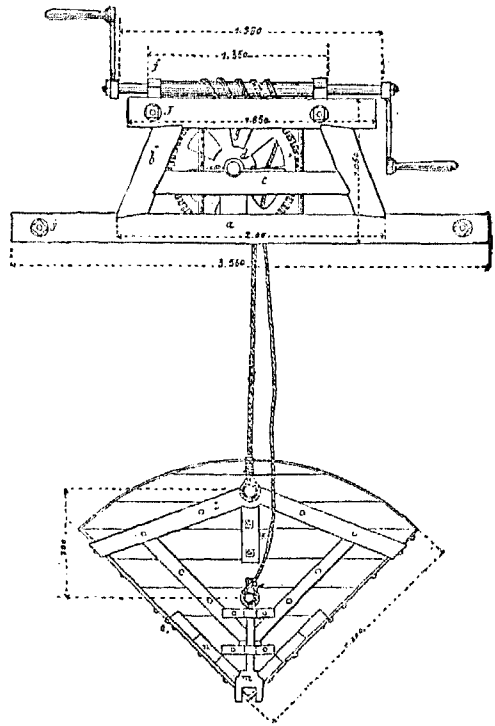


Рис. 105.

коромыслу *G*, къ которому прикрѣплена цѣпь; два звена этой цѣпи, отстоящіе одинъ отъ другого на нѣсколько звеньевъ, сближены и взаимно соединены особымъ крюкомъ *C*. Когда ящикъ опущенъ на опредѣленную глубину и необходимо его открыть, начинаютъ тянуть канатъ *M*, прикрѣпленный къ крюку *C*. Крюкъ соскакиваетъ, коромысло падаетъ, цѣпь между взаимно сближенными звеньями натягивается, а вмѣстѣ съ нею натягиваются и канаты *R*, прикрѣпленные къ ребрамъ ящика, который такимъ образомъ раскрывается. Иногда пользуются полотняными просмоленными мѣшками (рис. 107) съ объемомъ въ 0,15 куб. м., низъ которыхъ завязывается особой петлей, изображенной на рис. 107; если потянуть за одинъ конецъ петли, то она развязывается сама собой и бетонъ

вываливается из мѣшка. При погруженіи ящика въ воду, вытѣсненная имъ вода съ большою силою вновь занимает свое положеніе и при этомъ вымываетъ растворъ въ верхней обнаженной части бетона; въ виду сего полезно прикрывать ящики во время погруженія полотномъ, прикрѣпленнымъ къ ящику и съ отверстиями для выхода воздуха. Если приходится располагать бетонъ въ узкомъ огражденномъ пространствѣ, — перѣдко пользуются деревянными или желѣзными воронками (рис. 108), прикрѣпленными къ тѣлѣжкѣ и перемѣщаемыми вдоль мостового крапа, который въ свою очередь перемѣщается по рельсовому пути; воронка состоитъ изъ нѣсколькихъ съемныхъ частей. Для того, чтобы бетонъ не могъ прилипать къ стѣнкамъ воронки, нижняя часть ея часто дѣлается расходя-

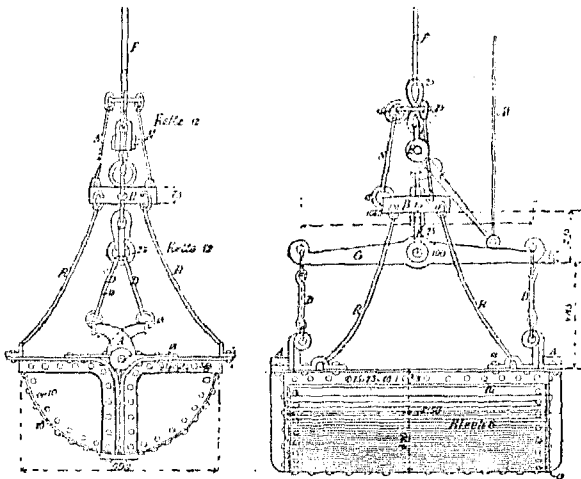


Рис. 106.

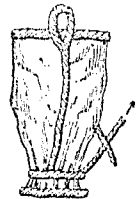
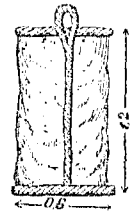


Рис. 107.

щеюся. Такъ какъ при погруженіи воронкой бетонъ ложится менѣе плотно, чѣмъ при погруженіи ящиками, то иногда въ концѣ воронки устраиваютъ катки или примѣняютъ специальный катокъ (черт. 44), но при неровной поверхности бетона — перемѣщеніе воронки съ катками очень затруднительно; давленіе воды отчасти замѣняетъ дѣйствіе трамбованія. При погруженіи бетона воронками — необходимо избѣгать перерывовъ; поэтому работа производится днемъ и ночью. Заполненіе воронки вновь послѣ перерыва требуетъ особыхъ предосторожностей противъ вымыванія раствора. Для этого, поднимая воронку, вставляютъ въ нее другую, болѣе узкую, съ откиднымъ дномъ, и заполняютъ ее бетономъ по мѣрѣ опусканія обѣихъ воронокъ, наблюдая при томъ, чтобы уровень бетона былъ всегда выше поверхности воды; когда наружная и внутренняя воронки дошли до низу, то открываютъ откидное дно и осторожно вытаскиваютъ

внутреннюю воронку, одновременно заполняя бетономъ промежутки между внутренней и наружной воронками. Вообще при подводной кладкѣ слѣдуетъ обратить вниманіе на быстроту и непрерывность работы. Если подводное бетонированіе выведено до уровня ниже горизонта воды и дальнѣйшую кладку предполагается вести послѣ предварительнаго откачиванія воды, то необходимо выждать нѣсколько недель или мѣсяцевъ, пока бетонъ подъ водой вполне окрепнетъ, иначе можетъ произойти изломъ или выпучиваніе бетона отъ давленія воды снизу вверхъ; обыкновенно полагаютъ, что толщина бетоннаго слоя, подвергающагося давленію воды снизу вверхъ, должна быть не менѣе  $0,44 h$ , если  $h$ —высота подпора.

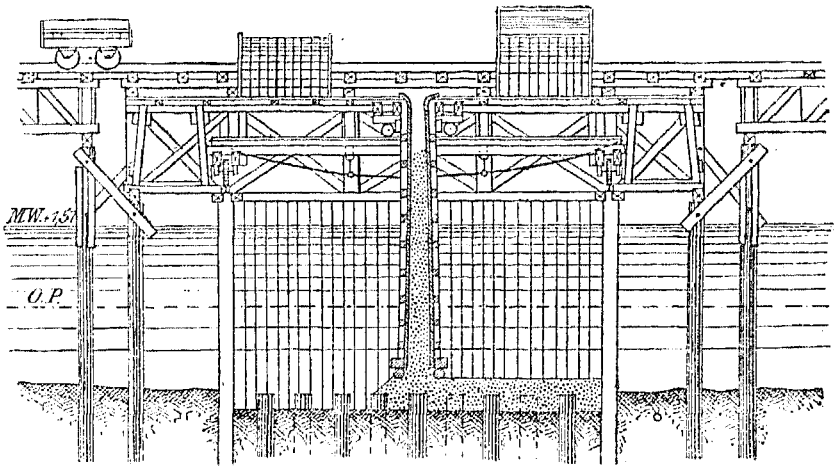


Рис. 108.

При бетонированіи выше поверхности воды или вообще при сухомъ бетонированіи—бетонъ располагается уступами по слоямъ около 30 сантим., при чемъ откосамъ присыпныхъ слоевъ придается наклонное положеніе; слой слѣдуетъ такъ располагать, чтобы послѣ не было сквозныхъ швовъ, каждый слой тщательно трамбуется, пока не выступитъ вода. При толстыхъ слояхъ, хотя уменьшается число раздѣльныхъ поверхностей, но за то затрудняется трамбованіе. Если бетонъ располагается непосредственно на грунтѣ и есть основаніе опасаться проточной грунтовой воды, то слѣдуетъ, начиная съ подошвы основанія, класть жирный бетонъ, избѣгая для нижнихъ слоевъ кладки безъ раствора (на сухо), такъ какъ иначе между камнями или щебнемъ можетъ образоваться протокъ съ вымываніемъ раствора. При недостаточно плотномъ грунтѣ полезно до начала бетонированія втрамбовывать въ грунтъ щебень до совершеннаго уплотненія основаній. Одно время существовало среди англійскихъ инженеровъ мнѣніе, что при сухомъ бетонированіи бетонъ долженъ быть сбра-

сываемъ съ высоты около 2,5 м. Это вѣроятно и послужило поводомъ къ примѣненію деревянныхъ или металлическихъ трубъ, внизу которыхъ располагается зигзагомъ рядъ встрѣчныхъ наклонныхъ плоскостей; по этимъ послѣднимъ бетонъ опускается внизъ непрерывной массой (рис. 109); труба вверху закрывается вращающейся крышкой. Несмотря на это, благодаря различію удѣльнаго вѣса щебня и раствора, щебенки опускались быстрѣе, такъ что внизу располагались сначала болѣе крупныя части, а затѣмъ болѣе мелкія и растворъ. Въ виду сего опущенный такимъ путемъ бетонъ требуетъ безусловно вторичнаго перемѣшиванія на мѣстѣ сбрасыванія.

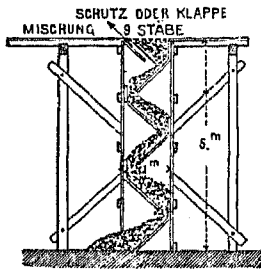


Рис. 109.

Если приходится опускать бетонъ на большую глубину, то лучше пользоваться для сего опускными ящиками, подобными примѣняемымъ при бетонированіи подъ водой. Если это почему-либо неудобно исполнимо, то слѣдуетъ опускать его въ металлическихъ или деревянныхъ воронкахъ съ обязательнымъ вторичнымъ перемѣшиваніемъ. Поверхность уложенныхъ слоевъ должна быть шероховатая; если она сглаживается отъ трамбованія, то необходимо передъ положеніемъ новыхъ слоевъ

придать ей шероховатость. Если перерывъ работы будетъ около 24 часовъ, то поверхность тщательно смываютъ и скребутъ проволочными щетками; при большемъ перерывѣ приходится выкирковывать бороздки.

Особенное вниманіе должно быть обращено на тщательное трамбованіе около периметра. Вѣсъ трамбовокъ измѣняется отъ 10 до 15 кил.; деревянные трамбовки оковываются листовымъ желѣзомъ. На рис. 110 показано примѣненное въ Бременѣ приспособленіе для машиннаго трамбованія тремя желѣзными трамбовками, вѣсомъ каждая около 90 кил. при площади въ 0,3 кв. м. Нижняя поверхность трамбовокъ волнообразная; подъемъ ихъ совершался вращеніемъ оси съ кулаками. Въ жаркое время необходимо предохранять бетонъ отъ быстрого высыханія—путемъ поливки въ теченіе первыхъ недѣль, или же слѣдуетъ прикрыть его навѣсомъ. По мнѣнію нѣкоторыхъ инженеровъ для лучшаго затвердѣнія бетона полезно послѣ положенія каждого слоя впускать воду въ котлованъ на 1 сутки; послѣ положенія послѣдняго слоя рекомендуется оставить бетонъ подъ водою около 6 сутокъ и затѣмъ, откачавъ воду, начать буттовую кладку.

*Песокъ* — долженъ быть чистый, безъ примѣси глины, землистыхъ и органическихъ веществъ. Лучшимъ пескомъ считается грунтовый, какъ состоящій изъ неровныхъ, угловатыхъ несчинокъ, но при обязательномъ условіи, чтобы онъ былъ тщательно промытъ и освобожденъ отъ глины и растительныхъ веществъ. Рѣчной песокъ — чище всякаго другого, но

частицы его округлены. Морской песок также представляет округленные песчинки, вдобавок пропитанныя вредными для раствора солями.— Наконец наносный (верховый), сыпучий песок, состоящий из мелких легких кварцевых зеренъ, смѣшанныхъ съ известью и глиной—наибольше неудовлетворительный для раствора песокъ.

По составу своему лучшимъ пескомъ считается кварцевый, затѣмъ полево-шпатовый, и хуже всего—известковый.

Для бутовой кладки идетъ крупный песокъ, т. е., такой который проходитъ черезъ сито съ отверстиями шириною 1,8 лин., и не проходитъ

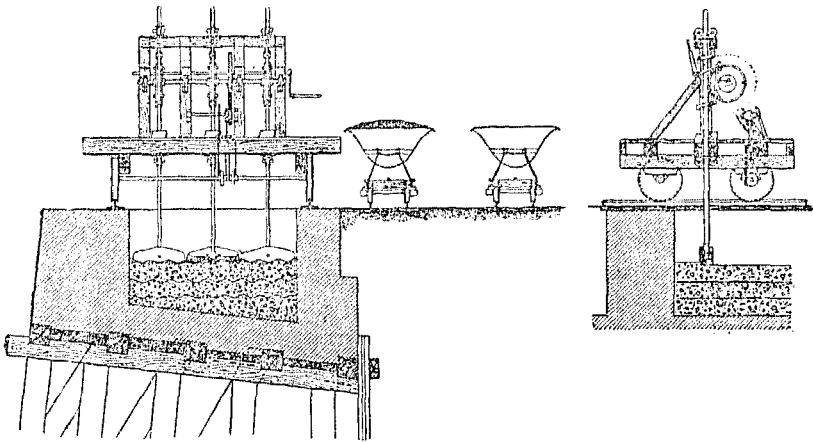


Рис. 110.

черезъ отверстія шириною 0,8 лин.; для тесовой и кирпичной кладки употребляется средній песокъ, проходящій черезъ отверстія въ 0,4 линіи.

*Вода*—должна быть мягкая, чистая и свободная отъ солей. Поэтому лучшая вода—дождевая, затѣмъ рѣчная, и наконецъ ключевая и грунтовая; послѣднія почти всегда содержатъ соли. Морская вода можетъ быть употреблена только для растворовъ въ гидротехническихъ сооруженіяхъ.

Перемѣщеніе матеріала на мѣстѣ работъ. Лѣса. Теплые баракы. Распредѣленіе работъ по временамъ года. Временныя вспомогательныя сооруженія.

При незначительныхъ и невысокихъ сооруженіяхъ матеріалъ подносится на рукахъ, въ носилкахъ. Если высота не болѣе 0,66 саж., каменщикъ работаетъ, стоя на землѣ. При высотѣ до 1,2 саж., ставятся стелюги на козлахъ. При большей высотѣ устраиваютъ лѣса. Въ данномъ случаѣ—лѣса, т. е. подмости, на которыхъ стоятъ рабочіе и располагается матеріалъ,—простой конструкціи. По периметру сооруженія врывается въ землю двойной рядъ стоекъ, стянутыхъ на различныхъ высотахъ продольными и поперечными схватками, на которыхъ кладется до-

счатый настил; подъ схватки ставятъ короткіе брусья, подушки (ушаки), врубленные въ стойку и скрѣпленные съ нею заершенными гвоздями. Сѳобщеніе между различными этажами лѣсовъ производится по *стрѣлкамъ*.

При болѣе значительныхъ сооруженіяхъ пользуются подвозкой матеріала на вагонеткахъ по рельсовому пути, съ подъемомъ его вверхъ паровыми или ручными лебедками, помѣщенными внизу, или гдѣ либо на подмостяхъ, или на мостовыхъ кранахъ, или же пользуются вращающимися кранами. Въмѣсто подвозки на вагонеткахъ—матеріаль доставляется иногда къ каждой изъ опоръ на баркахъ или плотяхъ. Въ первомъ случаѣ вдоль постоянного моста, нѣсколько въ сторонѣ, устраивается временный мостъ (обыкновенно съ низовой стороны); на немъ укладывается рельсовый путь, соединенный съ магазиномъ, со складами камня, извести и проч. (черт. 29). Вдоль боковыхъ граней каждой изъ опоръ имѣется также рельсовый путь. Если опора незначительно возвышается надъ продольнымъ рельсовымъ путемъ, поперечные пути находятся въ одномъ уровнѣ съ продольнымъ путемъ и въ такомъ случаѣ соединяются съ нимъ легкими поворотными кругами, и слѣдовательно вагонетки съ матеріаломъ прямо поступаютъ на поперечные пути. Большею же частью, — а особенно при достаточно высокихъ опорахъ,—поперечные пути располагаются значительно выше, и именно на столько, чтобы между верхней поверхностью опоры и лебедкой мостового крана оставалось не менѣе 1 саж. Въ этомъ случаѣ по поперечнымъ путямъ (*Б*) (черт. 30) перемѣщается мостовой кранъ (*В*), вдоль котораго въ свою очередь перемѣщается лебедка (*Г*). На (черт. 30) *А*—представленъ временный мостъ съ продольнымъ путемъ, по которому перемѣщаются вагонетки съ камнемъ. Параллельно длиннымъ боковымъ гранямъ опоры забить двойной рядъ высокихъ свай (*Б*), перекрытыхъ насадками, на которыхъ расположены продольные брусья, шпалы и рельсы, такъ что одинъ рельсъ поперечнаго пути находится по одну сторону каменной опоры, а второй— по другую сторону. На оси колесъ мостового крана (*В*) опирается парный брусъ, въ который врублены стойка и подкосъ крана. Стойки и подкосы перекрыты вверху продольной насадкой, образующей прогонъ крана, усиленный притомъ шпрепгелемъ; на продольныхъ насадкахъ расположены поперечины, прогоны, шпалы и рельсовый путь, по которому перемѣщается лебедка (*Г*).

Такимъ образомъ вагонетка, нагруженная на берегу камнемъ, перемѣщается по пути вдоль моста и останавливается противъ одного изъ поперечныхъ путей; мостовой кранъ приводится къ концу поперечнаго пути на столько, чтобы лебедку можно было установить надъ вагонеткой; зацѣпивъ крюкомъ лебедки за камень, послѣдній поднимается съ ваго-

петки, затѣмъ мостовой крапъ отодвигается назадъ, останавливается противъ того мѣста, куда слѣдуетъ опустить камень; лебедка, передвигаясь по мостовому крапу, точно становится надъ тѣмъ мѣстомъ опоры, куда требуется камень.

Нерѣдко устраиваютъ по обѣ стороны моста временный путь для передвиженія вагонетокъ; и рядомъ — особый продольный же путь для перемѣщенія мостового крана, итого по три рельса съ каждой стороны (черт. 31).

При очень высокихъ опорахъ нельзя уже довольствоваться мостовымъ крапомъ, передвигающимся по одному опредѣленному поперечному пути; необходимо мостовой крапъ или лебедки послѣдовательно помѣщать на различныхъ этажахъ подмостей. Въ этомъ случаѣ мостовые краны дѣлаются болѣе простой конструкціи, какъ показанный, на примѣръ, на черт. 32, причемъ они постепенно поднимаются вверхъ, по мѣрѣ возведенія кладки. Въ приведенномъ примѣрѣ кругомъ опоры забить рядъ высокихъ свай, стянутыхъ горизонтальными и діагональными, въ вертикальной плоскости, схватками. Къ внутренней грани продольнаго ряда свай привинчивается съемная схватка, поддерживаемая сверхъ того кобылками. По краю съемной схватки сложенъ рельсъ, по которому перемѣщается крапъ съ лебедкой. По мѣрѣ возведенія кладки — съемная схватка соотвѣтственно перемѣщается вверхъ.

Другой подобный же примѣръ показанъ на черт. 33, 34, 35, 36 и 37 — представляющихъ подмости опоръ Ингулецкаго моста на Екатерининской желѣзной дорогѣ. Кругомъ проектированной каменной опоры забить двойной рядъ свай (черт. 34); за исключеніемъ свай, расположенныхъ со стороны менѣе широкой грани быка, всѣ остальные свай — парныя. Второй рядъ свай отстоитъ отъ перваго ряда на разстояніи 2 саж.; свай обоихъ рядовъ взаимно соединены продольными (двойными) и поперечными (одиночными) схватками, расположенными по высотѣ на разстояніи 2 саж. одинъ рядъ отъ другого; кромѣ того всѣ свай стянуты діагональными схватками. Матеріалъ для кладки складывался внизу, на землѣ (черт. 35), или подвозился въ особыхъ вагонеткахъ (черт. 37), по въ обоихъ случаяхъ онъ помѣщался со стороны менѣе широкой грани быка, въ промежуткѣ между двумя крайними поперечными рядами свай. Для подъема матеріала вверхъ и для перемѣщенія его вдоль опоры устраивался, въ промежуткѣ между внутреннимъ продольнымъ рядомъ свай, рельсовый путь для двухъ лебедокъ (черт. 35) или для одного мостового крапа (черт. 36), причемъ путь этотъ можно было постепенно поднимать съ одного этажа на другой. Для поддержанія этого пути, пѣкоторые изъ поперечныхъ схватокъ (черт. 35) дѣлались болѣе длинными и тройными; конецъ выступающихъ схватокъ былъ подпертъ трой-

ными подкосами. Поверхъ выступающихъ концовъ схватокъ помѣщенъ былъ прогонъ, надъ которымъ располагались рельсы для перемѣщенія мостового крана съ лебедкой (черт. 36). На нѣкоторыхъ изъ опоръ вмѣсто одного мостового крана были употреблены двѣ лебедки (черт. 35). Наружный рельсъ каждаго изъ рельсовыхъ путей лебедокъ опирался на подпертые подкосами концы схватокъ; для поддержанія же внутренняго рельса колеи служила особая мостовая ферма (системы Лонга), опирающаяся на специально для сего забитыя сваи, въ головахъ быка. Ферма состояла изъ двухъ поясовъ (прогноновъ) на разстояніи около 0,75 саж. одинъ отъ другого, соединенныхъ деревянными раскосами и стойками (черт. 35, разрѣзъ  $\perp$  къ оси моста). На верхнемъ поясѣ фермы помѣщенъ былъ рядъ брусевъ, концы которыхъ подпирались подкосами, имѣвшими упоръ въ нижнемъ поясѣ той же фермы. Выступающіе концы брусевъ и служили для поддержанія внутренней колеи рельсовыхъ путей.

На глубокихъ рѣкахъ, гдѣ забивка свай для подмостей встрѣтила бы не мало затрудненій, пользуются другимъ приемомъ. Такъ какъ въ этомъ случаѣ, почти исключительно, основанія опоръ — кессонныя, то тѣ же самыя плавучія подмости (на баркахъ), которыя служили для опусканія кессона и для склада матеріала, служатъ подмостями и послѣ того, какъ кессонъ всталъ на мѣсто. Если же кромѣ того опора довольно высокая, то во избѣжаніе устройства высокихъ подмостей на баркахъ — прокладываются на извѣстной высотѣ ряды брусевъ поперекъ опоры, и концы ихъ подпираются подкосами (рис. 110'). Брусья эти во время производства работъ не задѣлываются въ кладку наглухо и, по окончаніи работы, вынимаются; пустоты задѣлываются бетономъ и облицовываются камнемъ.

Иногда камень подвозится къ опорамъ на баркахъ; въ этомъ случаѣ устанавливаются около опоры кранъ, вращающійся около вертикальной оси (черт. 38), или же пользуются мостовымъ краномъ съ лебедкой.

Если поднимаемый грузъ очень великъ, то вмѣсто ручной лебедки пользуются паровой, или локобилемъ, установленнымъ внизу (черт. 39).

Растворъ поднимается вверхъ въ ящикахъ кранами, или пользуются для сего приспособленіемъ на подобіе порьи (черт. 40). Звенья безконечной цѣпи состоятъ изъ полосъ желѣза, взаимно соединенныхъ стальными болтами; на эти же стальные болты навѣшиваются ящики съ растворомъ.

Въ извѣстныхъ случаяхъ, когда напริมѣръ пролеты не велики, а высота значительна, для подъема матеріала и для кладки опоръ вовсе не устраиваютъ вертикальныхъ лѣсовъ, — а ограничиваются устройствомъ временныхъ деревянныхъ мостовыхъ фермъ, на которыхъ располагается рельсовый путь съ мостовыми кранами (черт. 40). Опорами для этихъ фермъ служатъ мостовыя опоры. По мѣрѣ возведенія кладки, фермы,



опирающіяся на клѣтки изъ брусевъ, постепенно поднимаются домкратами. Матеріальъ подвозится къ одному опредѣленному мѣсту и поднимается вверхъ при помощи локомотива. Полезно — какъ это и показано на черт. 41 — прикрѣплять къ обоимъ концамъ каната, перекинутого черезъ блоки, по платформѣ; при опусканіи одной платформы — другая одновременно поднимается. Матеріаль, доставленный вверхъ, развозится по опорамъ мостовыми кранами. На этомъ же чертежѣ показанъ подъемъ раствора помощью норы.

Иногда матеріальъ перемѣщается, какъ по горизонтальному, такъ и по наклонному направленіямъ, въ особыхъ люлькахъ, подвѣшанныхъ къ роликамъ, перемѣщающимся по проволочному канату (черт. 41 а).

Для нагрузки камня въ барки прибѣгаютъ къ подобнымъ же манипуляціямъ, т. е. устраиваютъ нормально къ берегу двухъ-ярусныя подмости (черт. 42); по нижнему ярусу перемѣщается вагонетка, а по верхнему — лебедка. Нижний ярусъ располагается въ одномъ уровнѣ съ рельсовымъ путемъ (если камень подвозится по желѣзной дорогѣ) или съ полотномъ проѣзжей дороги (при доставкѣ камня на подводахъ). Лебедкой камень поднимается изъ телѣги или изъ вагоновъ и ставится на вагонетки. Передвинувъ вагонетку по нижнему ярусу къ краю подмостей, — той же лебедкой снимаютъ камень съ вагонетки и опускаютъ въ барки. Поднимаемые камни обвязываются канатами, или же пользуются особаго рода щипцами, раздвигаемыми при подъемѣ камня; въ этомъ случаѣ необходимо сдѣлать соотвѣтственное углубленіе въ камень (черт. 43).

При спѣшныхъ работахъ оказывается иногда необходимымъ вести работу и зимою, для чего опора, начиная съ опредѣленной высоты, обстраивается теплымъ бараккомъ; внутренняя площадь послѣдняго должна быть такъ рассчитана, чтобы, кромѣ возводимаго сооруженія, въ немъ помѣщались творила для приготовления раствора, а также всѣ необходимые матеріалы, камень, песокъ, цементъ и проч., въ количествѣ двухъ или трехъ-дневнаго ихъ расходванія.

Въ зимніе мѣсяцы заготовляютъ матеріаль, устраиваютъ подмости, ремонтируютъ машины, инструменты и проч. Весною обыкновенно начинаютъ работы, устраиваютъ основанія и проч. Лѣтомъ и осенью, поль-

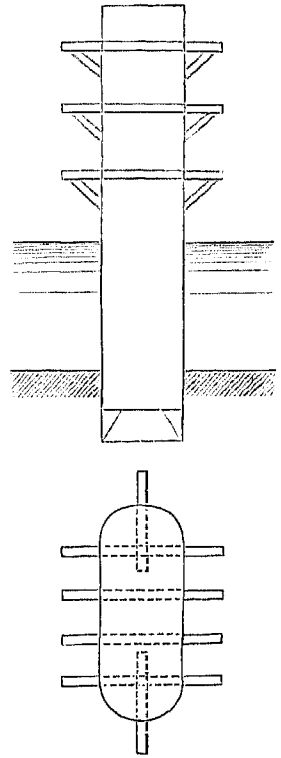


Рис. 110'.

зуюсь низкимъ горизонтомъ воды, стараются вывести кладку выше горизонта высокихъ водъ.

Къ временнымъ вспомогательнымъ сооруженіямъ слѣдуетъ отнести кромѣ временныхъ мостовъ, подмостей и разныхъ механическихъ приспособленій по перемѣщенію и подъему матеріаловъ: помѣщеніе для копторы, бараки для рабочихъ, кузницу, мастерскія, магазины, крытыя помѣщенія для склада матеріаловъ, временные пути, поворотные круги, колодцы и проч. На черт. 29 показано расположеніе этихъ построекъ, при сооруженіи моста чрезъ р. Бугъ на Сѣдлецъ-Малкинской желѣзной дорогѣ.

Бутовая, кирпичная и бетонная кладка.

При производствѣ бутовой кладки фундамента, первый рядъ камней кладется на грунтъ или на роствергъ — пасуху. Для него выбираются самые большіе и постелистые камни высотой 0,15—20 саж., шириною 0,25—30 саж., что необходимо для болѣе равномерной передачи давленія на грунтъ. Камни укладываются какъ можно плотнѣе, и промежутки между ними расщепиваются хорошимъ щебнемъ и осколками. Кладку начинаютъ съ боковыхъ камней и потомъ заполняютъ середину. Послѣ плотной утрамбовки всего ряда, онъ заливается жидкимъ растворомъ до тѣхъ поръ, пока растворъ не начнетъ выступать изъ всѣхъ швовъ.

Когда первый рядъ готовъ, продолжаютъ вести кладку далѣе на растворѣ подъ лопатку; сначала выводятъ *версту*, т. е. кладутъ на растворѣ камни по периметру, выбирая для сего камни наиболѣе крупныя, постелистые. Передъ положеніемъ камня на мѣсто, онъ очищается отъ грязи и пыли, пригоняется, т. е. окалывается, и смачивается водой. Каменщикъ кладетъ на предыдущій рядъ камней слой раствора толщиною около дюйма, разравниваетъ его каменщицей лопаткой (кельмой) (рис. 111), садитъ камень, ударяя при этомъ по нему молоткомъ, такъ чтобы растворъ выступалъ изъ-подъ постели камня. Подобными же ударами молотка сбоку—выправляетъ положеніе камня. Чтобы связать второй камень съ первымъ, покрываютъ растворомъ боковую поверхность перваго камня, т. е. ту, которою онъ будетъ прикасаться ко второму камню. Положивъ затѣмъ растворъ и на горизонтальную постель, ставятъ камень на мѣсто, придвигая его ударами молотка возможно ближе къ первому камню, какъ для уменьшенія толщины шва, такъ и для большей плотности кладки. Выбирая для версты камни, слѣдуетъ по возможности чередовать *ложки* съ *тычками*, соблюдая при томъ перевязки швовъ по отношенію нижняго ряда. Нерѣдко тычковые камни въ хвостовыхъ частяхъ значительно топыше, чѣмъ въ передней части; въ этомъ случаѣ необходимо подложить подъ хвостовую часть болѣе мелкій камень, посаженный въ растворъ и плотно забитый молоткомъ. Окончивъ верстку по всему периметру, остается

сдѣлать заполненіе. Разровнявъ по всей поверхности слой раствора достаточной толщины, сажаютъ въ растворъ (въ сокъ) камни и осаживаютъ ихъ молоткомъ; затѣмъ во всѣ швы, которые по необходимости неправильны, забиваютъ молоткомъ болѣе мелкій камень такъ, чтобы растворъ началъ выступать, и это будетъ служить признакомъ отсутствія пустотъ. Собравъ выступившій растворъ, каменщикъ разравниваетъ его по поверхности кладки; не слѣдуетъ однако допускать, чтобы опъ при этомъ сглаживалъ его лопаткой, такъ какъ образующееся при этомъ хотя незначительное сжатіе раствора способствуетъ его высыханію и отвердѣнію, и при иоложеніи слѣдующаго ряда камней свѣжій растворъ дурно пристаеъ къ отвердѣвшему. Равнымъ образомъ не слѣдуетъ допускать, чтобы камни укладывались пасухо и заливались сверху жидкимъ растворомъ. Кладка ведется по возможности горизонтальными рядами для правильности осадки, причемъ камни опускаются въ растворъ болѣе широкою, ровною поверхностью такъ, чтобы не оставалось навѣсовъ и пустотъ внутри. Никогда не слѣдуетъ ставить камень на ребро; исключеніе составляютъ иногда — камни, расположенные въ опорахъ арочныхъ мостовъ по направленію кривой давленія (черт. 54). Худо положенный камень шатается подъ ногой, и его слѣдуетъ либо удалить, либо подбить мелкимъ камнемъ, но никакъ не сухимъ, а съ растворомъ. Булыжный камень, валуны допускаются въ кладку лишь расколотые; вообще же матеріаломъ для бутовой кладки могутъ служить камни крѣпкихъ, не вывѣтривающихся и не трескающихся на морозѣ породъ, размѣры камней по объему не должны быть менѣе 0,25 кубическаго фута.

Чтобы убѣдиться, что внутри кладки нѣтъ пустотъ, достаточно сдѣлать на горизонтальной поверхности кладки, по шву, небольшое углубленіе и осторожно лить воду. Если внутри имѣется пустота, то вода свободно уходитъ во внутрь кладки.

При высокихъ сооруженіяхъ, для обезпеченія равномерной передачи давленія и равномерной осадки, — необходимо помѣщать *прокладные ряды* изъ штучныхъ камней во всю толщину опоры. Постели такихъ камней грубой тески; разстояніе между рядами около 1 саж., толщина ряда — около 0,20 саж.; размѣры камней должны быть таковы, чтобы площадь постели каждаго камня составляла въ среднемъ около 0,1 кв. саж. Средняя толщина швовъ въ бутовой кладкѣ около 0,5—1 дюйма; толщина же швовъ въ прокладныхъ рядахъ около  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$  дюйма, причемъ вертикальные швы дѣлаются вообще тоньше горизонтальныхъ.

Для подводныхъ частей опоры употребляется исключительно цементный растворъ изъ 1 части цемента и 2 или 3 частей песку; выше же

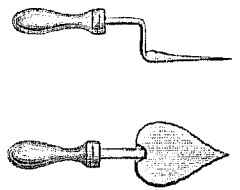


Рис. 111.

горизонта высокихъ водъ — цементный съ большимъ содержаніемъ песку или сложный растворъ изъ 1 части цемента, 2 частей извести и 6 частей песку. Не слѣдуетъ допускать въ работу растворъ, начавшій твердѣть, что для известкового раствора имѣетъ мѣсто послѣ 6 часовъ затворенія, для сложнаго — послѣ 2 часовъ, а для цементнаго — послѣ 1 часа.

*Кирпичная кладка.* Въ извѣстныхъ случаяхъ, за неимѣніемъ удовлетворительнаго бутового камня — кладка опоръ *выше горизонта высокихъ водъ* производится изъ хорошо обожженного кирпича, однороднаго сложения, съ соблюденіемъ условія перекрытія швовъ. Подобно тому, какъ и въ бутовой кладкѣ, выводятъ сначала *версту*, а затѣмъ кладутъ въ сокъ или съ правильной перевязкой кирпичи впутрепняго заполненія, смочивъ ихъ предварительно водою. При положеніи лицевого ряда кирпичей слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы растворъ не доходилъ до лицевой грани, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, при ударѣ молоткомъ по кирпичу, растворъ можетъ выступить и загрязнить лицо кладки. Толщина швовъ около  $\frac{1}{8}$  дюйма и во всякомъ случаѣ не болѣе  $\frac{2}{5}$  дюйма. У насъ обыкновенно держатся того правила, чтобы 9 рядовъ соотвѣтствовали по высотѣ 1 аршину. Для болѣе равномерной передачи давленія полезно чрезъ каждую сажень по высотѣ помѣщать прокладной рядъ изъ тесовыхъ камней. Равнымъ образомъ углы и карнизы дѣлаются также изъ штучныхъ камней чистой или получистой тески. Въ мѣстахъ, гдѣ кладка будетъ соприкасаться съ землею, поверхность покрывается тонкимъ слоемъ цементной смазки.

*Бетонная кладка* употребляется въ опорахъ преимущественно для устройства основанія, причемъ толщина бетоннаго слоя дѣлается не менѣе 0,75 — 1,00 саж. Въ послѣднее время встрѣчаются впрочемъ и бетонныя опоры. Бетонъ долженъ быть приготовленъ изъ булыжнаго, гранитнаго или кремнистаго щебня, толщиною не болѣе  $1\frac{1}{2}$  дюйма въ сторонѣ и изъ цементнаго раствора въ пропорціи: на 1 объемъ щебня 0,55 объема раствора, при составѣ цементнаго раствора изъ 1 части цемента и 2—4 частей песку. Щебень до употребленія въ дѣло долженъ быть хорошо прогрохоченъ и тщательно обмытъ водою. Перемѣшиваніе щебня съ растворомъ дѣлается машиннымъ путемъ или ручнымъ на платформахъ; смоченный щебень разсыпается по платформѣ тонкимъ слоемъ, закидывается растворомъ и затѣмъ тщательно перемѣшивается лопатами. При сухомъ бетоированіи опусканіе бетона на дно котлована производится или при помощи носилокъ, или посредствомъ деревянной вертикальной трубы, непрерывно наполняемой бетономъ и перемѣщаемой по мѣрѣ надобности вдоль и поперекъ котлована. Нижній конецъ трубы не достигаетъ dna котлована на толщину предполагаемаго къ опусканію слоя. До начала бетоирования поверхность грунта выравнивается, и

щебень втрамбовывается слоями посредствомъ ручныхъ трамбовокъ до совершеннаго уплотненія основанія. Обыкновенно бетонъ закладывается слоями толщиною по 0,25 саж. п, если возможно, лучше производить кладку бетона въ освобожденномъ отъ воды пространствѣ, послѣдовательно трамбуя слои; но для лучшаго отвердѣнія бетона необходимо послѣ положенія каждаго слоя впускать воду въ котлованъ на 1 сутки; послѣ положенія послѣдняго слоя полезно даже оставить бетонъ подъ водою около 6 сутокъ и затѣмъ, откачавъ воду, начать бутовую кладку. При подводномъ бетонированіи бетонъ погружаютъ въ воду (пользуясь вышеупомянутой трубой), причемъ для разравниванія слоевъ можетъ служить чугунный катокъ, изображенный на черт. 44, или же пользуются бетоньеркой (черт. 31).

Облицовка камнемъ. Размѣры и падка камней. Проверка правильности кладки. Расшивка. Кирпичная облицовка. Бетонная облицовка. Разрѣзка облицовочныхъ камней въ опорахъ и въ ледорѣзахъ.

Выше поверхности земли лицевыя грани опоръ *облицовываются*: камнемъ, кирпичемъ, а въ исключительныхъ случаяхъ и бетономъ.

Камень для облицовки долженъ быть лучшаго качества, однороднаго, мелкозернистаго сложения, безъ трещинъ, слоевъ посторонней породы, не поддающійся вывѣтриванію и дѣйствию мороза.

Лучшимъ матеріаломъ служить гранитъ и иесчаникъ. Облицовка можетъ быть сдѣлана или горизонтальными рядами, или циклопской кладкой (черт. 45); по послѣдняя можетъ быть признана удовлетворительной лишь въ томъ случаѣ, если камни плотно и точно пригнаны одинъ къ другому и хвосты камней достаточно длинные; въ противномъ случаѣ при толстыхъ швахъ, хотя и расщебененныхъ, подобной облицовки слѣдуетъ избѣгать. Угловые камни дѣлаются и въ данномъ случаѣ изъ камней прямоугольнаго очертавія съ лица.

Облицовочный камень подвергается различной обдѣлкѣ, смотря по значенію сооруженія. Иногда подбираютъ для облицовки (при мостахъ малыхъ отверстій) только отборный бутовый камень, наблюдая, чтобы вертикальный шовъ одного ряда находился не ближе, какъ на 0,05 саж. отъ вертикальнаго шва другого ряда, дѣлая угловые камни во всякомъ случаѣ изъ камней правильной формы (черт. 46), причемъ толщина угловыхъ камней должна соответствовать опредѣленному числу рядовъ остальной облицовки; ряды эти могутъ быть и не одинаковой толщины, постепенно утоняясь къ верху. Угловые камни должны имѣть размѣры не менѣе 0,25 саж. длины, 0,15 саж. ширины и не менѣе 0,15 саж. высоты при заусенкахъ не менѣе 0,05 со средней постелью не менѣе 0,15 саж.; толщина угловыхъ камней должна быть однообразна по всей

площади. (Среднею постелью угловыхъ камнейъ названо среднее арифметическое двухъ чиселъ, полученныхъ отъ дѣленія дѣйствительной площади постели на длину той и другой лицевой стороны ея). При болѣе же значительныхъ сооруженіяхъ вся облицовка дѣлается изъ штучныхъ камней. Эти камни имѣютъ съ лица чистую теску (какъ напримѣръ въ ледорѣзахъ, карнизгахъ, подферменныхъ камняхъ), получистую, или же ихъ отдѣлываютъ въ рамку (черт. 46) шириною около  $1\frac{1}{2}$  д., оставляя среднюю часть въ грубо околотомъ видѣ. При чистой тескѣ лицевыя грани камней или не имѣютъ скошенныхъ реберъ (цоколь черт. 46), или всѣ четыре ребра имѣютъ рустикъ (черт. 47), или накопецъ рустикъ дѣлается по одному горизонтальному направленію (черт. 48).

Облицовочные камни должны имѣть для тычковъ: хвосты не менѣе  $1\frac{1}{2}$  высоты и во всякомъ случаѣ не менѣе 0,25 саж.; длина лица не менѣе высоты и во всякомъ случаѣ не менѣе 0,15 саж.; заусенки не менѣе 0,05 саж.; средняя постель не менѣе 0,15 саж. Для ложковъ — длина лица не менѣе полуторы высоты и не менѣе 0,30 саж.; длина хвоста не менѣе 0,15 саж., при заусенкахъ не менѣе 0,05 саж. и средняя постель не менѣе 0,15 саж.; заусенки и постели должны быть тесаны. (Среднею постелью облицовочныхъ камнейъ названо частное, полученное отъ дѣленія дѣйствительной площади постели на длину лицевой ея стороны). Толщина ложковъ облицовки должна быть однообразна по всей площади, а въ тычкахъ не менѣе какъ на 0,15 саж. отъ лица. Для болѣе связи облицовочныхъ камней—заусенки ложковъ и тычковъ должны быть вытесаны подъ угломъ  $87^\circ$  и  $93^\circ$  (черт. 20 и 27). Иногда смежные облицовочные камни соединяются пиропами, и въ быкахъ тычки проходятъ во всю толщину быка (черт. 20 и 27), соединяясь также пиропами. Толщина швовъ дѣлается около  $\frac{1}{3}$  д., а въ штучныхъ камняхъ чистой тески около  $\frac{1}{6}$  дюйма. Для облицовки употребляется преимущественно растворъ изъ 1 части цемента и 2 частей песку — болѣе мелкаго, чѣмъ для бутовой кладки.

Передъ тѣмъ, какъ начинать облицовку, бутовая кладка раздѣливается подъ горизонтальную плоскость и точно опредѣляется ея отмѣтка, послѣ чего дѣлается разбивка подъ облицовку. Кладка облицовочныхъ штучныхъ камней производится въ такомъ порядкѣ: сначала каждый камень кладется на сухо, хорошо пригоняется на свое мѣсто, послѣ чего клиньями его нѣсколько поднимаютъ, подливаютъ подъ него топкій слой жидкаго раствора цемента и разравниваютъ лопаткой; затѣмъ выбиваютъ клинья, поддерживая камень ломомъ и накопецъ опускаютъ въ растворъ. Между сосѣдними камнями по паружному ребру закладывается иногда топкій шнуръ, а изнутри шовъ задѣлывается цементомъ. Промежутки заливается совершенно жидкимъ растворомъ цемента. При заполненіи вертикальнаго

шва менѣ жидкимъ растворомъ пользуются продолговатой кельмой (пилой) (рис. 112), послѣ отвердѣнія вынимаются шнуры, отчего образуются швы. Когда такимъ образомъ уложенъ весь лицевой рядъ, внизу пространный, огражденный имъ, заполняется бутовой кладкой.

Повѣрка правильности кладки можетъ быть произведена такимъ образомъ: осевыя точки намѣчаются на кладкѣ и постепенно переносятся отвѣсомъ по мѣрѣ возведенія кладки съ одного ряда на другой. Затѣмъ устанавливаются въ истинномъ центрѣ опоры (который при ошибочности кладки можетъ не совпадать съ действительнымъ центромъ) теодолитъ, направляютъ трубу по истиннымъ продольнымъ и поперечнымъ осямъ опоры, отмѣчаютъ эти направленія на кладкѣ и сравниваютъ съ предыдущими. Для того, чтобы не искать долго центра опоры, дѣлаютъ заблаговременно по направленію истинныхъ осей — отмѣтки на лѣсахъ, натягиваютъ по нимъ взаимно пересѣкающіяся проволоки, точка пересѣченія которыхъ и даетъ положеніе центра, окончательно выставляемое при установкѣ теодолита по направленію истинныхъ осей.

Кромѣ того отмѣтка каждого ряда известна, и высота повѣряется нивелиромъ.

Чтобы дать возможность рабочимъ повѣрять себя, готовятъ рейки съ отмѣченными рядами и прибавляютъ ихъ у концовъ опоры къ лѣсамъ, по нивелиру. Протягивая шнуры между отмѣтками известнаго ряда, получаютъ высоту, на которой долженъ находиться данный рядъ. По возведеніи кордона выравниваютъ кладку подъ горизонтальную плоскость и намѣчаютъ мѣста подферменныхъ камней. Подферменные камни по высотѣ должны быть поставлены совершенно правильно, почему точно опредѣляютъ отмѣтку кордона, и камни кладутъ по нивелиру, помѣщая подъ нихъ большій или меньшій слой цемента. Кладутся они на чистомъ цементѣ и тѣмъ же способомъ, какъ и облицовочные камни.

По окончаніи кладки, сбиваютъ на облицовочныхъ камняхъ сильно выступающія неровности и затѣмъ расшиваютъ швы. Последняя работа заключается въ томъ, что пустоты, оставленныя шнурами, которые были прокладываемы между камнями, заполняютъ цементомъ, смочивъ предварительно швы водою, и расшиваютъ особенными лопатками.

Кирпичная облицовка преимущественно примѣняется только въ томъ случаѣ, если остальная, по толщинѣ опоры, часть кладки также кирпичная. Существуютъ впрочемъ примѣры, гдѣ бутовая кладка облицована кирпичемъ и обратно — кирпичная кладка облицована камнемъ; по этого

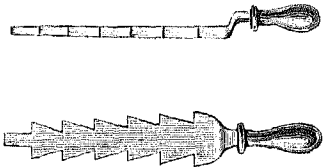


Рис. 112.

слѣдуетъ избѣгать въ виду различной осадки, вызываемой неодинаковымъ числомъ швовъ въ той и другой кладкѣ. Если же подобной облицовки, по мѣстнымъ условіямъ, нельзя избѣжать, — то необходимо сдѣлать хорошую перевязку, ограничивая внутреннюю поверхность кирпичей облицовки уступами, какъ по горизонтальному, такъ и по вертикальному направленьямъ (черт. 49), имѣя притомъ въ виду, чтобы выступы одного горизонтальнаго ряда облицовки (состоящаго изъ 2-хъ или 3 рядовъ кирпичей) приходились надъ впадинами предыдущаго ряда и т. д. Кирпичи для облицовки выбираются лучшаго качества, безъ примѣси мергеля, правильной формы, одноцвѣтные и съ чистыми кромками. При самой кладкѣ — швы съ лица дѣлаются пустыми (около  $\frac{1}{2}$  дюйма отъ лицевой грани) и затѣмъ заполняются цементомъ, расширяются особыми расшивками, соответствующими выпуклымъ или втопленнымъ швамъ (рис. 113 и 114). Предъ положеніемъ цемента швы смачиваются водою.

Бетонъ, за неимѣніемъ годнаго облицовочнаго камня, употребляется иногда для облицовки стѣнокъ трубъ, отверстіемъ около 0,50—0,75 саж. Производство работъ обыкновенно слѣдующее: сложивъ изъ бутовой кладки массивъ общаго фундамента, на 0,08—0,10 саж. ниже поверхности лотка закладываютъ послѣдній рядъ фундамента, толщиной около 0,10 саж. въ видѣ двухъ продольныхъ стѣнокъ, оставляя середину не задѣланною (черт. 50); внѣшнія стороны стѣнокъ обрѣзываются по шнуру, а внутреннимъ придаютъ неправильный видъ зигзаговъ, для лучшаго соединенія съ бетономъ. Концы лотка обдѣлываются камнями, и въ образовавшееся такимъ образомъ углубленіе кладутъ бетонъ, утрамбовывая его слегка деревянными трамбовками. Затѣмъ вдоль трубы устанавливаютъ два щита изъ врубленныхъ въ четверть половыхъ досокъ, соединенныхъ шпонками. Внѣшняя поверхность щитовъ тщательно остругивается. Для предупрежденія отклоненія щитовъ помѣщаются черезъ  $\frac{3}{4}$  саж. распорныя рамы и схватки, плотно закрѣпленные клипьями. Установивъ щиты помощью отвѣса и причалка, по возможности точно, выводятъ первый рядъ стѣнки трубы, имѣя въ виду, чтобы неправильности горизонтальнаго очертанія внутренней стороны каждаго ряда бутовой кладки не соответствовали такимъ же очертаніямъ предыдущаго ряда, т. е., чтобы выступы приходились противъ впадинъ и обратно. Сложивъ одинъ рядъ, наполняютъ бетономъ промежутки между щитомъ и кладкою, бетонъ трамбуютъ сперва шестами для того, чтобъ бетонная масса наполнила все углубленія, а потомъ плоскими продолговатыми трамбовками, — затѣмъ выводятъ второй рядъ и т. д. Щиты слѣдуетъ оставлять до тѣхъ поръ, пока бетонная кладка настолько окрѣпнетъ, что не приметъ впечатлѣнія отъ погтя.



Разрѣзка облицовочныхъ камней, какъ въ опорахъ, такъ и въ передней части ледорѣза и въ боковыхъ его граняхъ, производится двумя системами плоскостей: горизонтальными и вертикальными, причемъ послѣднія всегда нормальны къ разрѣзаемой поверхности ледорѣза. Слѣдовательно, если передняя часть быка или ледорѣза цилиндрическая, то вертикальныя сѣченія должны быть сдѣланы по направленію нормалей къ направляющей кривой (черт. 44'а). Верхняя часть ледорѣза, т. е. двѣ верхнія наклонныя грани разрѣкаются двумя системами плоскостей, изъ которыхъ одна а) нормальна къ верхнему ребру ледорѣза (при пологихъ ледорѣзахъ), а другая перпендикулярна къ верхнимъ гранямъ, будучи въ то же время параллельной верхнему ребру (черт. 44), или ребру пересѣченія верхнихъ и боковыхъ граней (черт. 44'б, 44'в, 44'г); или же одна система плоскостей горизонтальна (при крутыхъ ледорѣзахъ), а другая нормальна къ верхнимъ наклоннымъ гранямъ, будучи въ то же время параллельна или верх-

нему ребру (черт. 44'д), или, во избѣжаніе острыхъ плоскихъ угловъ, перпендикулярна къ горизонтальному слѣду сѣченія верхнихъ наклонныхъ граней (черт. 44'е). Что касается угловыхъ камней, сопрягающихъ верхнюю на-

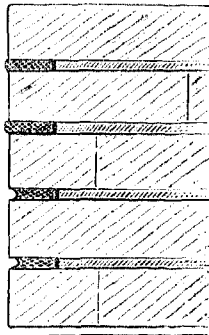


Рис. 113 а.

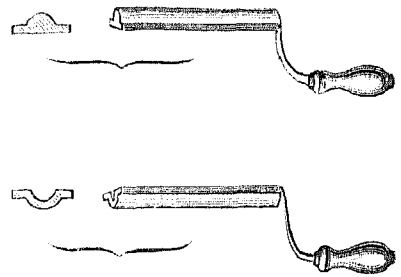


Рис. 113 б.

клонную грань съ боковыми гранями, то въ нихъ разрѣзка дѣлается со входящими углами (черт. 44'б), или лучше безъ входящихъ угловъ (черт. 44'г) и (черт. 44). На чертежѣ 44'г показаны различныя разрѣзки со входящими углами и безъ нихъ, причемъ каждому ряду верхняго наклоннаго ребра соотвѣтствуетъ одинъ, два или болѣе рядовъ боковыхъ граней, что бываетъ въ зависимости отъ уклона ребра пересѣченія.

Внутреннія грани ледорѣзныхъ камней имѣютъ такое относительное положеніе, чтобы нигдѣ не было острыхъ двугранныхъ угловъ, вслѣдствіе чего ледорѣзный камень бываетъ иногда ограниченъ болѣе 6 граней, какъ на примѣръ камень, размѣры граней котораго показаны на чертежѣ 52.

Кромѣ этого слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы въ кривыхъ или прямыхъ пересѣченія различныхъ поверхностей не было пивовъ по направленію этихъ линий. На этомъ основаніи всѣ углы, при сопряженіи плоскихъ граней между собою и съ цилиндрическими поверхностями, должны быть

сдѣланы изъ одного камня (черт. 51). На этомъ чертежѣ, показаны фасады и планы нѣкоторыхъ ледорѣзныхъ камней.

Въ эллиптическихъ ледорѣзкахъ разрѣзка производится двумя плоскостями, изъ которыхъ одна горизонтальна или нормальна къ верхнему наклонному ребру (черт. 22), а другая плоскость нормальна къ поверхности ледорѣза и вмѣстѣ съ тѣмъ нормальна къ слѣдамъ образуемымъ сѣченіемъ предыдущей системой плоскостей (черт. 22).

Для приготовленія облицовочныхъ ледорѣзныхъ камней полезно сдѣлать изъ дерева или изъ мягкаго камня модели разныхъ камней, на которыхъ должны быть надписаны длины различныхъ реберъ, а также и величины угловъ. Всѣ эти данныя получаютъ расчетомъ или изъ чертежа. Вмѣсто модели можно пользоваться и чертежемъ, представляющимъ въ совмѣщеніи различныя грани камня, какъ это, напримѣръ, показано на черт. (52).

Различные виды разрѣзки камней внутри кладки устоевъ арочныхъ мостовъ показаны на (черт. 53 и черт. 54).

При кладкѣ откосныхъ крыльевъ всегда стараются дѣлать разрѣзку камней такимъ образомъ, чтобы не было острыхъ угловъ въ камняхъ, покрывающихъ наклонную грань крыла (черт. 57) или же откосное крыло покрываютъ плитами со швами, нормальными къ верхней поверхности крыла (черт. 56). При сопряженіи крыла съ устоемъ слѣдуетъ помѣщать цѣльные камни, захватывающіе обѣ грани, для предупрежденія отдѣленія крыла отъ устоя.

Приведемъ описаніе сооруженія опоръ Троицкаго моста чрезъ рѣку Неву описаніе изготовленія фашинныхъ туюяковъ, погружаемыхъ для защиты основанія мостовыхъ опоръ и нѣкоторыя данныя о стоимости каменной кладки.

*Опоры Троицкаго моста въ Петербургѣ.* Опоры моста, за исключеніемъ двухъ устоевъ и одного быка, ближайшаго къ Петербургской сторонѣ, основаны на кессонахъ, на глубинѣ около 23 м. ниже ординара. Остальныя опоры—на свайномъ основаніи. Около каждой опоры на кессонномъ основаніи были устроены подмости, внутрь которыхъ вводился на плаву кессонъ, доставленный къ мѣсту работъ на буксирѣ. По введеніи кессона замыкалась четвертая сторона подмостей. Кессоны, за исключеніемъ круглаго кессона, собирались на неглубокомъ мѣстѣ рѣки (Кронверкскій проливъ) на помостѣ, будучи въ то же время подвѣшенными къ солиднымъ трубчатымъ металлическимъ балкамъ, опиравшимся на насадки высокихъ стоекъ подмостей. По изготовленіи кессона помостъ убирался, и кессонъ спускался медленно на винтовыхъ тѣжахъ и становился на плаву. Тотъ же приемъ сборки и спуска кессона былъ примененъ и для круглаго быка поворотной части, съ тѣмъ отличіемъ, что подмости для сборки и спуска кессона устроены были на мѣстѣ опусканія.

Для сборки и опусканія кессона круглаго быка и находящагося противъ него быка ледорѣза, были устроены подмости, служившія одновременно для склада матеріала и для устройства путей, по которымъ подвозились матеріалы и отвозилась земля. Внутри круга діаметромъ 25 м., соотвѣтствующаго положенію кессона, были забиты два ряда свай, которыя находились на взаимномъ разстояніи 8 м. по одному направленію и 3,5 м. — по другому направленію; вершины свай были стянуты парными схватками, на которыя опирались прогоны — по три прогона по длинѣ; другой конецъ двухъ крайнихъ рядовъ прогоновъ опирался на схватки свай, забитыхъ по направленію сторонъ квадрата, объемлющаго круговое очертаніе кессона. На упомянутыхъ прогонахъ былъ устроенъ помостъ, на которомъ собирался кессонъ; передъ опусканіемъ кессона помостъ былъ разобранъ, и сваи внутри круга выдернуты. По сторонамъ перваго объемлющаго квадрата было забито по шести свай въ сторонѣ; во второмъ объемлющемъ квадратѣ на разстояніи 4 м. было забито по восьми свай въ сторонѣ; затѣмъ по направленію двухъ сторонъ былъ забить еще третій рядъ свай, отстоящій отъ втораго ряда на 4 и 5 м.; въ одномъ ряду (крайнемъ съ низовой стороны) было шесть свай, а въ другомъ—семь свай. Внутри угловъ перваго объемлющаго квадрата въ каждомъ изъ угловъ были забиты еще по двѣ парныя сваи, предназначенныя для поддержанія четырехъ трубчатыхъ металлическихъ балокъ, къ которымъ былъ подвѣшенъ кессонъ во время опусканія его на воду. Какъ эти парныя сваи, такъ и сваи сторонъ двухъ объемлющихъ квадратовъ были нарощены и вверху стянуты схватками. На восемь парныхъ свай опирались трубчатыя балки. На остальномъ протяженіи было забито нѣсколько рядовъ свай, по пяти въ ряду. Средняя группа этихъ свай служила для устройства помоста подъ складъ матеріаловъ и проч., а крайняя группа—для устройства подмостей для сборки и опусканія кессона быка-ледорѣза. Ниже горизонта ординара сваи были стянуты парными паклонными металлическими вантами толщиною каждый въ 25 мм. Послѣ того, какъ кессонъ круглаго быка былъ собранъ, его подвѣсили къ трубчатымъ металлическимъ балкамъ, разобрали помостъ, удалили сваи, забитыя внутри круга діаметромъ 25 м., и начали медленно опускать кессонъ на вѣптахъ. Когда онъ сталъ на плаву—верхняя надстройка была разобрана, металлическія трубчатыя балки опущены до уровня нижняго помоста и на нихъ вновь устроенъ помостъ для склада матеріала, укладки рельсовыхъ путей и проч. Подмости около опоръ служили также для склада каменнаго матеріала; на нихъ были уложены рельсовые продольные и поперечные пути съ поворотными кругами въ мѣстахъ пересѣченія; рельсовые пути служили, какъ для подвозки въ вагонеткахъ бетона, раствора, такъ и для отвозки въ шаланды грунта, подаваемаго изъ рабочей камеры.

Приготовленіе машиннымъ путемъ раствора и бетона для праваго устоя и четырехъ прилегающихъ быковъ производилось па правомъ берегу, а для остальныхъ опоръ—на лѣвомъ берегу. Для сего былъ установленъ (рис. 113) локомобиль (*a*) и подъ особымъ шатромъ съ высоко поднятымъ поломъ—барабанъ (*b*) для приготовления раствора и другой барабанъ (бетоньерка) (*c*) для приготовления бетона. Рабочіе подвозили въ тачкахъ по наклонному пути (*d*) внутрь шатра песокъ, который въ опредѣленной пропорціи перемѣшивался насухо съ цементомъ и затѣмъ сбрасывался внутрь барабана для приготовления раствора. Барабанъ состоялъ изъ желѣзнаго вертикальнаго цилиндра высотой около 0,66 саж. и діаметромъ около 0,40 саж., открытаго только сверху и снабженнаго внизу, на цилиндрической поверхности—выдвигаемой вверхъ дверцей, щиткомъ (*e*), отверстіемъ 0,15 саж.  $\times$  0,15 саж. По направленію оси цилиндра была укрѣплена ось съ насаженными па ней лопатками, приводившаяся въ движеніе локомобилемъ. Необходимая для образованія раствора вода доставлялась изъ резервуара, куда она накачивалась насосомъ, приводимымъ въ движеніе тѣмъ же локомобилемъ. Вращая crankъ, можно было прекратить или регулировать притокъ воды. Послѣ того, какъ растворъ былъ достаточно перемѣшанъ, приподнимали дверцу (*e*) и растворъ, выдавливаемый лопатками вращающейся оси, вываливался. Если растворъ предназначался для кладки, то для сего отодвигали задвижку, прикрывавшую отверстие (*g*) въ полу, находившееся непосредственно около дверцы цилиндра,—и растворъ падалъ въ вагонетку (*h*), установленную па рельсовомъ пути (*m*) надъ поломъ, которая передвигалась далѣе къ мѣсту работъ. Если же растворъ надлежало употребить для приготовления бетона, то, задвинувъ предварительно задвижку въ полу, растворъ перекидывали лопатами въ мѣрку, а затѣмъ въ находившуюся рядомъ бетоньерку (*e*). Она состояла изъ желѣзной чашки съ круглымъ дномъ діаметромъ около 0,80 саж., и съ бортами высотой около 0,30 саж.; дно бетоньерки имѣло въ одномъ мѣстѣ горизонтальный выдвигной на винтахъ щитокъ (*i*), приходившійся надъ рельсовымъ путемъ. Къ оси бетоньерки было прикрѣплено по направленію радиусовъ шесть \*) массивныхъ пальцевъ квадратнаго сѣченія, длиной около 0,35 саж., съ насаженными на нихъ кулаками; па трехъ пальцахъ было по два кулака, а на остальныхъ трехъ по одному, приходившемуся въ промежуткѣ между двумя кулаками смежныхъ пальцевъ. Надъ бетоньеркой расположена была металлическая трубка (*k*) кольцевого очертанія съ мелкими отверстіями, имѣвшая сообщеніе съ резервуаромъ съ водой (*f*). Необходимый для приготовления бетона щебень подвозился по рельсовому пути (*l*), въ вагонеткахъ

\*) На рисункѣ ошибочно показано восемь.

съ отверстиями въ кувовѣ. Вкатапная на помость вагонетка со щебнемъ устанавливалась предварительно подъ кранъ (*f*) съ сильной струей воды и обливалась водой до тѣхъ поръ, пока стекавшая изъ вагонетки вода не становилась свѣтлой. Послеъ сего щебень изъ вагонетки сбрасывался въ бетоньерку одновременно съ растворомъ въ припорціи: 55% щебня и

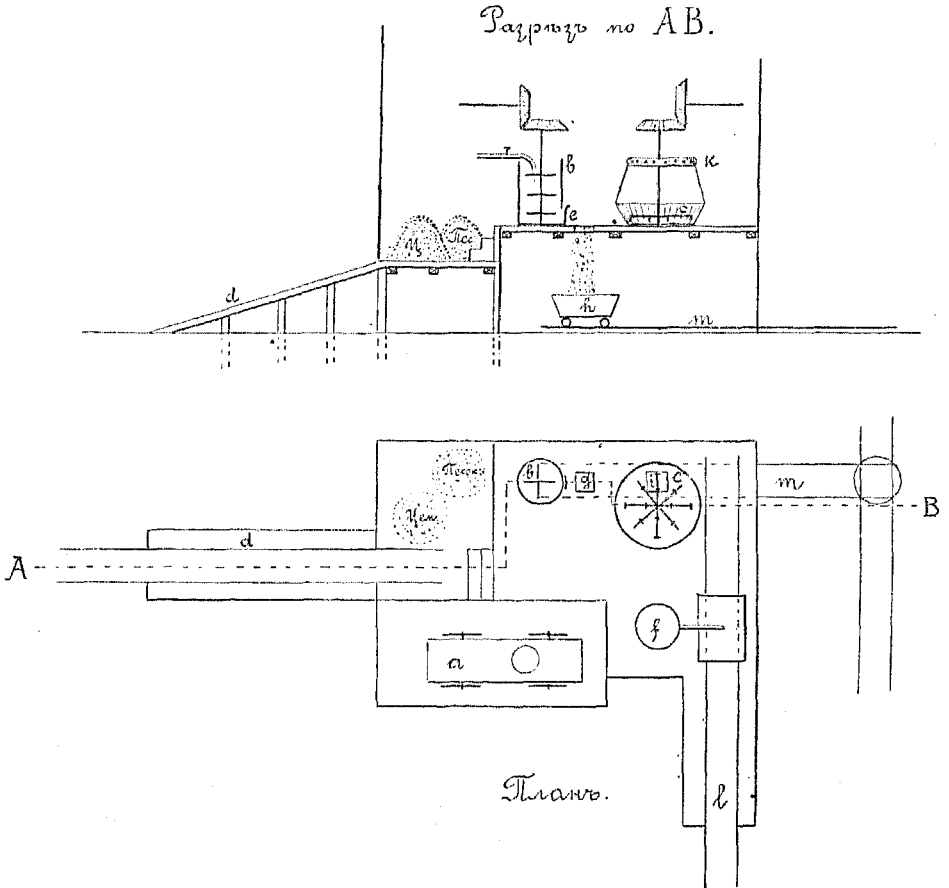


Рис. 113.

45% раствора; вертикальная ось бетоньерки приводилась во вращеніе, и смѣсь смачивалась слегка брызгами воды изъ кольцевой трубки (*k*). Когда бетонъ оказывался достаточно перемѣшаннымъ, рабочий выдвигалъ щитокъ (*z*) въ днѣ бетоньерки, и бетонъ падалъ въ вагонетку, поставленную подъ помостъ на рельсовомъ пути и немедленно отвозился къ мѣсту работы.

Какъ упомянуто выше, — часть опоръ была выведена на кессонномъ основаніи, а другая — на сваяхъ. Въ первомъ типѣ опоръ кладка на высоту 3 м. выше потолка кессона состояла изъ бетона, который сбрасы-

вался сверху въ деревянные трубы, установленныя въ нѣсколькихъ мѣстахъ, и затѣмъ рабочіе разравнивали бетонъ и тщательно трамбовали. Не смотря на значительную высоту паденія, около 6 саж., бетонъ оказался вполнѣ удовлетворительнымъ; такое заключеніе вытекло изъ разсмотрѣнія сѣченія распиленного бетопаго кубика около  $1\frac{1}{2}$  ф. въ сторону, который получился путемъ сбрасываній бетона съ высоты 6 саж. въ заранѣе приготовленную деревянную форму; кубикъ былъ распиленъ послѣ того, какъ онъ пролежалъ на открытомъ воздухѣ въ формѣ около года. Выше уровня 3 м. надъ потолкомъ, кладка велась подъ лопатку, при чемъ, начиная съ глубины 4,5 ниже ординара, кладка велась наклонными рядами, нормальными къ кривой давленія, сначала изъ плиты, а затѣмъ съ глубины 3 м. ниже ординара изъ гранитныхъ камней. Быкъ № 6 и оба устоя имѣютъ свайное основаніе. Быкъ № 6 окруженъ двойнымъ брусчатымъ шпунтовымъ рядомъ, внутри котораго вычерпанъ былъ предварительно грунтъ, затѣмъ забиты грунтовые сваи, перекрытыя бетонной шапкой, при чемъ бетонъ погружался въ воду помощью металлическихъ ящиковъ, снимавшихся съ вагонетокъ и опускавшихся въ воду помощью двухъ постоянныхъ вращающихся крановъ. Толщина бетопаго покрытія около 3 м., и верхняя поверхность его на 2 метр. ниже ординара. Бетонированіе было произведено поздней осенью; затѣмъ, спустя два мѣсяца послѣ устройства барака вода была откачена, и начата бутовая кладка. Въ правомъ устоѣ, на неглубокомъ мѣстѣ, забить былъ только одинъ рядъ брусчатыхъ шпунтовыхъ свай, не оправдавшій однако возлагавшихся на него надеждъ. Когда, послѣ окончанія бетонированія подъ водой, приступлено было къ откачиванію воды, послѣднее не удалось, благодаря щелямъ между шпунтами. Чтобы прекратить доступъ воды, установлена была на бетонномъ массивѣ внутри огражденнаго промежутка вторая внутренняя стѣнка изъ щитовъ, на разстояніи около 0,5 м. и промежутокъ заполненъ бетономъ; по мѣра эта оказалась недействительной; затѣмъ все пространство между шпунтами, поверхъ бетопаго массива, было раздѣлено подобными же бетонными перегородками между щитами на нѣсколько отдѣленій, что также не принесло пользы; оказалось необходимымъ забить второй наружный брусчатый рядъ и заполнить промежутокъ глиной, послѣ чего хотя и удалось откачать воду, но не надолго, такъ какъ вода пробивалась довольно сильно чрезъ щели шпунтовъ. Объясняется это тѣмъ, что когда забить былъ только одиночный рядъ и обнаружались значительные подмывы съ верховой стороны, то сдѣлано было впереди шпунтовъ отсыпь изъ крупныхъ камней, которые затрудняли бойку второго шпунтового ряда; сдѣланное во время откачки изслѣдованіе бетона показало, что съ верховой стороны онъ не представлялъ плотной однородной массы; благодаря одиночному ряду

шпунтовъ проточная вода проходила вѣроятно сквозь щели, и происходило вымываніе раствора во время погруженія бетона. Въ виду чего предложено было забить съ верховой стороны два продольныхъ ряда, промежутокъ между ними заполнить глинной и попытаться снова откачать воду; но это не удалось; тогда помощью съемныхъ кессоновъ разобрана была неудовлетворительная кладка бетона. Облицовочные, ледорѣзные и подферменные штучные камни для наклонныхъ рядовъ подвозились на баркахъ, поднимались вращающимся крапомъ и передвигались вдоль опоры помощью мостового крана. Объемъ отдѣльныхъ ледорѣзныхъ камней доходилъ до  $\frac{1}{10}$  куб. саж.

*Изготовленіе фашинныхъ тюфяковъ, погружаемыхъ для защиты основаній мостовыхъ опоръ.* Фашинные тюфяки употребляются какъ для укрѣпленія части ложа рѣки около мостовыхъ опоръ, такъ и для укрѣпленія русла между опорами моста и на 20 с.—50 с. вверхъ и внизъ по теченію, во всю ширину отверстія моста или въ предѣлахъ одного или нѣсколькихъ пролетовъ.

Приведемъ описаніе устройства и погруженія фашинныхъ тюфяковъ для укрѣпленія русла р. Клязьмы у Галицкаго моста Московско-Нижегородской ж. д. и для укрѣпленія русла р. Днѣпра подъ цѣпнымъ мостомъ въ Кіевѣ. (Извлечено изъ пояснительныхъ записокъ инжеперовъ Рерберга и Костенецкаго).

Въ 1866 г. ложе одного изъ пролетовъ моста черезъ р. Клязьму было укрѣплено фашинными тюфяками. Размѣры каждаго тюфяка, состоявшаго изъ нижней сѣтки, двухъ рядовъ фашинь и изъ верхней сѣтки были: 10 с.  $\times$  10 с. Нижняя сѣтка вязалась изъ прутьяныхъ капатовъ діаметромъ:  $4\frac{1}{2}$  д. (0,054 с.), образовавшихъ клѣтки по 0,40 с. въ сторонѣ, которыя перевязывались вицами (связками) черезъ каждыя 0,13 с. Поверхъ нижней сѣтки былъ расположенъ плотный рядъ фашинь длиною 1,30 с., діаметромъ 0,14 с. и при томъ такъ, чтобы одинъ рядъ заходилъ за другой на половину длины фашины; фашинная кладка выступала изъ-за очертанія сѣтки на 0,14 с.; по укладкѣ фашины, она развязывалась. Уложивши нижній рядъ фашинь, перевязали нижнюю сѣтку смолеными веревками, во всѣхъ паружныхъ перекрестахъ и черезъ одинъ—во внутреннихъ перекрестахъ; длина веревокъ, діаметромъ въ  $\frac{1}{2}$  д., была около 1 саж.; свободный конецъ ихъ оставлялся для связки съ верхней сѣткою и закрѣплялся на верхнемъ концѣ временно забитыхъ кольевъ. Послѣ сего приступлено было къ укладкѣ второго ряда фашинь, расположенныхъ по направленію, перпендикулярному къ предыдущему. Поверхъ второго ряда уложена вторая сѣтка, такого же устройства, какъ и нижняя; оставленными концами веревокъ она была крѣпко притянута къ нижней сѣткѣ, при чемъ тюфякъ получался толщиною около 0,28 с. Для

удержанія камня устроенъ былъ на верхней поверхности тюфяка плетень высотой 0,17 с., клетками въ стороны по 1,60 с.—1,20 с.; длина колебель плетни составляла около 0,43 с. Для возможности прикрѣпленія къ тюфяку канатовъ, во время его опусканія заблаговременно прикрѣплены были къ нему такъ называемыя уши, составленные изъ прутянаго каната длиною 10 с., сложеннаго дважды кольцеобразно и обмотаннаго смолею веревкою. Эти кольца діаметромъ около 1,50 с. кладутся при вязкѣ тюфяка, между первымъ и вторымъ рядомъ хвороста, прибиваются къ тюфяку кольями или связываются съ сѣтками веревками. Взаимное разстояніе между ушами около 3 саж. Тюфякъ былъ собранъ на берегу на покатомъ мѣстѣ, на каткахъ, для удобства стаскиванія его въ воду. Для опусканія тюфяка на мѣсто были забиты сваи сообразно контуру тюфяка на взаимномъ разстояніи около 10 с., и впереди ихъ установлены причаленныя къ нимъ четыре илота длиною и шириной 6 саж., на которыхъ былъ сложенъ камень и установлены воротки съ канатами, одинъ конецъ которыхъ былъ привязанъ къ ушамъ тюфяка. Камня было заготовлено около 0,12 куб. саж. на каждую квадр. саж. тюфяка, при чемъ собственно для погруженія расходовалось отъ 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> этого количества, а остальная часть разсыпалась равномерно по тюфяку послѣ его погруженія. Размѣры камня были не менѣе  $\frac{1}{2}$  куб. фут. Тюфякъ былъ такъ расположенъ, чтобы канаты нижней сѣтки приходились поперекъ теченія, во избѣжаніе того, чтобы струя, направляясь вдоль канатовъ, не могла бы размывать дно. Установивъ положеніе тюфяка притягиваніемъ его канатомъ въ ту или другую сторону, а также измѣривъ глубину шестами, приступили къ загрузкѣ тюфяка камнемъ по всей площади, загрузкая нѣсколько болѣе по четыремъ угламъ и верховую часть, чтобы предупредить перевертываніе тюфяка дѣйствіемъ теченія. Послѣ нагрузки около 0,03 куб. саж. камня на кв. саж., тюфякъ началъ погружаться; продолжая бросать камень, по командѣ сразу отпустили боковые канаты, а канаты съ верхнихъ плотовъ были отпущены лишь на столько, чтобы тюфякъ погрузился на дно; тюфякъ оставался привязаннымъ къ верхнимъ плотамъ около сутокъ, пока не была закончена грузка камнемъ, такъ какъ иначе онъ могъ быть спесенъ теченіемъ. По опусканіи на дно, плоты съ камнемъ были надвинуты надъ тюфякомъ, и продолжалась отсыпка остального количества камня. Окончательная же отсыпка камня была сдѣлана послѣ того, какъ всѣ фашины были погружены. При опусканіи тюфяка по угламъ его были прикрѣплены вѣхи, которыя указывали положеніе, принятое тюфякомъ на днѣ, что необходимо было знать для правильнаго опусканія слѣдующаго тюфяка, который накладывался на предыдущій рядъ такъ, чтобы не оставалось промежутковъ между тюфяками.



При опусканіи тюфяковъ въ пролетахъ Кіевскаго цѣпнаго моста, порядкомъ работъ былъ въ сущности тотъ же самый. Въ виду сильнаго теченія, плоты были замѣнены барками, причаленными къ кустамъ свай. Опусканіе тюфяка производилось лѣтомъ и зимою. При зимней работѣ—болѣе дешевой—вязка тюфяка производилась на льду на мѣстѣ опусканія; ворота съ канатами укрѣплялись также на льду, на которомъ располагался и камень; для опусканія тюфяка кругомъ его и по направленію канатовъ, идущихъ отъ воротовъ, были прорублены во льду капавы. Инженеръ Костепецкій наблюдалъ, что зимнее опусканіе тюфяка помимо дешевизны имѣетъ еще то преимущество, что ледъ, опустившійся вмѣстѣ съ тюфякомъ, замѣняется во время таянія пескомъ, т. е. подъ тюфякомъ происходитъ какъ бы паростаніе дна; онъ объясняетъ это тѣмъ, что при таяніи льда въ немъ образуются поздраватыя ячейки, которыя постепенно заносятся пескомъ. Размѣры тюфяковъ измѣнялись въ зависимости отъ скорости теченія; при постоянной длинѣ въ 10 с., ширина измѣнялась отъ 5 с. до 10 с. при скоростяхъ отъ 8 ф. до 3 ф. въ 1 сек. Квадратная саж. тюфяка съ погрузкою, со всѣми приспособленіями обходилась около 5,75 руб., не считая камня стоимостью около 40 руб. за куб. саж. Цѣна хвороста составляла около 4,50 р. за куб. саж.; веревокъ около 4 руб. за пудъ, а цѣна рабочаго около 33 коп. въ сутки.

Среднія единичныя цѣны по устройству каменныхъ опоръ. Среднія цѣны работъ на Самаро-Уфимской желѣзной дорогѣ.

*Стоимость матеріала:*

Куб. саж. бутоваго камня . . . . .	30 руб.
» » колотаго булыжнаго камня . . . . .	40 »
» » штучнаго гранитнаго камня грубой тески . . . . .	300 »
» » » » » средней » . . . . .	800 »
» » » » » чистой » . . . . .	1.000 »
» » тверд. известк. породы грубой тески . . . . .	200 »
Куб. саж. тверд. известк. породы средней тески . . . . .	400 »
» » » » » чистой » . . . . .	600 »
Кирпича 1.000 шт. . . . .	18 »
Известь негашеная за 1 пудъ . . . . .	20 коп.
» » за куб. саж. (500 пудъ) . . . . .	100 руб.
Портландскій цементъ, за бочку (вѣсъ 10 пуд.) . . . . .	5—6 »
Известковый растворъ, за куб. саж. . . . .	40 »
Цементный растворъ (1 ц. : 4 п.), за куб. саж. . . . .	125 »
» » (1 ц. : 3 п.), » » » . . . . .	160 »
» » (1 ц. : 2 п.), » » » . . . . .	225 »

*Стоимость работъ, включая и матеріалъ:*

Шпунтовые ряды, толщ. 2 вер., глубина забивки 1,5 с., за пог. саж.	50 руб.
» » » 2 » » » 2 саж.. » » »	60 »
» » » 2 » » » 3 » » » »	75 »
» » » 2 » » » 4 » » » »	85 »
» » » 3 » » » 1,5 с.. » » »	80 »
» » » 3 » » » 2,5 » » » »	95 »
» » » 4 » » » 3,0 » » » »	110 »
» » » 5 » » » 3 саж., » » »	115 »
» » » 5 » » » 4 » » » »	125 »
Круглыя сваи, толщ. 6 вер., при глубинѣ забивки въ 3 с.—4 с.	16—20 »
Вырытіе котлована, безъ водоотлива, за куб. саж. . . . .	3 »
» » съ водоотливомъ, » » . . . . .	15 »

**Каменная кладка:**

Кирпичная на известковомъ растворѣ, за 1 куб. саж. . . . .	85 »
» » цементномъ » 1 ц. : 3 п., за 1 куб. саж.	160 »
Бетонная, за 1 куб. саж. . . . .	225 »
Бутовая кладка на растворѣ 1 ц. : 1 п., за 1 куб. саж. . . . .	260 »
» » » » 1 ц. : 3 п., » 1 » » . . . . .	165 »
» » » сложномъ растворѣ, » 1 » » . . . . .	140 »
» » » известк. растворѣ, » 1 » » . . . . .	100 »
Кладка угловъ, карнизовъ и сводовъ, за 1 куб. саж. . . . .	450—650 »
Подферменные камни, за 1 куб. футъ . . . . .	3,5 »
Облицовка тесовымъ камнемъ, чистая, за 1 куб. саж. . . . .	1.200 »
» » » получистая за 1 куб. саж. . . . .	650 »
» » » чистая, за 1 кв. саж. . . . .	60 »
Средняя полная стоимость куб. с. опоры при естественномъ ос- нованіи . . . . .	220 »
» » » » » » на свойномъ основаніи . . . . .	320 »
» » » » » » на кессонномъ основ. 500—550 »	500—550 »
Средняя стоимость куб. саж. части опоры ниже межени на кессонномъ основаніи . . . . .	1.000—1.200 »

**Укрѣпленіе конусовъ и лотковъ:**

Булыжная мостовая, одиночная, за кв. саж. . . . .	4 руб.
» » двойная, » » » . . . . .	7 »
» » въ плетневыхъ ящикахъ, за кв. саж. . . . .	8 »



крестомъ подкосами и во всю глубину ямы обсыпать щебнемъ или гравіемъ (черт. 57). Въ противномъ случаѣ глинистый грунтъ, размоченный осепью, выпучиваясь, можетъ приподнять стулъ и разстроить весь мостъ.

Если высота насыпи небольшая, то для уменьшенія длины пролетныхъ частей устои устраиваются изъ ряда свай, забранныхъ сзади досками или пластинами и образующихъ переднюю стѣнку и откосныя крылья. Сваи перекрываются общей насадкой, а иногда связываются еще и схватками, помѣщенными нѣсколько ниже (черт. 58); посадки нарубаются шипомъ на сваи и скрѣпляются съ ними желѣзными хомутами; для предупрежденія выпучиванія передней стѣнки забиваются внутри насыпи якорныя сваи, соединенныя схватками съ передними сваями (черт. 58), или позади ея выводятъ каменную стѣнку пзъ сухой кладки \*). Якорныя сваи забиваются противъ каждой сваи; поэтому въ уровнѣ поперечныхъ схватокъ полезно помѣщать продольныя схватки (черт. 58), связывающія переднія сваи въ одно цѣлое. При высокихъ насыпяхъ откосу насыпи или берега придаютъ естественный уклонъ и для поддержанія пролетной части моста забиваютъ рядъ свай въ откосъ берега (черт. 10); при этомъ наружныя сваи часто обшиваются досками и получается подобіе передней и обратной стѣнки каменныхъ устоевъ.

Такъ какъ при такомъ устройствѣ устоевъ горизонтальный распоръ подкосовъ моста или арки не уничтожается распоромъ земли, то, во избѣжаніе выпучиванія свай, принимающихъ на себя давленіе подкосовъ, опѣ соединяются съ остальными сваями горизонтальными схватками и крестами (черт. 10).

Въ откосъ берега забиты нѣсколько рядовъ одиночныхъ свай, перекрытыхъ посадками и стянутыхъ поперечными схватками; надъ этими послѣдними расположены продольныя схватки, на которыя помѣщаются короткіе бруски, врубленные въ сваи; въ эти бруски и сваи упираются

---

\*) Взамѣнъ якорныхъ свай предложены въ послѣднее время цементныя свайки. Помощью лома дѣлается въ грунтъ углубленіе до 0,66 с., въ которое вставляется проволока толщиною 4—5 мм. и все заливается жидкимъ растворомъ цемента. Жидкій растворъ, заполняя промежутки между частями грунта, образуетъ цѣлую съѣт боковыхъ отпѣвленій, чѣмъ значительно увеличивается сопротивленіе свайки вырыванію. Такъ напр. при длинѣ свайки въ 0,5 и 0,69 метр., сопротивленіе вырыванію по прошествіи 3-хъ мѣсяцевъ составляло: 178 кил. и 543 кил.

Выступающіе концы проволоки привязываются къ кореннымъ сваямъ. Для увеличенія сопротивленія вырыванію полезно пользоваться вмѣсто лома особаго рода полымъ щупомъ, оконечность котораго можно по произволу нѣсколько раздвинуть. Образующееся вслѣдствіе сего увеличеніе діаметра нижней части углубленія, а слѣдовательно и утолщеніе нижней части цементной свайки (черт. 58') способствуетъ увеличенію сопротивленія. Сцѣпленіе цементнаго раствора съ металломъ, какъ извѣстно, очень большое.

кресты; передній рядъ свай состоитъ изъ тройного ряда свай, перекрытыхъ поперечными насадками, съ парубленными на нихъ короткими подушками, въ которыя вставлены шпикомъ стойки. Эти послѣднія стойки обжаты въ основаніи продольными схватками и одной поперечной полусхваткой, на которую опирается подушка, принимающая давленіе отъ арки.

Деревянные устои *болышихъ и высокихъ мостовъ* состоятъ изъ рядовъ свай, соединенныхъ между собою поперечными и продольными схватками и раскосами; одиночные ряды свай забиваются на разстояніи не болѣе сажени одинъ отъ другого (черт. 10). На черт. 59 и 60 показаны устои временного деревяннаго моста, замѣняемаго каменнымъ виадукомъ. Устои состоятъ изъ ряда свай, срубанныхъ на опредѣленной высотѣ и перекрытыхъ двойной поперечной насадкой. Въ насадку врублены стойки, непосредственно подпирающія ферму, а затѣмъ и наклонные подкосы (черт. 60). Нѣкоторыя изъ свай для большей устойчивости забиты наклонно; всѣ свай связаны продольными и поперечными схватками и приведены въ неизмѣняемую систему раскосами; нижняя часть устоя для уменьшенія распора земли обсыпана камнемъ.

Въ грунтахъ, не допускающихъ забивку свай, устои устраиваются ряжевыми (черт. 61). Ряжи представляютъ собою срубъ изъ круглаго лѣса съ нѣсколькими внутренними и поперечными стѣнками. Разстояніе между стѣнками отъ 1 до 1,25 саж.; высота этажа около 2 саж.; второй и третій этажи нарубаются такимъ образомъ, чтобы стѣнки приходились въ перевязку; во избѣжаніе выпучиванія стѣнокъ эти послѣднія обжимаются вертикальными сжимами; нѣкоторые изъ нихъ служатъ вмѣстѣ съ этимъ для поддержанія пролетныхъ частей моста; верхъ сжимовъ покрывается поперечной насадкой, на которой расположены прогоны моста. Внутренность ряжей заполняется камнемъ или чурой. Показанный на черт. 61 устой служилъ опорой для желѣзныхъ 25 саж. фермъ моста, которыя были откатаны въ сторону и поставлены на деревянные устои на время перестройки каменныхъ постоянныхъ опоръ, причемъ движеніе поѣздовъ совершалось по объѣздному пути, для чего пользовались желѣзными фермами постоянного моста. Въ виду значительнаго вѣса металлическихъ пролетныхъ частей очевидно нельзя было передать давленіе отъ фермъ на вертикальные сжимы, а понадобилось въ передней части устоя поставить на лежняхъ рядъ стоекъ, перекрытыхъ насадками, поверхъ которыхъ уложено нѣсколько рядовъ накрестъ положенныхъ брусевъ.

Такъ какъ устои по конструкціи имѣютъ много общаго съ быками, то перейдемъ къ детальному разсмотрѣнію устройства промежуточныхъ опоръ

Быки. Свайныя опоры съ цѣльными или срощенными стойками. Разстояніе между сваями. Различныя типы врубонъ. Охватни поперечныя, продольныя и діагональныя. Раскосы. Парныя и тройныя сваи. Многоярусныя опоры. Детали соединенія стоевъ съ насадками и схватками. Раскосныя опоры. Детали соединенія раскосовъ съ ребрами. Способы прикрѣпленія къ каменной кладкѣ.

Устройство быковъ измѣняется въ зависимости отъ пролета, высоты быка, системы пролетной части и назначенія моста.

Вообще деревянныя опоры, какъ крайнія, такъ и промежуточныя, можно раздѣлить на четыре класса: 1) на опоры изъ стоекъ цѣльныхъ или срощенныхъ; 2) на многоярусныя опоры, въ которыхъ стойки подраздѣлены горизонтальными насадками; 3) на раскосныя и 4) ряжевыя.

Для небольшихъ пролетовъ быки дѣлаются изъ одного ряда свай, перекрытыхъ общей насадкой, на которой располагаются прогоны пролетной части моста (черт. 62 и 63). Для большей устойчивости крайнія сваи или нѣсколько крайнихъ забиваются наклонно, или же ограничиваются схватками—горизонтальными и наклонными (черт. 63 и 65).

Иногда же крайнія сваи забиваются отвѣсно, но срѣзываются ниже остальныхъ свай, причемъ въ низкія сваи упираются подкосы (черт. 63). Въ горизонтѣ упора нижняго конца подкоса проходятъ двѣ поперечныя схватки.

Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу, разстояніе между сваями измѣняется отъ 3,5 до 5,5 футъ. Для мостовъ подъ желѣзную дорогу это разстояніе зависитъ отъ того—назначаются ли двѣ, три или болѣе свай подъ путь, и затѣмъ, будутъ ли прогоны моста расположены на сваяхъ или на поперечной насадкѣ.

Если подъ путь назначаются двѣ сваи—разстояніе между центрами свай—5,5 или 6 футъ., при трехъ сваяхъ—разстояніе между сваями около 3,5 фут.; при четырехъ сваяхъ 7-ми футовое разстояніе между крайними сваями разбивается на три равныя части (черт. 62), или крайнія сваи болѣе сближены (черт. 63).

Предпочтительнѣе устраивать подъ путь 3—4 сваи, особенно при длинныхъ мостахъ, такъ какъ возможное незначительное искривленіе моста въ планѣ, отъ осадки и напора земли на деревянные устои, всегда позволитъ сохранить для рельсоваго пути прямое направленіе, не выходя изъ очертанія наружныхъ свай.

Если временный деревянный желѣзнодорожный мостъ устраивается такимъ образомъ, чтобы онъ одновременно служилъ подмостями для сборки желѣзныхъ фермъ, что дѣлается ради сбереженія расходовъ на отклоненіе пути и на устройство отдѣльныхъ подмостей,—то при мостахъ съ ѣздой по-верху разстояніе между сваями такъ рассчитывается, чтобы оставалось со всѣхъ сторонъ достаточное свободное пространство для производства кленки (около 0,40—0,50 саж.).

Въ этомъ случаѣ устраивается только два ряда коренныхъ свай (иногда двойныхъ), или четыре ряда, причемъ двѣ среднія сваи иногда разставляются лишь на столыко, чтобы можно было между ними пропустить горизонтальныя діагональныя связи. Сваи, схватки и распорки нужно вообще такъ размѣщать, чтобы нигдѣ не происходило пересѣченія съ желѣзными частями фермы и оставалось достаточно мѣста для производства кленки.

Одно изъ существенныхъ неудобствъ этихъ системъ состоитъ въ томъ, что опоры моста и подмостей одиѣ и тѣ же, и поэтому, при проходѣ поѣзда по временному мосту, вслѣдствіе сотрясенія большая часть подкладокъ и клинцевъ, поддерживающихъ ферму, сдвигаются съ мѣста, почему необходимо очень часто вывѣрять нивелиромъ, сохраняетъ ли желѣзная ферма требуемое положеніе. Поэтому, если возможно и не дорого, лучше въ промежуткѣ между двумя смежными быками забивать отдѣльныя сваи для поддержанія прогоновъ подмостей.

На черт. 63' показаны фасадъ, планъ и поперечныя разрѣзы временнаго моста чрезъ р. Суру въ Пензѣ на Моршанско-Сызранской ж. д., внутри котораго производилась сборка желѣзныхъ фермъ. Устройство опоръ слѣдующее: въ рядъ забиты четыре двойныя коренныя сваи во всю вышину моста, на взаимномъ разстояніи 4 5 ф. и 5 ф.; въ томъ же поперечномъ ряду имѣются двѣ короткія откосныя двойныя сваи на разстояніи 25,5 ф. отъ крайнихъ свай. Въ эти сваи и въ крайнія высокія сваи врубленъ одиночный подкосъ, сращенный по длинѣ; по высотѣ быка расположено четыре ряда поперечныхъ схватокъ; кромѣ горизонтальныхъ поперечныхъ схватокъ имѣются діагональныя поперечныя схватки между среднею и верхнею горизонтальными схватками, полусхватки и крестообразныя распорки между нижней и средней горизонтальной схваткой. Схватки слегка расходящіяся, такъ какъ нижнимъ своимъ концомъ онѣ обжимаютъ двойную коренную сваю, а верхнимъ—верхнія горизонтальныя схватки, между которыми помѣщена укосина. Полусхватки обжимаютъ четыре коренныя сваи, а крестообразныя распорки помѣщены между наружной коренной свайю и укосиною. Затѣмъ имѣются еще діагональныя распорки между крайними и средними коренными сваями. Быки взаимно связаны на различной высотѣ продольными схватками и діагональными крестообразными распорками, расположенными въ промежуткѣ между поперечными схватками; въ верхней части быка помѣщены еще діагональныя горизонтальныя полусхватки: разстояніе между двумя смежными быками 12 ф.; система пролетной части моста — балочная; прогоны — двойныя составныя брусья, связанные вмѣсто шпонокъ двойными поперечными брусьями, что сдѣлано для того, чтобы связать въ одно цѣлое прогоны моста, нарубленные прямо на сваи и служащіе

вмѣстѣ съ тѣмъ подрельснымъ брусомъ; въ одномъ только пролетѣ разстояніе между быками увеличено до 24 футъ, что необходимо было сдѣлать для пропуска судовъ; въ этомъ пролетѣ пролетная часть подкосной системы. Желѣзныя фермы моста во время сборки опирались при помощи подкладокъ на второй рядъ поперечныхъ схватокъ.

Если каменные опоры предполагается вывести послѣ постройки временнаго моста, то деревянныя опоры слѣдуетъ такъ размѣщать, чтобы онѣ не мѣшали производству каменной кладки. На чертежѣ 59-мъ показанъ временный мостъ, имѣющій быть замѣненнымъ каменнымъ мостомъ; для

Рис. 114.

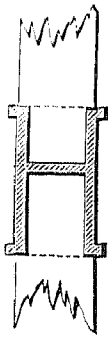


Рис. 116.

Рис. 115.

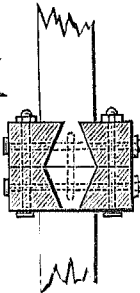
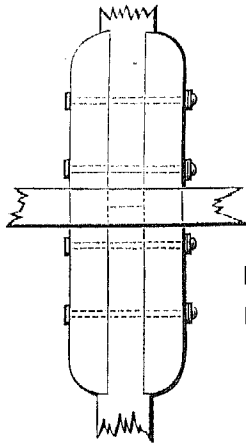


Рис. 117.

возможности смыканія сводовъ въ тѣхъ пролетахъ, гдѣ поставлены деревянные быки, эти послѣдніе убираются послѣ того, какъ поставлены временныя деревянныя опоры на готовые каменные быки.

При значительной вышинѣ моста сваи наращиваются врубкою секторами (рис. 114), или въ полдерева со стяжкою бугелями, въ при-

тыкъ съ двумя накладками съ обѣихъ сторонъ (рис. 115), или безъ врубокъ, сопрягая обѣ части чугунной муфтой (рис. 116), а также четырьмя схватками, врубленными въ лапу и стянутыми болтами (рис. 117)\*. На черт. 64 показаны детали врубокъ насадокъ и подкосовъ въ сваи, а именно: для насадки круглаго сѣченія (два варианта), для отесанной

\*) Въ опорахъ, разбираемыхъ на время ледохода, сростъ устраняется такимъ образомъ, чтобы онъ былъ легко разбираемъ и вмѣстѣ съ тѣмъ представлялъ достаточно сопротивленія боковому отклоненію. На черт. 63' показанъ типъ подобнаго сраста, примѣняемаго въ опорахъ эстакады, примыкающей къ плашкоутному чрезъ р. Оку мосту въ Нижнемъ-Новгородѣ. Въ поперечномъ къ оси моста направленіи забиты на известномъ взаимномъ разстояніи—группы тройныхъ свай ( $a, b, a$ ). Средняя свая  $b$  срѣзана выше горизонта низкихъ водъ, но на 1 саж. ниже крайнихъ свай— $a$ , срѣзанныхъ въ свою очередь ниже горизонта ледохода. Всѣ сваи стянуты двумя рядами поперечныхъ горизонтальныхъ схватокъ: одинъ рядъ въ уровнѣ вершины свай— $a$ , а другой—въ уровнѣ вершины свай— $b$ . Въ промежутокъ между сваями— $a$  вставляется съемная стойка— $b'$ , упирающаяся непосредственно на торецъ свай— $b$ . Работа эта довольно кропотливая, такъ какъ производится тотчасъ по приходѣ ледохода, когда горизонтъ воды постоянно поднимается и слѣдовательно приходится ощупью отыскивать мѣсто для постановки стойки  $b'$ .



на два капта, и для прямоугольной пасадки. Вездѣ проведенъ тотъ принципъ, чтобы перерубленные въ насадкахъ волокна имѣли упоръ на сваѣ. Въ двухъ вариантахъ перваго типа и во второмъ типѣ имѣется по три шипа, а въ четвертомъ одинъ шипъ въ  $\frac{1}{3}$  толщины. Первый вариантъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что въ пасадкѣ перерублено много волокопъ.

На черт. 61 показана деталь врубки подкоса въ сваю и въ схватку; въ подкосѣ сдѣланы три шипа съ соответственными гнѣздами въ сваѣ; вмѣсто трехъ шиповъ дѣлаютъ большею частью одинъ шипъ въ  $\frac{1}{3}$  толщины; схватка врублена въ сваю такъ, что имѣется присѣкъ, т. е. схватка не только обжимаетъ сваю, но и опирается на нее, что безусловно необходимо во избѣжаніе изгиба, или срѣзыванія стяжныхъ болтовъ при передачѣ вертикальнаго давленія отъ подкоса на сваю.

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу два смежныхъ быка связываются между собою продольными схватками (черт. 65а), а также иногда и діагональными полусхватками, когда есть основаніе опасаться бокового (вдоль моста) выпучиванія опоръ (особенно въ подкосныхъ мостахъ), отъ неравномѣрной нагрузки пролетовъ.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу продольныя схватки часто и не помѣщаются, такъ какъ здѣсь не можетъ быть такой неравномѣрной нагрузки смежныхъ пролетовъ.

Для уменьшенія свободного пролета прогоновъ моста, послѣдніе подпираются иногда подкосами. При временныхъ мостахъ подкосы врубаются частью въ сваю и частью въ поперечную схватку. Врубку въ одну сваю не слѣдуетъ допускать, въ виду значительнаго ослабленія сваи.

Въ мѣстахъ врубки подкосовъ въ сваи должно всегда помѣщать поперечныя и продольныя схватки.

Если по расчету окажется, что для сопротивленія смятію одной врубки недостаточно, подкосъ упираютъ въ особую подушку, соединенную со сваею нѣсколькими неглубокими зубьями и болтами (рис. 118). Такой способъ упора подкосовъ имѣетъ то преимущество, что свая ослабляется очень незначительно.

При постоянныхъ же мостахъ лучше упирать подкосы въ отдѣльныя сваи (рис. 119), забитыя рядомъ со сваей быка, такъ какъ при неисправномъ состояніи желѣзныхъ связей (гаекъ, болтовъ и проч.) схватки могутъ отстать отъ сваи, и подкосъ не будетъ имѣть упора. Въ послѣднемъ случаѣ, для уменьшенія издержекъ, забиваютъ не три сваи, а двѣ, соединяя ихъ поверху тремя схватками, въ среднюю вставляютъ шиномъ стойку, основаніе которой зажимается между двумя другими схватками,

а въ эти послѣднія врубають подкосы \*). Такой быкъ по конструкціи принадлежитъ уже ко второму типу (рис. 120).

Если пролеты значительны и по расчету одиночнаго ряда свай недостаточно, тогда забивается двойной или тройной рядъ. Но лучше свай двойного ряда ставить не вплотную, а раздвигать на 0,75—1 саж. и связывать продольными и поперечными схватками и крестами, чѣмъ достигается большая жесткость опоры относительно бокового выпучиванія, что особенно важно въ желѣзнодорожныхъ мостахъ. На черт. 62 показанъ такой быкъ. Опора состоитъ изъ восьми коренныхъ свай и четырехъ откосныхъ, т. е. въ каждомъ ряду четыре коренныхъ и двѣ откосныхъ свай.

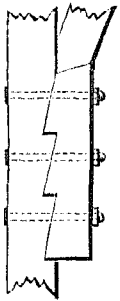


Рис. 118.

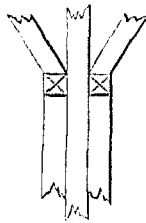


Рис. 119.

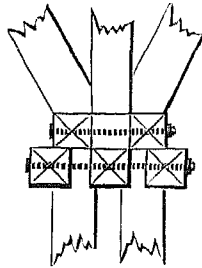


Рис. 120.

Между откосными и крайними коренными сваями помѣщенъ подкосъ. Свай обжаты горизонтальными поперечными схватками въ вершинѣ опоры, по срединѣ высоты и внизу; между поперечными схватками помѣщены въ вертикаль-

ной плоскости діагональныя полусхватки. Непосредственно надъ нижней и средней поперечными схватками расположены продольныя схватки около коренныхъ свай и полусхватки около откосныхъ свай. Прогоны моста, состоящіе изъ двойного бруса, нарублены на свай; число прогоновъ — четыре.

На черт. 65а и черт. 65б показана опора того же типа. Кромѣ 6 коренныхъ свай (по три въ каждомъ поперечномъ ряду) имѣется еще 4 откосныхъ свай неодинаковой высоты; между откосными сваями и между крайней коренной и средней откосной свай помѣщены подкосы. Сростъ свай со стойками сдѣланъ въ уровнѣ нижнихъ схватокъ; второй сростъ стоекъ — въ горизонтѣ среднихъ схватокъ; эти схватки состоятъ изъ четырехъ брусевъ; остальные три ряда поперечныхъ схватокъ составлены изъ двухъ брусевъ, за исключеніемъ средней части, прилегающей къ кореннымъ сваямъ, гдѣ онѣ также состоятъ изъ четырехъ брусевъ. Между

\*) На Уссурийской желѣзной дорогѣ этотъ типъ нѣсколько видоизмѣненъ. Между выступающими надъ поверхностью грунта вершинами двухъ коренныхъ свай (черт. 63<sup>а</sup>) помѣщена промежуточная схватка, въ которую вставлена средняя стойка. Рядомъ со стойкой поставлены вплотную двѣ другія, нарубленные въ полдеревя на нижнія коренныя свай такъ, что образуется непосредственный сростъ свай со стойками. Сростъ этотъ обжимается двумя парами поперечныхъ и одной парой продольныхъ схватокъ. Можно было бы на двѣ коренныя сваи на рубить насадку и въ нее вставить всѣ три стойки.

поперечными схватками помѣщены діагональныя полусхватки, обжимающія коренныя сваи, а въ остальныхъ промежуткахъ поставлены на крестъ раскосы. Такіе же раскосы имѣются между сваями и въ плоскости параллельной продольной оси моста. Сваи опоры связаны кромѣ того продольными схватками (въ пяти мѣстахъ по высотѣ опоры), причемъ верхнія схватки составлены изъ двухъ брусевъ, а остальные изъ четырехъ, расположенныхъ непосредственно выше и ниже поперечныхъ схватокъ. Всѣ схватки стянуты болтами, помѣщенными по обѣ стороны свай. Для большей связи смежныхъ опоръ и для увеличенія устойчивости—смежныя опоры связаны продольными схватками (три по высотѣ опоры), и кромѣ того въ плоскости параллельной продольной оси моста помѣщены подкосы, упирающіеся въ особыя подкосныя сваи, забитыя въ промежуткѣ между опорами. Коренныя сваи перекрыты поперечными насадками, на которыхъ нарублены подбалки, а поверхъ нихъ расположены прогоны, составленные пзъ трехъ брусевъ. Середина прогона подперта двумя подкосами.

На черт. 65*в* показано соединеніе подкосовъ съ откосной сваей; концы подкоса упираются въ торецъ подушки, соединенной со сваей шпонками и болтами; двойная схватка при соединеніи со сваей имѣетъ присѣкъ, причемъ схватка захватываетъ сваю наклоннымъ шипомъ шириною около  $\frac{1}{3}$  толщины сваи и врубленнымъ въ лапу.

На черт. 65*з* изображено соединеніе одиночныхъ схватокъ со сваей; въ сваѣ сдѣлано два гнѣзда для приѣма соотвѣтственныхъ шиповъ схватки.

Черт. 65*д* представляетъ деталь сроста свай или стоекъ; въ торцы сращиваемыхъ стоекъ забить заершенный штырь; для предупрежденія отклоненія въ сторону и отдѣленія верхней иарощенной части—сростъ обжать по двумъ перпендикулярнымъ направлеціямъ схватками, причемъ схватки врублены въ лапу съ присѣкомъ и имѣютъ наклонныя шипы.

Черт. 65*е* и 65*ж* не требуютъ объясненія.

Черт. 65*з* представляетъ деталь сроста прогоновъ моста помощью сложной врубки и дубоваго клина—соединенія, называемаго замкомъ.

На черт. 65*и*—показана врубка въ подушкѣ, въ которую упираются подкосы фермы; боковыя грани скошены нормально къ направлецію раскосовъ; въ граняхъ сдѣланы гнѣзда для шиповъ подкосовъ; въ верхней грани подушки, для помѣщенія прогоновъ фермы, имѣется вырубка съ присѣками по краямъ; подобнымъ расположеніемъ достигается крайне незначительное ослабленіе прогона и уничтожается возможность бокового перемѣщенія его.

При сооруженіи свайныхъ устоевъ слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на то, чтобъ сваи были достаточно раскошены во избѣжаніе искривленія ихъ въ сторону русла, вслѣдствіе осадки и распора насыпи.

Многоярусныя опоры.

Въ этомъ типѣ опоръ число коренныхъ стоекъ въ смежныхъ этажахъ одинаковое, или уменьшается по мѣрѣ приближенія къ вершинѣ опоры. Въ первомъ случаѣ этажи подраздѣляются поперечными (относительно осп моста) насадками (черт. 60), и выше лежація стойки составляютъ какъ бы продолженіе стоекъ нижняго яруса; во второмъ же случаѣ — этажи подраздѣляются короткими продольными насадками (черт. 10), или поперечными схватками (черт. 66), и стойки верхнихъ этажей располагаются или въ одной вертикальной линіи съ пѣкоторыми изъ стоекъ нижняго яруса (черт. 10), или же проходятъ въ промежуткѣ между ними (черт. 66). Второй ярусъ начинается обыкновенно на 1—1,5 фута ниже низкаго горизонта воды. Высота слѣдующихъ этажей опредѣляется длиною имѣющихся бревень, отъ 3-хъ до 4-хъ сажень длины.

На чертежѣ 60 и 61 показанъ одинъ изъ примѣровъ этого типа.

По средней поперечной линіи быка забитъ двойной рядъ вертикальныхъ свай въ слѣдующемъ числѣ: 3, 1, 2, 2, 2, 1 и 3; по двумъ крайнимъ поперечнымъ линіямъ забиты сваи въ томъ же числѣ, но только по наклонному направленію. Всѣ четыре ряда свай перекрыты двойной насадкой, въ которую вставлены шипами стойки и подкосы 2-го яруса, причемъ стойки и подкосы среднихъ граней расположены въ вертикальной поперечной плоскости, а крайнихъ граней — въ наклонной плоскости; иа высотѣ 8,3 метр. отъ нижняго ряда насадокъ помѣщенъ второй рядъ двойныхъ насадокъ и поставленъ 3-й ярусъ. Въ вершинѣ опоры двойная коренная стойка, приходящаяся непосредственно надъ фермою моста, затѣмъ двойной наружный подкосъ и одиночный внутренній — перекрыты одной общей чугунной доской и сверхъ того обжаты схватками и стянуты болтами. Основанія и вершины стоекъ и подкосовъ каждаго этажа скрѣплены схватками, стянутыми болтами; по высотѣ этажа помѣщено еще два ряда продольныхъ и поперечныхъ схватокъ.

Соотвѣтственныя стойки различныхъ этажей соединяются какъ между собою, такъ и со сваями желѣзными планками и болтами. Въ плоскости, параллельной продольной оси моста, помѣщены крестообразныя распорки со стяжными болтами. Въ плоскости насадокъ имѣются подобныя же горизонтальныя распорки съ болтами. Нижняя часть быка засыпана камнемъ; бока обшиты досками.

Если насадки не соединяются со сваями скобами, то во избѣжаніе поднятія насадокъ водою, шипы на сваѣ нарубаются прямые, а гнѣздо въ насадкѣ дѣлается въ видѣ ласточкина хвоста. Затѣмъ на шипы устанавливается дубовый клинъ и при осаживаніи насадки клинъ забивается въ шипъ, раздвигая его сообразно очертанію гнѣзда. Иногда гнѣздо дѣ-

лаютъ сквознымъ такъ, что шпиль проходитъ во всю высоту насадки, и затѣмъ въ шпиль загоняется клинъ.

Деревянные быки арочныхъ, а иногда и подкосныхъ мостовъ, устраиваются обыкновенно въ два яруса; нижній состоитъ изъ 2-хъ, 3-хъ или болѣе свай, а верхній ярусъ—изъ одной или двухъ стоекъ, впущенныхъ въ схватки или насадки, покрывающія сваи нижняго яруса. Основанія стоекъ 2 этажа обжимаются схватками, которыя служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ насадками для нижняго ряда свай (черт. 66).

На черт. 67 показано соединеніе подкосной фермы съ опорой, причемъ нѣкоторыя части арки упираются въ стойку, другія—въ насадки и схватки. Шпиль на крайнихъ сваяхъ нарубленъ не по оси сваи; въ средней сваѣ шпиль толще и выше, что сдѣлано для образованія самостоятельнаго шпильна для средней насадки. Крайнія насадки лежатъ прямо на сваяхъ и схваткахъ безъ шпилей для того, чтобы при завинчиваніи ихъ болтами опѣ могли крѣпко обхватить стойки. Какъ вырубка въ схваткахъ, такъ и шпиль въ сваяхъ сдѣланы съ приѣомъ (съ потемкой) около  $\frac{1}{2}$  вершка. При сопряженіи подкосовъ со стойкой, на послѣдней нарубленъ шпиль толщиной въ 2 вершка, а въ подкосѣ сдѣлана соответственная вырубка (черт. 67).

На черт. 10 и 68 показанъ другой типъ соединенія арки съ опорой. На тройной рядъ свай нижняго яруса нарублены поперечныя насадки, поверхъ которыхъ расположены короткія продольныя насадки. Въ эти послѣднія врублены стойки, обжатыя двумя схватками, на которыя поставлены деревянные подушки, принимающія на себя давленіе отъ арки.

На черт. 66 показано детальное устройство быка и расположеніе свай одного изъ мостовъ на Уральской желѣзной дорогѣ. Въ нижней части быкъ состоитъ изъ трехъ свай, а въ верхней части—изъ двухъ стоекъ, впущенныхъ шпильми въ двѣ среднія схватки. Между средними сваями помѣщены распорки, и кромѣ того всѣ сваи обжимаются діагональными полусхватками.

#### Раскосныя опоры.

Эти быки (въ большинствѣ случаевъ пирамидальные) устраиваются преимущественно на каменномъ фундаментѣ, который, въ виду трудности ремонта этихъ быковъ, выводится выше горизонта высокихъ водъ.

Наименьшее число реберъ 4. Между ребрами помѣщаются раскосы и стяжные болты какъ въ плоскости горизонтальной, такъ и въ плоскости граней. Во избѣжаніе опрокидыванія отъ давленія вѣтра паружныя грани прочно скрѣпляются съ каменной кладкой. На черт. 69 показано устройство такого быка, имѣющаго двѣнадцать реберъ, изъ которыхъ два среднихъ—вертикальныя, остальные—наклонны; въ верхней части быка только шесть реберъ, такъ какъ три боковыхъ сливаются со средними; каждое

ребро состоитъ изъ четырехъ брусевъ; брусъ соединены шпонками и стянуты четырьмя болтами, размѣщенными попарно по двумъ направлениямъ. Въ плоскости граней помѣщена раскосная рѣшетка со стяжными болтами; узловые точки въ граняхъ, параллельныхъ продольной оси моста, приходятся противъ середины панелей рѣшетки въ поперечныхъ граняхъ; въ послѣднихъ граняхъ раскосы упираются въ чугунныя подушки; въ рѣшеткѣ граней вдоль моста раскосы упираются попеременно въ чугунныя подушки и въ деревянный брусъ, прикрѣпленный къ ребрамъ. Назначеніе этого деревяннаго бруса—доставить возможность помѣстить крестообразную связь въ горизонтальной плоскости. Какъ видно изъ сѣченія по  $OF$  (черт. 69) къ верхней и нижней грани этого бруса прикрѣплены болтами два раскоса, расположенные по діагонали. Въ каменную кладку вдѣланы чугунныя башмаки, въ которые поставлены ребра быка. Для предупрежденія опрокидыванія, нижнія части крайнихъ реберъ соединены шпонками съ двойными брусьями, перекрытыми общей насадкой. Въ плоскости соприкасанія брусевъ двойного бруса пропущенъ болтъ, проходящій во внутрь каменной кладки, въ которой сдѣлана горизонтальная галлерей. Завинчивая гайки поверхъ насадки и подъ брусомъ, помѣщеннымъ въ колодцѣ для передачи давленія отъ гайки болта на большую площадь кладки, получается прочное закрѣпленіе съ каменной кладкой.

#### Ряжевыя промежуточныя опоры.

Когда въ грунтъ нельзя забить сваи и глубина рѣки незначительна, быкъ составляють изъ ряжевыхъ ящичковъ, заполняя все внутреннее пространство камнемъ. Стойки такихъ быковъ связываются между собою горизонтальными и діагональными схватками и прикрѣпляются къ внутреннимъ схваткамъ ряжей.

Вмѣсто ящичковъ нерѣдко ставятъ стойки на лежни, подъ которыми для передачи давленія на большую площадь подкладываютъ рядъ корытшей.

Всѣ деревянные опоры имѣютъ одинъ крупный недостатокъ: части, находящіяся въ предѣлахъ измѣненія горизонта воды, т. е. подвергающіяся попеременному дѣйствию воды и воздуха, — быстро гниютъ. Если замѣна такихъ частей можетъ впоследствии представить затрудненія, тогда нижнюю часть опоры до горизонта высокихъ водъ дѣлають каменною, а верхнюю часть—деревянною, или же деревянные стойки, въ предѣлахъ измѣненія горизонта, замѣняютъ металлическими. Такъ напр. на деревянные сваи, забитыя ниже горизонта низкихъ водъ, надѣвають чугунныя или желѣзныя пустотѣлыя колонны съ ребордами или приклепанными къ нимъ поясными уголками. Внутренность колонны заполняется бетономъ или заливается цементомъ не до верху, и въ оставшееся свободное

мѣсто вставляется деревянная стойка слѣдующаго этажа. Въ мѣстахъ сраста металлическихъ стоекъ съ деревянными помѣщаются двойныя схватки, стянутыя болтами (черт. 69').

#### Деревянные ледорѣзы.

Вышину деревянныхъ ледорѣзовъ опредѣляютъ такъ же, какъ и вышину каменныхъ, придавая уклонъ отъ 1 : 1 до 2 : 1. Деревянные ледорѣзы всегда помѣщаются отдѣльно отъ деревянныхъ быковъ съ цѣлью оградить мостовое сооруженіе отъ ударовъ льдиць. Смотри по силѣ напора льда, деревянные ледорѣзы устраиваются различно. Самый простой ледорѣзъ, состоящій изъ одного ряда свай, представленъ на черт. 70. На круглыя сваи, соединенныя схватками подъ горизонтомъ низкихъ водъ, насажешь брусъ подъ полуторнымъ или двойнымъ уклономъ, смотря по скорости теченія; вертикальныя сваи подперты подкосами. На верхнемъ ребрѣ бруса прикрѣплена желѣзными обоями желѣзная полоса; этими же обоями соединенъ ледорѣзный брусъ со сваями. Часть ледорѣза, находящаяся выше схватки, обшивается досками и заполняется камнемъ.

При сильномъ ледоходѣ такой ледорѣзъ, по своей малой устойчивости, особенно относительно боковыхъ напоровъ, не можетъ быть употребленъ; въ такомъ случаѣ устраиваютъ ледорѣзъ изъ двухъ и трехъ рядовъ свай, при чемъ верхній наклонный брусъ составляется изъ трехъ брусевъ съ желѣзной полосой, или забиваютъ три ряда свай по тремъ направлєніямъ, сходящимся въ одну точку. На черт. 71 показанъ такой ледорѣзъ. Крайніе ряды свай срѣзаны на одномъ уровнѣ, а средніе—на различныхъ высотахъ, причемъ средніе ряды приходится въ промежуткѣ между крайними рядами. Всѣ сваи стянуты схватками. На средній рядъ надѣта насадка, около которой расположены двѣ наклонныя схватки, подпираемыя подкосами, врубленными въ короткія сваи крайнихъ рядовъ; наклонныя переднія грани обшиты досками.

Иногда устраиваютъ *ледорѣзы на палахъ*. На черт. 72 показанъ ледорѣзъ этого типа. Подъ ледорѣзъ забить кустъ изъ 10 свай (черт. 72), стянутыхъ между собою желѣзнымъ обручемъ изъ плосового желѣза шириною 2 д., толщиною  $\frac{3}{4}$  д. Впереди куста, на разстояніи 4 саж., забиты двѣ сваи, на которыхъ должны лежать ледорѣзные брусья; сваи эти забиты на 5 футовъ ниже горизонта обыкновенныхъ водъ (черт. 72). Ледорѣзные брусья связаны изъ трехъ бревень, толщиною 8 верш.; два нижніе бруса соединены между собою тремя болтами, толщиною въ 1 дм.; верхній брусъ соединяется съ нижнимъ посредствомъ пяти желѣзныхъ хомутовъ изъ полосового желѣза, оканчивающихся винтовыми парѣзками; ширина хомутовъ 3 д., толщина  $\frac{3}{4}$  д.; къ верхнему брусу прикрѣплена

желѣзная полоса толщиною 1 д. и шириною 3 д.; полоса положена подъ хомуты.

Внутреннія сваи куста срублены наклонно, причемъ на нихъ нарублены шипы, а въ ледорѣзныхъ брусьяхъ вынуты соотвѣтственные гнѣзда. Черезъ двѣ концевыя сваи и ледорѣзные брусья пропущены желѣзные штыри, оканчивающіеся винтовой парѣжкой; толщина штырей  $1\frac{1}{2}$  д.; кромѣ того къ сваямъ, осаживаемымъ вмѣстѣ съ ледорѣзнымъ брусомъ, привинченъ болтами желѣзный хомутъ шириною  $2\frac{1}{2}$  д. и толщиною  $\frac{5}{8}$  д., на тотъ случай, что если бы при осаживаніи свай ниже горизонта воды штыри лопнули, то хомутъ не допустить поднятія хвоста ледорѣза.

#### Производство работъ по устройству деревянныхъ опоръ.

Заготовленные для работъ бревна должны быть прямыя, не сучковатыя, не сухоподстойныя, сухія, не менѣе двухъ-трехъ лѣтъ послѣ срубки дерева, безъ синева, прямослойныя и мелкослойныя. Для свай можетъ быть употребленъ и сырой лѣсъ. При ударѣ бревна должны издавать ясный звукъ, что служить признакомъ отсутствія дряблости; торецъ долженъ имѣть однообразный цвѣтъ, безъ рѣзкихъ переѣмпъ окраски. Въ особенности слѣдуетъ избѣгать горѣлаго лѣса, т. е. пролежавшаго послѣ срубки въ сыромъ мѣстѣ, а также бревенъ, съ которыхъ снята была кора не вскорѣ послѣ срубки дерева. Здоровый лѣсъ имѣетъ особый запахъ, рѣзко отличающій его отъ горѣлаго лѣса съ запахомъ плесени.

Для мостовъ преимущественно употребляется сосна, одинаково удобная какъ для свай, такъ и для прогоновъ моста, схватокъ и проч. Въ сѣверной полосѣ Россіи, — ель очень хорошихъ качествъ и поэтому нерѣдко также идетъ въ дѣло, особенно для второстепенныхъ частей моста. Лиственница, имѣя прямой стволъ и обладая значительнымъ сопротивленіемъ, представляетъ собою вполне пригодный матеріалъ для мостовыхъ сооружений. Дубъ—въ виду нѣкоторой кривизны почти не употребляется для свай; но обладая большимъ сопротивленіемъ въ отношеніи вытягиванія, сжатія и особенно смятія—употребляется для прогоновъ моста, для подушекъ, насадокъ и проч.

Чѣмъ медленнѣе растетъ дерево, тѣмъ оно крупнѣе; поэтому мелкослойный лѣсъ предпочтительнѣе крупнослойнаго. На томъ же основаніи лѣсъ на югѣ, какъ болѣе быстро растущій, менѣе проченъ и долговѣченъ, чѣмъ лѣсъ сѣверныхъ странъ.

По подвозкѣ лѣса къ мѣсту работъ—начинается правка лѣса, обтеска круглышемъ, въ правильные цилиндры, конусы, на два или на четыре канта съ острыми ребрами, или съ обливинами. Одновременно съ этимъ происходитъ заготовка копровъ и разбивка моста.



Обозначивъ продольную ось моста (способами, указанными въ главѣ о каменныхъ опорахъ), приступаютъ къ забивкѣ свай, — зимою со льда, а лѣтомъ съ барокъ или съ особыхъ подмостей. Если забивка свай производится зимою, что во всякомъ случаѣ удобнѣе, — пробививаютъ по льду продольную ось моста, отмѣчаютъ величины пролетовъ и обозначаютъ вѣхами оси быковъ при помощи эскера или другого инструмента, затѣмъ обозначаютъ на льду колышками мѣста свай. Пробивъ пѣшными на этихъ мѣстахъ ледъ, забиваютъ сваи копромъ, который ставится на ледъ съ прокладкою подъ него брусевъ для болѣе удобнаго передвиженія копра. Если же забивка свай производится лѣтомъ, тогда для точнаго обозначенія мѣстъ свай — устраиваютъ кругомъ предполагаемыхъ быковъ легкія подмости и вдоль моста — временный мостъ. На нихъ разбиваютъ болѣе точнымъ образомъ величины пролетовъ, продольныя оси быковъ, опредѣляютъ мѣста для свай, дѣлая необходимыя отмѣтки на подмостяхъ. Копры ставятъ на подмостяхъ или на баркахъ (черт. 73).

При устройствѣ опоры на сушѣ — забивка менѣе сложна.

Нерѣдко, для болѣе точной забивки свай, устанавливаютъ на льду или на землѣ четырехугольную раму, на которой начерчено направленіе продольныхъ и поперечныхъ рядовъ свай каждой опоры. Рамы устанавливаютъ, ориентирясь съ продольными осями моста и быка, для чего, натянувъ шнуръ по направленію этихъ осей, раму передвигаютъ до тѣхъ поръ, пока отвѣсъ не совпадетъ съ осью, начерченной на рамѣ. Послѣ каждаго передвиженія копра, правильность положенія рамы повѣряется тѣмъ же способомъ.

При забивкѣ свай слѣдуетъ обращать вниманіе, чтобы свая была постоянно отвѣсна; въ случаѣ же наклоненія свай, она обвязывается канатомъ, который закручивается аншпугомъ, и закоперщикъ, надавливая на одинъ конецъ аншпуга, отклоняетъ сваю въ ту или другую сторону, имѣя точку опоры въ вертикальныхъ стойкахъ копра.

Если нѣкоторыя сваи приходится забивать наклонно, — пользуются копромъ, въ которомъ переднія стойки укрѣплены внизу на шарнирѣ и могутъ принимать произвольное наклоненіе.

Изображенный на черт. 73' коперъ былъ употребленъ при забивкѣ наклонныхъ свай подмостей при сооруженіи моста черезъ рѣку Рейнъ близъ Гермерсгейма. На двухъ понтонахъ былъ установленъ паровой коперъ, рамные брусья коего имѣли возможность вращаться въ плоскости передней грани копра, и кромѣ того весь коперъ могъ вращаться въ плоскости передней грани; по обоимъ направленіямъ тангенсъ угла наклоненія составлялъ около  $\frac{1}{4}$ . Коперъ закрѣплялся въ томъ, либо другомъ положеніи тяжами съ двойной муфтой. Въ общихъ чертахъ устройство копра состояло въ слѣдующемъ: на составномъ брусѣ, перекинутомъ че-

резь оба понтона и усиленномъ тѣжами, по серединѣ длины его была прикрѣплена чугунная подушка съ двумя вертикальными ребрами, сръзанными по дугѣ; къ нижнему ребру горизонтальнаго бруса, основанія двухъ направляющихъ стоекъ и укосинъ копра, была прикрѣплена чугунная подушка съ однимъ вертикальнымъ ребромъ, также сръзаннымъ по дугѣ; это ребро входило въ промежутокъ между двумя ребрами нижней подушки; взаимное соединеніе шарпиромъ допускало возможность вращенія копра въ плоскости передней его грапи. Для того, чтобы коперъ могъ вращаться и въ плоскости нормальной къ передней грани стойки, рама и укосины были укрѣплены такъ, какъ указано на детали *а*, т. е. основанія стоекъ и укосинъ, обжатыя металлическими планками, были прикрѣплены къ ребрамъ чугунной подушки горизонтальнымъ болтомъ и, слѣдовательно, могли около него вращаться.

Во время забивки ведется особый журналъ для каждой сваи, въ которомъ заносится № сваи (соотвѣтственно плану), число ударовъ въ залогъ, высота паденія, вѣсъ бабы и величина погруженія сваи послѣ каждаго залога. Величина погруженія отмѣчается чертой, проводимой на передней стойкѣ копра по липейкѣ, прилагаемой къ вершинѣ сваи, или липейка прикладывается къ опредѣленному мѣсту стойки копра, и черта отмѣчается на сваяхъ. Сваи слѣдуетъ забивать до тѣхъ поръ, пока не получится назначенная заранѣе величина погруженія отъ опредѣленнаго числа ударовъ (отказъ сваи)\*). Въ песчаныхъ грунтахъ работа по забивкѣ свай идетъ очень медленно. Употребляютъ иногда слѣдующій пріемъ для облегченія погруженія свай: съ наружной стороны свай прикрѣпляютъ металлическую трубку, конецъ которой загнуть сообразно острію сваи; пропуская по трубѣ струю воды подъ большимъ давленіемъ, достигаютъ того, что вода разрыхляетъ и выноситъ часть грунта, способствуя погруженію сваи.

Если свая, забитая во всю свою длину, не представляетъ еще требуемаго отказа, необходимо ее наростить: вершина стягивается бугелемъ и въ торець забивается заершенный штырь, на который насаживается надставка, также стянутая внизу бугелемъ. Подобный сростъ долженъ еще приходиться подъ землей не менѣе, какъ на 2 аршина.

Окончивъ забивку свай, выравниваютъ сваи одного поперечнаго ряда (на сколько это возможно) въ одну линію и затѣмъ укладываютъ горизонтальныя поперечныя схватки. Эти послѣднія причерчиваются на мѣстѣ сообразно съ толщиною и относительнымъ положеніемъ свай. Врубки дѣлаются всегда такъ, чтобы свая была наименѣе ослаблена, причѣмъ

---

\*) Для облегченія подъема бабы полезно увеличивать діаметръ шкива, черезъ который перекинутъ канатъ.

необходимо, чтобы схватка опиралась частью на сваю и захватывала ее съ боковъ (черт. 67 и 166"), что достигается врубкой съ потемкой или съ присѣкомъ.

Положивъ схватки, стягиваютъ ихъ болтами, помѣщаемыми по обѣ стороны сваи. (Иногда болты пропускаются чрезъ сваи). Послѣ сего срѣзываютъ сваи подъ одинъ уровень и перекрываютъ ихъ однимъ изъ способовъ, указанныхъ ранѣе.

Если сваи должны быть перекрыты насадкой, отбиваютъ намѣленнымъ шнуромъ положеніе шиповъ на всѣхъ сваяхъ и подрѣзываютъ сваи съ боковъ на вышину шипа, который затѣмъ легко додѣлывается топоромъ. Гнѣзда въ насадкѣ выдалбливаютъ на мѣстѣ, сообразно относительному положенію шиповъ. Часто шипы дѣлаютъ сквозные во всю высоту насадки и затѣмъ ихъ расклиниваютъ клиньями. По положенію насадки вырубаютъ въ ней гнѣзда для шиповъ стоекъ слѣдующаго яруса и т. д.

Когда сваи необходимо связать схватками ниже поверхности воды, готовятъ парныя схватки, стянутыя болтами съ извѣстнымъ промежуткомъ между схватками и съ соответственными вырубками для сваи и затѣмъ постепенными ударами (пользуясь подбабкомъ) осаживаютъ схватки до необходимой глубины.

Подобный же пріемъ употребляется при положеніи насадокъ ниже уровня воды. Готовится шапочный брусъ изъ трехъ брусевъ: изъ двухъ схватокъ и промежуточнаго бруса (насадки), стянутыхъ горизонтальными болтами. Средній брусъ немного выступаетъ изъ-за боковыхъ схватокъ. Положивъ этотъ тройной брусъ на вершины сваи, его прикрѣпляютъ къ торцамъ сваи завершенными гвоздями, вбиваемыми помощью подбабка въ средній брусъ. Такъ какъ рѣдко сваи одного ряда оказываются забитыми по одной линіи, сдѣланіе вырубокъ въ схваткахъ требуетъ точнаго знанія относительнаго положенія сваи подъ водой. Для сего забиваютъ по оси сваи желѣзные штыри, выступающіе изъ-за поверхности воды, и затѣмъ точно опредѣляютъ относительное положеніе сваи. Этими же штырями можно пользоваться и для направленія шапочнаго бруса при опусканіи его; приготовивъ отверстие въ среднемъ брусѣ, шапочный брусъ надѣваютъ на штыри и опускаютъ; затѣмъ штыри выдергиваются и замѣняются завершенными гвоздями; брусъ осаживается подбабкомъ.

Для спиливанія сваи подъ водой пользуются круглой пилой или покзаншой на черт. 74.

На рис. 121 изображена употребляемая въ Америкѣ круглая пила съ паровымъ приводомъ; на одномъ концѣ барки установленъ котель, а на другомъ — родъ остова копра, къ которому прикрѣпленъ опускающійся

въ воду на опредѣленную глубину брусъ (двойной въ верхней части); къ этому брусу прикрѣплены въ нѣсколькихъ мѣстахъ металлическія обоймы, поддерживающія металлическую ось круглой пилы; вершина оси помощью стремени подвѣшена къ канату, перекинутому чрезъ шкивъ и закрѣпленному на оси лебедки. На ось пилы насаженъ на-

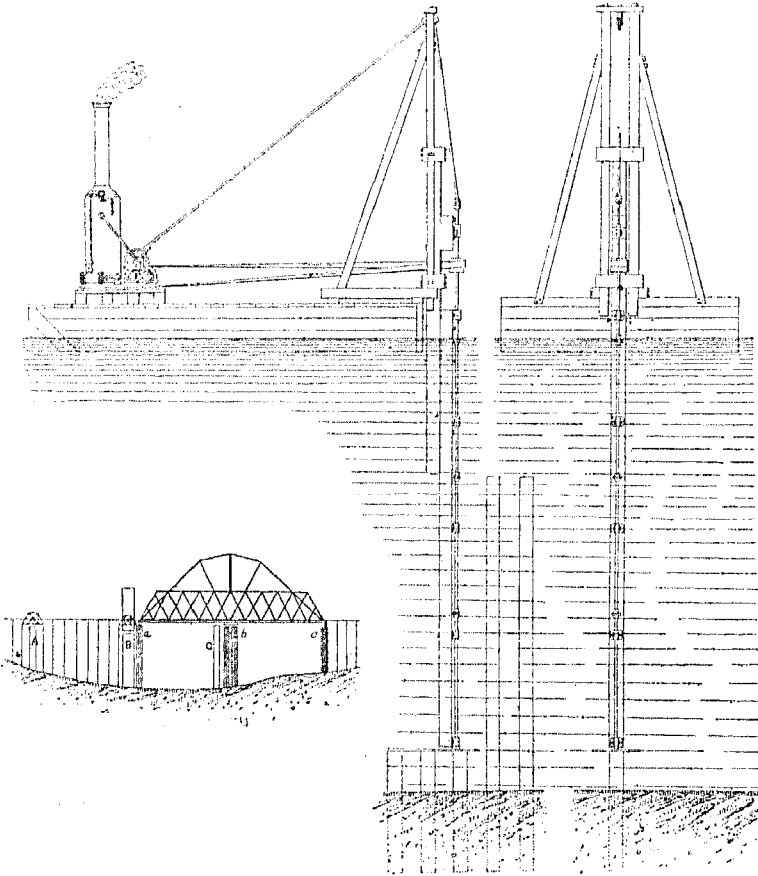


Рис. 121.

глухо барабанъ, приводимый во вращательное движеніе безконечнымъ ремнемъ.

Если свая расщепилась или неправильно забита и требуется ее выдернуть, можно примѣнить приспособленіе, изображенное на черт. 75, причемъ концы обоихъ канатовъ навиваются на воротъ или на лебедку, поставленные на подмостяхъ; другое приспособленіе показано на черт. 76. Предварительно сваю распатываютъ ударами въ разныя стороны, что уменьшаетъ сопротивленіе выдергиванію.

Раскосы (кресты) и подкосы вставляются пилами, причем пила парубается на средней трети торца.

Для предупрежденія порчи дерева въ сопряженіяхъ и врубкахъ, всѣ сопряженія схватокъ между собою, со сваями, сопряженія пасадокъ и подкосовъ со стойками, пины и гнѣзда должны быть просмолены горячею каменноугольною смолою, которая имѣетъ свойство впитываться въ дерево и предохранять его отъ гніенія.

Какъ въ опорахъ со сращенными стойками, такъ и съ пасадками, до положенія горизонтальныхъ и діагональныхъ схватокъ, сваи и стойки приводятъ въ неизмѣняемую систему временными діагональными схватками изъ горбиль, пользуясь для прикрѣпленія полукорабельными гвоздями.

Поперечныя и продольныя схватки сращиваются по длинѣ зубомъ, замкомъ, или между парными схватками вставляютъ въ стыкъ вкладыши и наружныя накладки съ соотвѣтственными вырубками и стяжными болтами (рис. 122).



Рис. 122.

Опорами подмостей чаще всего служатъ нижнія части постоянной опоры; только въ исключительныхъ случаяхъ устраиваютъ отдѣльныя опоры для подмостей.

Подробности устройства раскосныхъ опоръ могутъ быть почерпнуты изъ описанія работъ по устройству фермъ системы Гау.

Къ окраскѣ опоръ слѣдуетъ приступить только послѣ совершенной просушки лѣса. На первый годъ достаточно загрунтовать, что не препятствуетъ испаренію.

Вмѣсто краски часто пользуются каменноугольною смолою.

*Среднія единичныя цѣны.* Приблизительная стоимость пог. саж. лѣса въ дѣлѣ въ опорѣ, въ томъ числѣ и стоимость забивки свай, составляетъ отъ 2,00 р.—2,75 руб., включая въ общее число погонныхъ саж.: сваи, схватки, кресты, діагональныя схватки и проч., п около 5 руб. за пудъ металлическихъ скрѣпленій, считая на опору, въ зависимости отъ высоты ея, отъ 10 до 30 пуд. Если выдѣлить стоимость свай, то стоимость остальныхъ частей опоры около 1,50—2,00 руб. за пог. саж. въ дѣлѣ. Работа безъ матеріаловъ цѣнится отъ 0,75 до 1,00 р. за погонную саж. въ дѣлѣ.

Стоимость опоръ увеличивается вмѣстѣ съ высотой и при малыхъ пролетахъ, отъ 1 до 3 саж., составляетъ наиболѣе существенную часть стоимости всего моста.

Приведемъ нѣкоторыя данныя о стоимости балочныхъ и подкосныхъ желѣзнодорожныхъ мостовъ подъ одинъ путь отверстіемъ до 3 саж., безъ раздѣленія на стоимость опоръ и пролетной части.

1) По Сальмоновичу:

Высота насыпи отъ—до	С т о и м о с т ь .	
	На 1 пог. саж. по верху.	На 1 пог. саж. отверстий.
0,30 с.—0,75 с.	106,32 руб.	350,0 руб.
0,76 „ -- 1,50 „	150,10 „	610,0 „
1,00 „ -- 1,98 „	204,04 „	845,0 „
2,00 „ -- 2,50 „	259,26 „	1425,0 „
2,55 „ -- 2,73 „	323,68 „	1360,0 „

2) По существующимъ расцѣнкамъ вѣроятная стоимость пог. саж. деревянныхъ мостовъ при величинѣ отдѣльныхъ пролетовъ до 3 саж.:

Высота.	Кіево-Воронежск. узкокол.	Ростово-Владик.	Москов.-Казанск.	Москов.-Арханг. узкокол.	Рязанско-Уральск.		Зап.-Сиб. Стоимость работы безъ матеріала.
					Широк.	Узкокол.	
В ъ р у б л я х њ .							
До 1 саж.	145	—	—	—	145—190	160	111
» 2 »	165	225	150	150	230—240	210	128
» 3 »	—	300	250	200	535	245—270	151
» 4 »	235	325	—	300	—	—	177
болѣе 4 »	—	—	400	350	225—615	400—480	194

3) Чтобы видѣть, насколько вліяетъ высота опоръ и величина отдѣльныхъ пролетовъ, приведемъ подробную стоимость двухъ мостовъ на одномъ и томъ же участкѣ Западно-Сибирской желѣзной дороги—одного высокою 8,81 саж. при величинѣ отдѣльныхъ пролетовъ въ 3 саж., и другого при высотѣ насыпи въ 0,91 с. и при величинѣ пролетовъ въ 1,00 саж.

На томъ же участкѣ при высотѣ насыпи въ 5,27 саж. и при длинѣ моста по верху въ 39 саж.—стоимость работы составляла 200 руб. на пог. саж., а съ матеріаломъ—413 руб. Для другого моста при высотѣ насыпи въ 0,81 саж. и при длинѣ по верху въ 5 саж. стоимость работы на пог. саж.—134 руб., а съ матеріаломъ—236 руб.

На Средне-Сибирской жел. д. средняя цѣна пог. саж. опредѣлилась для балочныхъ мостовъ при величинѣ пролетовъ до 2 саж.:

при высотѣ насыпи до 1 саж. . . . .	205 руб.
» » » отъ 1 до 2 саж. . . . .	250 »
» » » » 2 » 3 » . . . . .	360 »

Для подкосныхъ мостовъ при величинѣ пролетовъ до 3,5 саж.:

при высотѣ насыпи до 4 саж. . . . .	410 руб.
» » » отъ 4 до 5 саж. . . . .	480 »
» » » » 5 » 6 » . . . . .	560 »

НА ИМЕНОВАНІЯ.	Мостъ черезъ рѣку Чувъ. 1.297 вер. Наибольшая высота моста 8,81 саж. Отвергіе по низу 20 саж. Величина отъѣзжныхъ пролетовъ 3 саж. Длина по верху 31,60 пог. саж.		Мостъ на 1.205 перелѣтн. вѣк. 101. Наибольшая высота 0,91 саж. Отвергіе по низу 2,00 саж. Величина отъѣзжныхъ пролетовъ 1,00 саж. Длина по верху 5,71 саж.	
	Количество.	На сумму.	Количество.	На сумму.
<b>Работа.</b>		Рубл.		Рубл.
Забивка и наращиваніе свай . . . . .	148	1.515,38	28	162,35
Плотничныя работы по установкѣ балокъ, схватокъ, подкосовъ и проч. . . . .	—	3.627,91	—	241,70
Мелкія кузнечныя работы . . . . .	—	29,75	—	—
Загрунтовка . . . . . пог. саж.	3.980	597,00	141	21,15
		<u>5.770,04</u>		<u>425,20</u>
<b>Матеріалы.</b>				
Бревенъ отъ 4 до 8 вер. . . . . пог. саж.	4.684	2.323,39	141,33	112,47
Брусковъ отъ 3"×3" до 12"×7" » »	976	412,38	152,96	120,74
Пластины . . . . . » »	338	101,93	21	9,45
Досокъ . . . . . » »	434,5	86,90	87,50	17,50
<b>Покровки желѣзныя.</b>				
Хомутовъ, болтовъ и пр. . . . . худ.	515	2.464,15	28,85	136,55
Смола . . . . . »	30	19,50	—	—
Мелкіе расходы . . . . .	—	82,38	—	0,50
Перевозка матеріаловъ къ мѣсту работы . . . . .	—	649,62	—	127,04
Общіе расходы . . . . .	—	714,58	—	56,90
<b>И Т О Г О . . . . .</b>	—	<b>12.614,37</b>	—	<b>1.006,38</b>
или на пог. саж., длины по верху . . . . .		$\frac{12.614,37}{31,60} = 399,19$		или на $\frac{1.006,38}{5,71} = 176,25$ пог. с.

4) При сооруженіи деревянныхъ устоевъ временнаго моста подъ два пути, черезъ Обводный каналъ въ С.-Петербургѣ на Царскосельской желѣзной дорогѣ съ желѣзными 6 саж. балочными фермами, при наибольшей высотѣ устоевъ въ 4 саж., общая стоимость двухъ устоевъ опредѣлилась въ 18.700 руб., что при длинѣ каждаго устоя въ 7,38 саж. составляетъ 1.270 руб. на пог. саж. двойного пути. Стоимость дерева составляла 10.300 руб., металлическихъ скрѣпленій—2.600 руб., работа—5.800 руб.

Единичныя стоимости матеріаловъ и работъ опредѣлились въ слѣдующихъ размѣрахъ:

Бревна сосновыя:

длиною 3 саж. толщ. 4 верш. со штуки . . .	1 р. 20 к.—	1 р. 50 к.
» 3 » » 5 » » » . . .	2 » 20 »—	2 » 50 »
» 3 » » 6 » » » . . .	4 » — »—	4 » 50 »
» 4 » » 4 » » » . . .	— » — »—	2 » — »
» 4 » » 5 » » » . . .	4 » — »—	4 » 50 »
» 4 » » 6 » » » . . .	5 » 50 »—	6 » — »
» 6 » » 6 » » » . . .	— » — »—	25 » — »
Болты за пудъ . . . . .	3 р. 60 к.	
Гвозди . . . . .	2 » 50 »	
Смола . . . . .	1 » — »	

За положеніе въ дѣло (кромѣ забивки) съ обтеской, кантовкой, остружкой, пригонкой, парубаніемъ шиновъ и проч.:

1 пог. саж. круглаго лѣса менѣе 5 верш. . . . .	85 к.
1 » » » » болѣе 5 » . . . . .	95 »

Тоже, съ кантовкой на 4 канта:

1 пог. саж. изъ лѣса менѣе 5 верш. . . . .	— р. 90 к.—	1 р.— к.
1 » » » » болѣе 5 » . . . . .	1 » — »—	1 » 10 »

Забивка 6 вер. свай длиною 3—4 с. (съ устройствомъ копра) 8—10 р.

За постановку на мѣсто болтовъ съ высверливаніемъ отверстій 20 к. со штуки.

5) Что касается стоимости мостовъ подь обыкновенную дорогу, то такую правильнѣе относить на кв. саж. полотна. Если имѣть въ виду, что ширина полотна желѣзнодорожнаго моста подь одинъ путь около 2 саж., и что въ обоихъ случаяхъ число откосныхъ свай и укосинъ будеть одно и то же независимо отъ ширины моста, причемъ стоимость таковыхъ въ желѣзнодорожномъ мосту составляетъ около 25% отъ стоимости пог. саж. моста,—то приблизительная стоимость кв. саж. моста подь обык. дорогу можетъ быть опредѣлена изъ вышечприведенныхъ данныхъ, по формулѣ:

$$\frac{0,75 a}{2} = 0,38 a \approx 0,4a,$$

гдѣ  $a$ —стоимость пог. саж. желѣзнодорожнаго моста подь одинъ путь.

6) При сооруженіи подкоснаго моста подь экипажный проѣздъ черезъ Обводный каналъ въ Петербургѣ, при наибольшей высотѣ въ 4 саж., величинѣ пролета въ 6 саж., при длинѣ моста по верху въ 19 саж. и ширинѣ проѣзда въ 6 саж.—общая стоимость опредѣлилась въ 12.300 руб., что на кв. саж. полотна составляетъ 108 руб. Въ этой стоимости: дерева



было употреблено на сумму 6.500 руб., желѣзныхъ скрѣпленій на сумму 1.000 руб. и стоимость работъ—4.800 руб.

Единичныя цѣны были тѣ же, какъ и выше приведенныя.

Къ сему слѣдуетъ прибавить, что стоимость укладки одиночнаго настила—2 руб. съ кв. саж.; а двойного—4 руб. съ кв. саж.

7) При послѣднемъ возобновленіи Каменпоостровскаго моста въ Петербургѣ длиной 72 саж., шириною 7 саж., вышиною 3 саж., при величинѣ отдѣльныхъ пролетовъ до 8 саж.—общая стоимость моста опредѣлилась въ 70.000 руб., что составляетъ на кв. саж. около 140 руб., а за вычетомъ стоимости подъемной части 12.000 руб. при величинѣ пролета въ 8 саж.—стоимость кв. саж.—130 руб. Стоимость кв. саж. Елагинскаго моста, включая и подъемную часть—190 руб.

## VII.

### Металлическія опоры.

Металлическія опоры можно раздѣлить на четыре класса:

1) Металлическія стойки, опирающіяся на каменный фундаментъ, и качающіяся стойки. 2) Металлическія сваи, забиваемыя или завинчиваемыя въ грунтъ. 3) Металлическія трубчатыя опоры, состоящія изъ опущенныхъ въ грунтъ трубъ съ каменнымъ или бетоннымъ заполненіемъ и 4) Металлическія раскосныя опоры, опирающіяся на каменный фундаментъ.

#### Металлическія стойки.

*Стойки* обыкновенно бываютъ: чугуныя, полаго сѣченія, многоугольнаго или круглаго, и желѣзныя — изъ квадратнаго желѣза или сѣченія двутавроваго, прямоугольнаго полаго сѣченія со сплошными или сквозными стѣнками, изъ рельсовъ и проч.

Чугуныя стойки (колонны) употребляются вышиною отъ 3 до 6 м. и имѣютъ преимущественно кольцевое сѣченіе при внѣшнемъ діаметрѣ отъ 20 до 40 сант.; діаметръ сохраняется однообразнымъ или увеличивается по мѣрѣ приближенія къ серединѣ высоты. Толщина стѣнки дѣлается не менѣе 2—2,5 сант. и для обезпеченія однообразной толщины стѣнокъ колонны отливаются всегда стоймя. Три основныя элемента стойки—основаніе, стержень и капитель въ мѣстахъ взаимнаго соединенія отдѣляются въ видѣ втулокъ и снабжаются приливами (рис. 123 и 124), которымъ придаютъ цилиндрическое или для болѣе плотнаго соединенія коническое очертаніе. Основаніе прикрѣпляется къ фундаменту болтами и подливается на слоѣ цемента толщиною не менѣе 1 сант. или

укладывается на свинцовой прокладкѣ толщиною 2—3 мм. Основаніе обыкновенно нѣсколько втапливается въ подферменный камень, или же на нижней поверхности основанія дѣлаютъ крестообразныя реборды. Цилиндрическая часть основанія (базы) соединяется съ днищемъ ребордами; въ мѣстахъ размѣщенія болтовыхъ отверстій дѣлаютъ утолщенія. Сопряженіе капители со стержнемъ колонны дѣлается также помощью припсовъ (рис. 123 и 124); высота регулируется помощью клинѣвъ. Если пролеты небольшие, такъ что стрѣла прогиба фермъ незначительна, то не принимаютъ мѣръ для обезпеченія равномерной передачи давленія на колонну, какъ это напр., указано въ типѣ фиг. 123, представляющей капитель колонны виадука подъ обыкновенную дорогу съ деревянными фермами (на жел. дор. изъ Парижа въ С.-Жерменѣ).

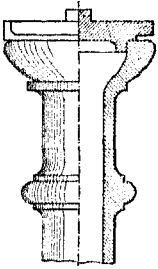


Рис. 123.

шей капитель колонны виадука подъ обыкновенную дорогу съ деревянными фермами (на жел. дор. изъ Парижа въ С.-Жерменѣ). При значи-

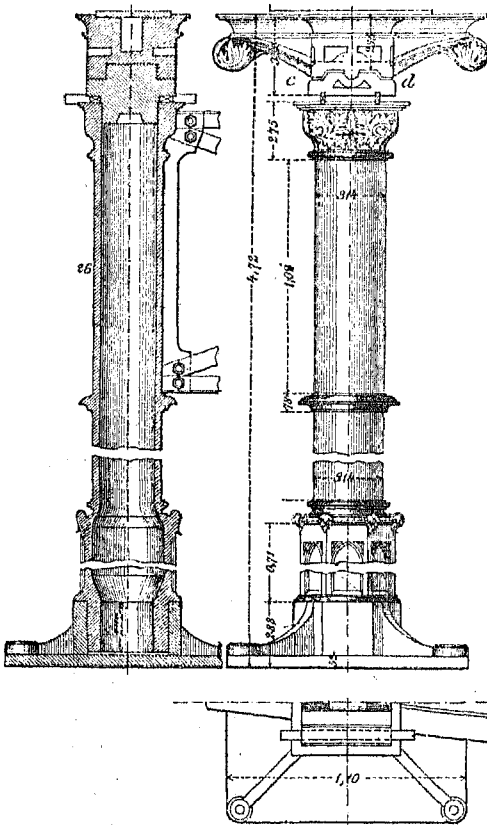


Рис. 124.

тельныхъ пролетахъ, а особенно въ случаѣ желѣзнодорожныхъ мостовъ, необходимо обезпечить равномерную передачу давленія на опору. Такъ напр. показанная на рис. 124 капитель опоры путепровода въ Оснабрюкѣ состоитъ изъ двухъ частей: нижней неподвижной и верхней балансирующей подушки, способной слѣдить за прогибомъ фермы, причемъ не вызывается изгибающаго момента въ стойкѣ; балансирующая подушка имѣетъ по серединѣ выемку, соответствующую выступу въ нижней части подушки, что препятствуетъ сдвигу фермы въ поперечномъ направленіи отъ дѣйствія вѣтра или отъ центробѣжной силы.

Для возможности прикрѣпленія связей отливаютъ колонны съ вертикальными ребордами (рис. 124), къ которымъ прикрѣпляютъ болтами связи.

На черт. 77 показанъ одинъ изъ типовъ металлической стойки. Стойка

представляетъ въ сѣченіи прямоугольникъ и состоитъ изъ четырехъ уголковъ, къ каждой полкѣ которыхъ приклепанъ листъ шириною  $6\frac{1}{2}$ " ; затѣмъ всѣ четыре уголка съ приклепанными къ нимъ листами взаимно соединены рѣшеткой изъ жесткихъ уголковъ и образуютъ трубчатую стойку со сквозными стѣнками. Вверху, внизу и по срединѣ стойки — рѣшетка замѣнена сплошнымъ листомъ, какъ для возможности прикрѣпленія связей, такъ и для увеличенія жесткости. Для принятія давленія отъ верхней чугунной подушки къ верхнему краю стойки съ внутренней сто-

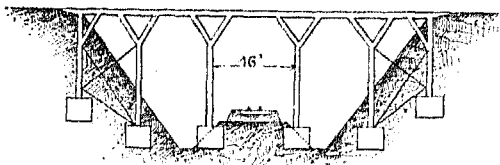


Рис. 125.

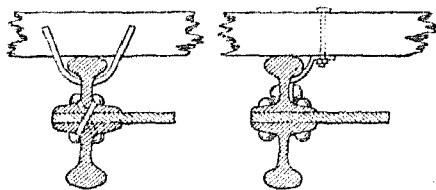


Рис. 126.

роны приклепаны двѣ узкія полосы и уголокъ; затѣмъ между двумя взаимно противоположными стѣнками помѣщена вертикальная діафрагма; къ горизонтальнымъ полкамъ уголковъ діафрагмы и уголковъ, окаймляющихъ верхній край стойки, приклепанъ сплошной котельный листъ, къ которому уже прикрѣплена чугунная подушка. Къ нижнимъ краямъ стойки прикрѣплены уголки, горизонтальные полки которыхъ соединены заклепками со сплошнымъ листомъ толщиной  $\frac{3}{4}$ " , который образуетъ такимъ образомъ дно стойки; сквозь этотъ листъ проходятъ 7-ми футовые болты, заложенные въ кладку.

Проѣзжая часть устроена слѣдующимъ образомъ:

на поперечныхъ балкахъ положено желѣзо Zogès, углубленія котораго заполнены асфальтовой мастикой со щебнемъ; сверху расположенъ слой бетона, покрытый топкимъ слоемъ асфальта, а затѣмъ уже устроено обыкновенное шоссе. Для тротуаровъ желѣзо Zogès замѣнено волнистымъ желѣзомъ, оцинкованнымъ съ двухъ сторонъ.

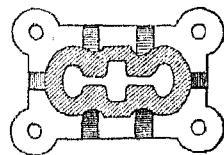


Рис. 127.

На рис. 125—132 (или чер. 416—423) показаны общій видъ и детали устройства стоекъ и подкосныхъ фермъ изъ желѣзныхъ рельсовъ Виньоля. Взаимное соединеніе рельсовъ пятами (рис. 125—130) облегчаетъ склепку, дѣлаетъ соединеніе болѣе прочнымъ, но затрудняетъ прикрѣпленіе поперечинъ проѣзжей части; при сближеніи же рельсовъ головками (рис. 131—132) взаимное соединеніе менѣе прочно, но прикрѣпленіе поперечинъ къ широкой грани пята болѣе удобно. Въ изображенномъ на рис. 125 типѣ оба рельса стойки сближены не вплотную, а съ оставленіемъ промежутка

(съ примѣненіемъ по линіи закленокъ—прокладокъ), что даетъ возможность (рис. 126) помѣстить мѣстами фасонныя прокладки и къ нимъ

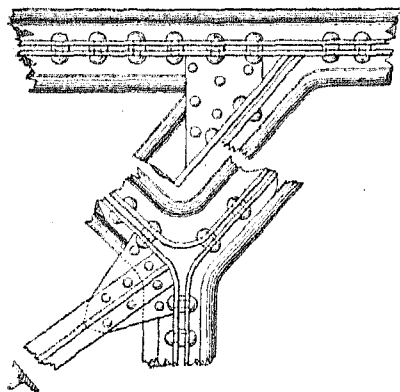


Рис. 128.

прикреплять связи въ поперечномъ направлении. На рис. 127 изображена чугунная подушка, въ которую вставляется рельсовая стойка. На известной высотѣ рельсы разгибаются и переходятъ въ ригель (рис. 128), поверхъ котораго помѣщаются рельсы прогона. Для того, чтобы прогонъ былъ двойной по всей длинѣ и для того, чтобы отогнутые концы рельсовъ стойки не могли разойтись, помѣщена въ промежуткѣ между подкосами треугольная рама изъ согнутаго рельса, скленаннаго съ горизонтальнымъ короткимъ рельсомъ. Другой типъ, гдѣ

подкосы не составляютъ продолженія рельсовыхъ стоекъ, и стойки доведены до верху—показанъ на рис. 129—130. Въ первомъ изъ нихъ—прогонъ двой-

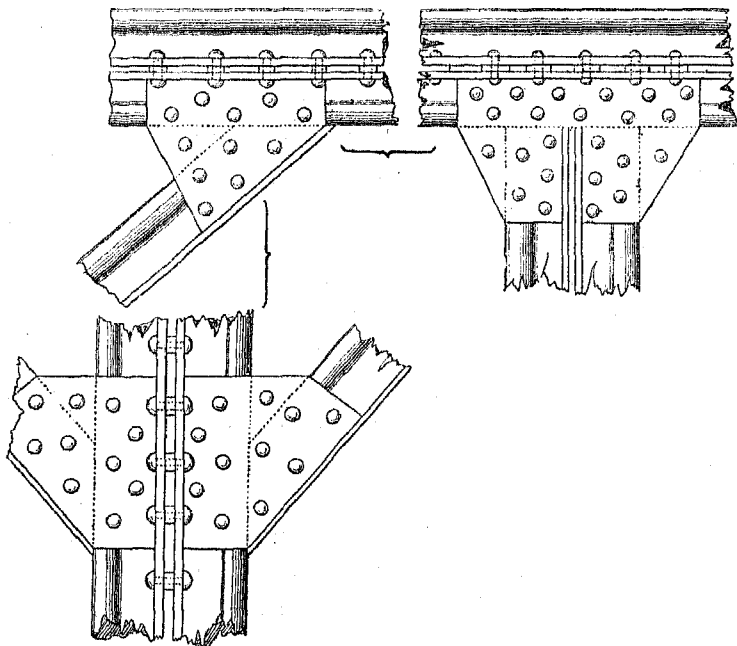


Рис. 129.

ной во всю длину, а во второмъ—прогонъ одиночный; соединеніе подкоса со стойкой и прогономъ сдѣлано помощью двухъ накладокъ, для чего сняты предварительныя выступающія боковыя части головокъ рельса до размѣровъ

толщины шейки рельса. Въ виду значительной дороговизны остругиванія иногда сплющиваютъ головки рельса (железнаго) въ горючемъ состояніи. На рис. 126 показаны прикрѣпленія деревянныхъ поперечинъ помощью скобъ изъ круглаго желѣза, пронзенныхъ чрезъ отверстіе въ шейкѣ рельса, или помощью болтовъ, прикрѣпленныхъ къ приклепаннымъ къ рельсу фасоннымъ уголкамъ. Стыки рельсовъ перекрываются обыкновенными накладками (отрѣзавъ предварительно концы рельса съ овальными отверстіями) съ помѣщеніемъ прокладокъ. Стыки пять перекрываются отдѣльными накладками, помѣщенными въ промежуткѣ между рельсами. На рис. 131—132 показанъ другой типъ стоекъ изъ рельсовъ съ взаимно обращенными головками; перекрытіе стыковъ одной общей широкой накладкой, плоской съ прокладками или изогнутой, прикрѣпленіе прогона къ стойкѣ и прикрѣпленіе поперечинъ къ прогону—менѣе сложно, чѣмъ въ предыдущемъ типѣ.

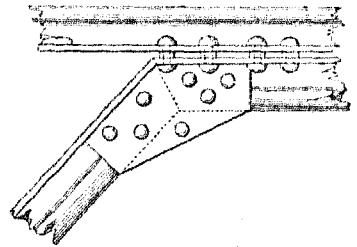


Рис. 130.

*Американскіе типы металлическихъ опоръ мостовъ на городскихъ высококаго уровня (возвышенныхъ) дорогахъ (Elevated viaducts).* Для сбереженія мѣста нерѣдко устанавливаютьъ подъ путь одну только опору или двѣ опоры подъ два пути (рис. 133) съ безусловно солиднымъ закрѣпленіемъ въ основа-

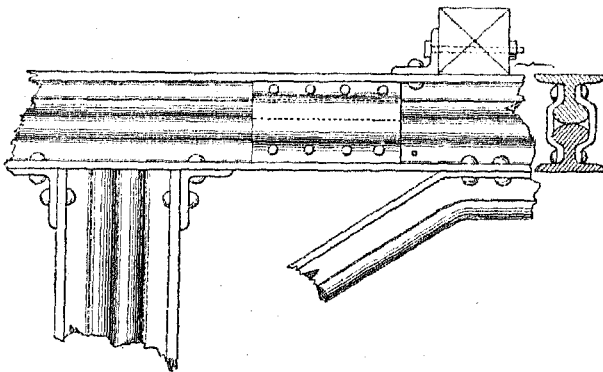


Рис 131.

реженія мѣста нерѣдко устанавливаютьъ подъ путь одну только опору или двѣ опоры подъ два пути (рис. 133) съ безусловно солиднымъ закрѣпленіемъ въ основа-

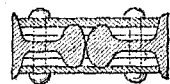


Рис. 132.

ніи. Въ указанномъ примѣрѣ віадукъ въ Чикаго, съ пролетами отъ 35 фут. до 50 фут. опора трубчатого сѣченія, настолько расширяющаяся кверху, что на ней можно помѣстить двѣ фермы. По направленію параллельному къ продольной оси моста опора — однообразной ширины, отвѣчающей возможности номѣстить по подвижной и неподвижной опорной подушкѣ. Нижняя площадь каменнаго основанія, заложенаго на глубину 10 ф., имѣетъ 7 фут. въ сторонѣ; верхняя часть каменнаго основанія заканчивается чугуннымъ башмакомъ высотой 2 ф.,

въ который вставленъ низъ стойки, прикрѣпленный болтами къ стѣнкамъ башмака. Для того, чтобы листы граней стойки опирались, кромѣ того, непосредственно на днище башмака и чтобы не оставалось зазора, — втрамбованъ во внутренность башмака особаго рода растворъ изъ металлическихъ опилокъ и напатыря. Башмакъ прикрѣпленъ къ кладкѣ четырьмя болтами диаметромъ  $1\frac{1}{4}$  д.

*Качающіяся опоры.* Если плоскія (изъ одного поперечнаго ряда стоекъ) опоры достаточно высоки (болѣе 5 метр.), то стойки съ закрѣпленнымъ

основаніемъ оказываются уже не вполне умѣстными, въ виду появленія значительнаго напряженія при изгибѣ стоекъ отъ удлиненія фермъ при измѣненіи температуры, отъ тормаженія поѣзда и проч. Переходъ къ качающимся стойкамъ является поэтому вполне естественнымъ, если не желаютъ почему либо примѣнять типъ болѣе дорогихъ раскосныхъ, пирамидальныхъ опоръ. Но, съ другой стороны, качающіяся плоскія стойки обладаютъ нѣсколькими недостатками: а) онѣ требуютъ, чтобы конецъ фермы на одномъ изъ устоевъ былъ настолько прочно скрѣпленъ съ устоемъ или съ другимъ какимъ либо массивомъ, чтобы горизонтальная сила, развивающаяся при тормаженіи и проч., могла быть безопасно передана на этотъ массивъ; б) фермы смежныхъ пролетовъ должны имѣть

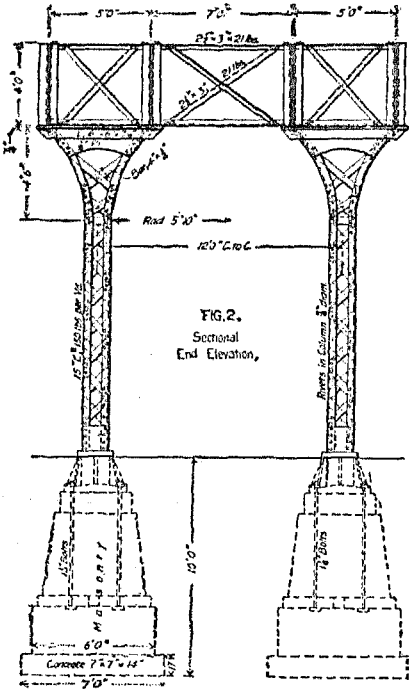


Рис. 133.

общую опорную подушку (разрѣзныя или неразрѣзныя фермы) или двѣ сближенныя подушки со взаимнымъ соединеніемъ фермъ; в) между опорами должны существовать солидныя поперечныя связи, препятствующія изгибу стоекъ въ поперечномъ направленіи; изгибъ можетъ вызвать значительныя напряженія въ фермахъ моста, при изгибѣ ихъ въ горизонтальной плоскости. Первое изъ указанныхъ обстоятельствъ настолько существенно, что во избѣжаніе излишняго обремененія устоя въ смыслѣ увеличенія опрокидывающаго момента, тяга, идущая отъ конца фермы, закрѣпляется въ особомъ скрытомъ въ насыпи массивѣ, какъ это напр. сдѣлано въ мостѣ черезъ р. Sarthe во Франціи.

На рис. 134а, 134б, 134в показаны качающіяся опоры металличе-

скаго путепровода поверхъ полотна Харьково-Балашовской жел. дор. Величина каждаго изъ крайнихъ пролетовъ — 4,714 с.; средний пролетъ 3 с., перекрытъ двумя свѣшивающимися консолями. Качающіяся опоры высотой 2,3 с. имѣютъ форму бруса равнаго сопротивленія и состоятъ изъ четырехъ уголковъ  $2\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{5}{16}$  д., попарно связанныхъ рѣшеткой. По ширинѣ путепровода имѣются три стойки на взаимномъ разстояніи 1 с. Для лучшаго сопротивленія опрокидыванію обѣ части балансировъ (верхняго и нижняго) отлиты такъ, что шарпирь вращенія служитъ

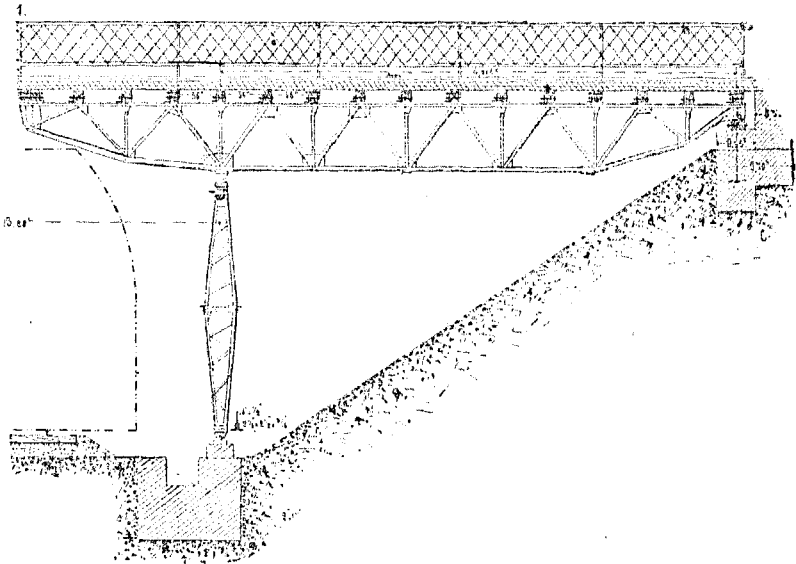


Рис. 134 а.

вмѣстѣ съ тѣмъ и связью между обоими балансирями. На рис. 134 в показана деталь шарнира, причемъ лѣвая половина рисунка относится къ опорной подушкѣ въ основаніи, а правая половина—къ опорной подушкѣ въ вершинѣ стойки. Общій вѣсъ металла въ опорахъ 777 пуд.; объемъ кладки измѣнялся въ различныхъ путепроводахъ отъ 6,5 до 20 куб. саж.

#### Металлическія сваи.

Въ мягкіе грунты металлическія сваи завинчиваются, въ крѣпкіе же—забиваются; въ первомъ случаѣ употребляются чугунныя или же желѣзныя сваи, во второмъ случаѣ—почти исключительно желѣзныя.

Впрочемъ, недавно предложено въ Англіи приспособленіе для забивки чугунныхъ свай, состоящее въ томъ, что трубчатая свая въ нижнемъ концѣ дѣлается сплошною, и баба опускается внутри сваи, такъ что она ударяется обѣ нижнюю сплошную часть, которая безопасно выдерживаетъ удары.

Наименьшій діаметръ чугуныхъ свай 10" — 12". Толщина стѣпки около  $\frac{3}{8}$ " —  $1\frac{1}{4}$ ".

На чертѣжѣ 78 показаны чугуныя сваи, употребленныя на Кіево-Брестской и Моршанско-Сызранской желѣзныхъ дорогахъ для опоръ

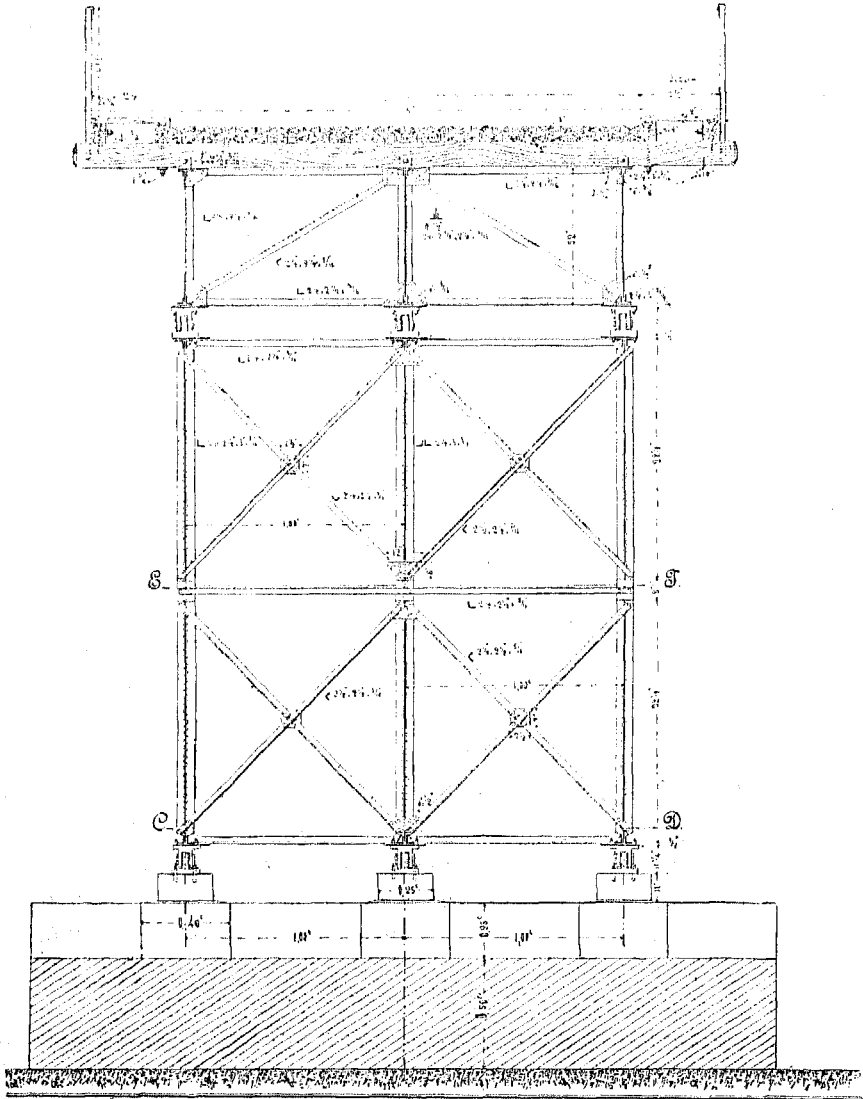


Рис. 134 б.

мостовъ съ пролетомъ въ 0,75 сажени при высотѣ насыпи не болѣе 1,5 сажени. Длина звена около 0,80 сажени. По всей высотѣ звена имѣются два вертикальныхъ прилива для того, чтобы при завинчиваніи муфта не могла вращаться. Каждое звено имѣетъ на одномъ концѣ съ-



ченіе вида *cd*, а на другомъ—съ выступами. Сдѣланные выступы съ соответственными впадинами препятствуютъ вращенію звена. Для завинчиванія свай употребляется особая муфта *k* (черт. 78) съ нѣсколькими отдѣленіями для помѣщенія концовъ аншуговъ. Надѣвъ муфту на сваю и заклинивъ ее деревянными клиньями, вставляютъ деревянные аншуги, помощью которыхъ и производится завинчиваніе. По мѣрѣ завинчиванія свай, муфту передвигаютъ вверхъ. Съ первымъ звеномъ соединяютъ короткую цилиндрическую часть, заканчивающуюся конусомъ, на поверхности котораго отлиты винтовые лопасти *m* (черт. 78). После того, какъ первое звено ввинчено въ грунтъ, наставляютъ на него второе и продолжаютъ дальнѣйшее завинчиваніе, или если свая завинчена на достаточную глубину, просто наставляютъ слѣдующее колѣно. Звенья соединяются въ стыкахъ болтами. На верхнюю часть послѣдняго звена надѣвается особая подушка *l*, показанная на черт. 78, въ которую вставляется прогонъ мостового полотна.

Въ виду того, что сваи заканчиваются конусомъ, завинчиваніе производится успѣшно только въ слабыхъ грунтахъ; въ песчаныхъ грунтахъ при значительномъ треніи свая не можетъ быть завинчена на достаточную глубину.

Если сваи высоки, или мостъ устроенъ на кривой, необходимо помѣстить діагональныя связи, для прикрѣпленія которыхъ дѣлаютъ вырубку въ опредѣленныхъ мѣстахъ вертикальнаго прилива и внутри вырубку помѣщаютъ хомутъ изъ полосоваго желѣза, съ которымъ уже соединены діагональныя связи.

Для уменьшенія сопротивленія при завинчиваніи нижнее звено заканчивается часто не конусомъ, а представляетъ собою открытый цилиндръ съ винтовой лопастью по окружности. При завинчиваніи жидкій грунтъ входитъ во внутрь свай.

На черт. 79 показанъ типъ опоры изъ чугунныхъ ввинченныхъ въ грунтъ колоннъ, примѣненный на индійскихъ желѣзныхъ дорогахъ.

Крайнія колонны, для приданія опорѣ большей устойчивости, имѣютъ откосныя сваи. При высотѣ не болѣе 9 сажень употребляется одинъ поперечный рядъ свай; при большихъ высотахъ два и три ряда. Горизонтальныя связи состоятъ изъ тавроваго желѣза, а діагональныя — изъ углового; горизонтальныя связи прикрѣпляются къ колоннѣ болтами, продѣтыми въ проушины приливовъ, а діагональныя — въ одномъ концѣ

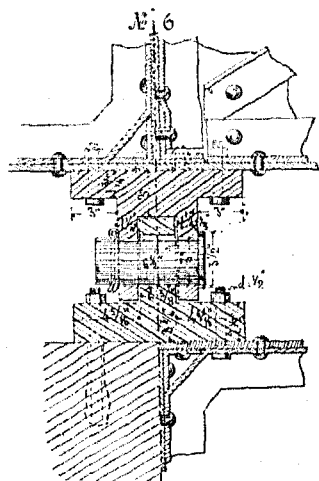


Рис. 131 в.

соединены съ проушинами болтомъ, въ другомъ — клиньями, что позволяет достигнуть должной натянутости. Завинчиваніе свай достигаетъ глубины 20'. Толщина стѣнокъ 1 дюймъ; внутренній діаметръ 2 фута 4 дюйма. Высота звеньевъ 9 футовъ; они соединяются болтами въ горизонтальныхъ фланцахъ. Въ тѣхъ звеньяхъ, которыя должны быть въ землѣ, флянцы сдѣланы внутри сваи (черт. 79, деталь *a*), а въ звеньяхъ выше поверхности земли флянцы отлиты съ внѣшней стороны. Поверхность взаимнаго соприкасанія фляпцовъ гладко остругана. Распорки и діагональныя связи соединяются съ особыми парными приливами около стыковъ свай; откосная свая соединяется съ вертикальными помощью особой короткой трубы, обжимающей вертикальную сваю съ одной стороны; въ вертикальныхъ стѣнкахъ трубы и сваи сдѣланы въ нѣкоторыхъ мѣстахъ четырехъ-дюймовые прорѣзы, сквозь которые пропущены клинья, препятствующіе опусканію наклонной трубы. Такъ какъ поверхность соприкасанія наклонной трубы и вертикальной сваи довольно значительна, то, во избѣжаніе расходовъ на остругиваніе всей этой поверхности, по верхнему и нижнему ребру сдѣланы небольшія утолщенія, которыя только и подвергаются остругиванію въ видахъ достиженія плотнаго соприкасанія, а въ остальной части остается небольшой промежутокъ. Края наклонной сваи упираются въ особые приливы, сдѣланные на внутренней поверхности короткой трубы. Во избѣжаніе необходимости остругиванія значительной поверхности, и здѣсь въ мѣстахъ соприкасанія вездѣ сдѣланы иебольшіе приливы; короткая труба имѣетъ въ концѣ флянцъ, соответствующій уголку, привыченному къ наклонной сваѣ; сквозь флянцъ и одну полку уголка пропущены короткіе болты.

Въ песчаныхъ грунтахъ находятъ удобнѣе опускать цилиндры нагнетаніемъ струи воды во внутрь цилиндра; нижнее звено заканчивается плоскимъ днищемъ съ небольшимъ отверстіемъ дюйма въ 2 — 3. Въ это отверстіе вставляется желѣзная трубка, соединенная съ нагнетательнымъ насосомъ. Впущенная подъ значительнымъ давленіемъ струя воды, выходя наружу изъ-подъ нижнихъ краевъ цилиндра, разрыхляетъ и выноситъ грунтъ, и свая опускается подъ вліяніемъ собственнаго вѣса.

Какъ уже сказано выше, забиваемыя металлическія сваи бываютъ почти исключительно желѣзныя. Такія сваи преимущественно употребляются при крѣпкихъ грунтахъ. Онѣ состоятъ обыкновенно изъ четырехъ склепаннхъ квадрантовъ. На черт. 80 показанъ типъ подобнаго быка, примѣненный на Ростово-Владикавказской желѣзной дорогѣ. Подъ каждый быкъ забиты наклонно по 3-ми сваи, по 4 подъ каждую ферму (рис. 135 *a*); въ планѣ четыре сваи размѣщены по вершинамъ двухъ квадратовъ, такимъ образомъ расположенныхъ, что одна изъ діагоналей параллельна оси моста, а другая — перпендикулярна къ ней; фермы моста

не опираются непосредственно на сваи, но каждая поддерживается стойкой трубчатого сечения из котельного железа. Передача давления от этих трубчатых стоек сваям совершается помощью ног, составляющих продолжение уголков, которые соединяют в углах вертикальные листы трубчатой стойки. Ноги, имбюция на концы чугунную подушку со сферической нижней поверхностью, входят внутрь свай на глубину 5' и опираются на чугунный диск, лежащий на приклепанном к свае кольце из котельного железа. Диск подпирается сверху того бетонным заполнением. Для получения полного соприкосновения заполнения с диском, в последнем имется отверстие, в которое вливается жидкий цемент.

Детали быка показаны на черт. 80. Къ нижнему звену приклепанъ потайными заклепками чугунный коническій башмакъ для удобства за-

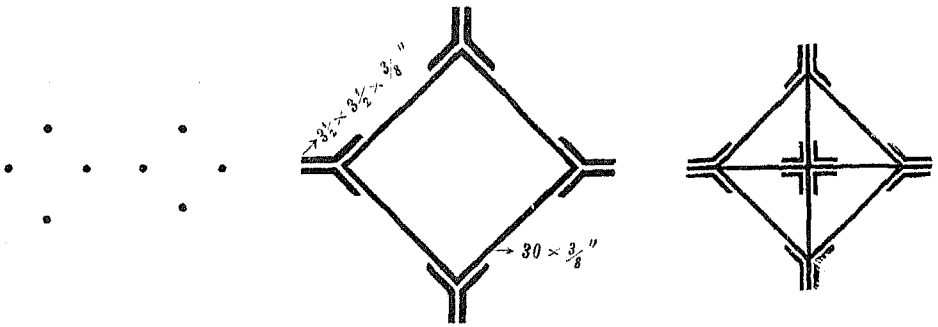


Рис. 135 а.

Рис. 135 б.

Рис. 135 в.

бивки. Внешний диаметр свай 12"; внутренний—11"; трубчатая стойка (рис. 135 б) состоит из четырех вертикальных листов  $30 \times \frac{3}{8}$ "; в средней ее части соединение листов сдѣлано помощью двух тупоугольных уголков  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ ". На некоторомъ разстояніи отъ низа приклепанъ сверху того къ каждому углу съ внутренней стороны уголок  $3 \times 3\frac{3}{8}$ ". Всѣ эти три уголка продолжаютъ внутрь свай: взаимъ прерваннаго листа  $30 \times \frac{3}{8}$ " заполнение между уголками сдѣлано изъ прямоугольнаго уголка  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ " такъ, что каждая нога состоитъ изъ двухъ тупоугольных уголков  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ " и двухъ прямоугольных  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ " и  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$ ". Чугунный башмакъ съ нижней сферической поверхностью соединенъ съ уголками ноги помощью болта. Въ верхней части трубчатая стойка имѣетъ сверху того вертикальные листы, расположенные по діагонали въ видѣ діафрагмъ. Назначение этихъ листовъ—принять давленіе отъ чугунной опоры. Діафрагмы снабжены уголками вверху и внизу.

Вертикальные листы трубчатой стойки не доходятъ до самаго верха, но оканчиваются примѣрно на половинѣ высоты діагональныхъ балочекъ.

Тупоугольные уголки доходятъ до верха и къ нимъ приклепанъ горизонтальный уголокъ (всего на четырехъ заклепкахъ). Къ горизонтальной полкѣ этого послѣдняго уголка прикрѣпленъ болтами желѣзный листъ, имѣющій назначеніемъ лишь перекрытіе стойки. Для принятія же давления отъ чугунныхъ опорныхъ подушекъ приклепана къ уголкамъ одной изъ діафрагмъ (параллельной оси моста) полудюймовая доска, съ которой скрѣплены болтами чугунныя подушки. На половинѣ высоты каждой трубчатой стойки помѣщена крестообразная связь для уменьшенія бокового выгиба. Обѣ трубы соединены между собою діагональными связями изъ углового желѣза.

Въ послѣднее время съ успѣхомъ примѣняются и желѣзобетонныя сваи, забиваемыя помощью бабы и копра. Опѣ большею частью системы Непебѣіке т. е. состоятъ изъ ряда вертикальныхъ проволокъ (около 15 mm.), расположенныхъ вблизи периметра свай, связанныхъ по высотѣ хомутами и вдѣланныхъ въ бетонный массивъ.

Вѣсъ свай длиною 3 саж. составляетъ 82 пуда. Для забивки ея въ хрящеватый грунтъ и въ плотныя глинистыя сланцы была употреблена баба вѣсомъ 180 пуд., составленная по высотѣ изъ двухъ частей. При плотныхъ грунтахъ подъемъ бабы, во избѣжаніе поломки свай, измѣнялся въ предѣлахъ отъ 1,5 ф. до 2,5 ф.; при менѣе плотныхъ грунтахъ подъемъ увеличивался до 4 ф., не переходя предѣла—5 ф. Вытаскиваніе неправильно забитой сваи оказывалось возможнымъ, если свая забита на глубину не болѣе 1 саж. Предѣльная осадка свай при послѣднемъ ударѣ была не болѣе 0,002 саж. Забивка свай на глубину 3 саж. требовала отъ 4 до 7 сутокъ при работѣ днемъ и ночью. На каждомъ копрѣ работало 12 человекъ, что при цѣнѣ 75 к. на человека составляло 90 р. на сваю. Высота копра—5,5 саж.; вѣсъ его съ бабой—600 пуд. Накладные расходы стоили столько же, какъ и забивка. А именно, на забивку на 4-хъ мостахъ 104 свай накладные расходы составляли:

Изготовленіе 3-хъ копровъ съ полнымъ комплектомъ принадлежностей . . . . .	3000 руб.
Устройство подмостей, съ перевозкой, разборкой и пр. . . . .	3000 »
Перевозка копровъ съ принадлежностями—всего 2000 пуд. . . . .	800 »
Прогоулы рабочихъ . . . . .	500 »
Администрація и непредвидѣнные расходы . . . . .	1680 »

8980 руб.

или 86 руб. на сваю.

Описанный типъ опоръ нельзя считать удачнымъ, такъ какъ давленіе отъ фермъ не передается непосредственно на сваи, и непрерывность свайныхъ опоръ прервана вставкой въ нихъ погъ верхней трубчатой опоры. Предпочтительнѣе типъ свайныхъ опоръ, изображенный на черт. 80' и

примѣненный на Уссурійской и на Самаркандь-Андижанской жел. дорогахъ, наипомнающій по идеѣ конструкцію обыкновенныхъ деревянныхъ свайныхъ опоръ. Опоры, поддерживающія фермы пролетомъ 10 саж., состоятъ изъ восьми коренныхъ свай, по четыре сваи подъ опору и изъ двухъ откосныхъ свай съ укосинами. Внутренній діаметръ свай 10 дюйм., толщина стѣнки  $\frac{7}{16}$  д. Смежные квадранты склепаны не вплотную, а съ просвѣтомъ въ  $\frac{3}{8}$  д., для помѣщенія планокъ связей и діафрагмъ. Въ виду необходимости образовать широкую площадку для помѣщенія опорной подушки, четыре сваи раздвинуты на взаимное разстояніе въ 24 д. и связаны плоской рѣшеткой. Въ вершинѣ свай, въ направленіи нормальномъ къ оси пути, зажаты между двумя парными сваями фасонные листы для прикрѣпленія поперечныхъ связей; къ этимъ листамъ приклепаны три продольныхъ діафрагмы, двѣ внутри свай и одна въ промежуткѣ между ними, соединенная еще поперечной діафрагмой; каждое соединеніе сдѣлано помощью четырехъ короткихъ вертикальныхъ уголковъ. Всѣ діафрагмы окаймлены вверху уголками, къ которымъ приклепанъ потайными заклепками двойной горизонтальный листъ; къ этому послѣднему приболчена чугунная опорная подушка.

Соединеніе укосины съ коренной свай достигнуто тѣмъ, что квадранты укосины приклепаны къ фасонному листу, зажатому между квадрантами коренной сваи; для усиленія соединенія на стыкъ наклепаны четыре узкихъ изогнутыхъ уголка, приклепанные къ полкамъ квадрантовъ. Соединеніе укосины съ откосной свай сдѣлано также помощью фасонной прокладки и узкихъ изогнутыхъ угловыхъ накладокъ, причѣмъ свая и укосина сръзаны по равнодѣляющей угла. Поперечныя связи состоятъ изъ парныхъ уголковъ  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$ ", приклепанныхъ къ фасоннымъ прокладкамъ.

Прикрѣпленіе чугуннаго накопечника показано на черт. 80'D. Для увеличенія толщины стѣнокъ сваи внизу, въ мѣстѣ упора на башмакъ, прикрѣпленъ съ внутренней стороны полудюймовый кольцевой цилиндръ, помощью длинныхъ заклепокъ. а затѣмъ на четырехъ болтахъ прикрѣпленъ наконечникъ.

Перекрытіе стыковъ дѣлалось различными способами. Одинъ изъ способовъ состоялъ въ томъ (черт. 80'C), что наращивали сразу три квадранта, перекрывали ихъ фасонными накладками и помѣщали заклепки, какъ въ полкахъ, такъ и въ кривой части квадранта. По окончаніи склепки ставился четвертый квадрантъ и перекрывался стыковой фасонной накладкой, но заклепки помѣщались лишь въ полкахъ; въ слѣдующемъ стыкѣ оставался безъ средняго ряда заклепокъ смежный квадрантъ и т. д., постепенно чередуясь. Другіе способы перекрытія стыковъ показаны на черт. 80'G и 80'H. Первый изъ нихъ примѣнялся для стыка, который при забивкѣ приходился ниже поверхности грунта, а второй—для стыка надъ

уровнемъ земли; этотъ послѣдній отличался только тѣмъ, что стыки полокъ перекрывались не плоскими наружными накладками, а уголками. Для перекрытія стыка кривой части квадрапта ставили цилиндрическую накладку толщиною  $\frac{3}{4}$  д. и длиною 20 дюйм.; накладка предварительно приклепывалась короткими заклепками къ четыремъ квадрантамъ верхней части, служившей для наращиванія; затѣмъ верхняя часть вставлялась вмѣстѣ съ приклепанной къ ней цилиндрической накладкой на наращиваемую сваю, причѣмъ скрѣпленіемъ служили уже длинныя заклепки діаметромъ  $1\frac{1}{4}$  д. Въ данномъ типѣ перекрытія стыка цилиндрической накладкой можно также примѣнить пріемъ, указанный на черт. 80'с, помѣстивъ короткія заклепки во всѣхъ квадрантахъ нижней части и въ трехъ квадрантахъ верхней части, съ сохраненіемъ длинныхъ заклепокъ лишь для четвертаго квадрапта верхней части.

Какъ на интересную деталь, слѣдуетъ указать на способъ расположенія двухъ опорныхъ подушекъ одна надъ другой. Фермы неразрѣзныя, и поэтому слѣдовало устроить двѣ независимыя опорныя подушки; въ случаѣ помѣщенія ихъ рядомъ пришлось бы еще болѣе раздвинуть сваи или добавить число свай. Въ виду сего примѣненъ былъ употребленный впервые на Саксонскихъ дорогахъ пріемъ расположенія второй подушки одной изъ фермъ (черт. 80'F) по срединѣ высоты опорной стойки другой фермы, при соответственномъ измѣненіи очертанія концевыхъ частей обѣихъ фермъ. Для увеличенія сопротивленія опрокидыванію—нижній и верхній балласты неподвижной опоры обхватываютъ шарниръ петлею.

#### Трубчатая опора.

Трубчатая опора состоитъ изъ чугунной или желѣзной оболочки съ внутреннимъ заполненіемъ изъ правильной каменной кладки или бетона. Число опоръ при двухъ фермахъ не болѣе двухъ—по одной на ферму, при трехъ фермахъ—три опоры.

Присутствіе металлической оболочки имѣетъ значеніе только во время самаго сооруженія опоры. Давленіе отъ фермъ передается въ большинствѣ случаевъ на внутреннее заполненіе.

Въ *чугунныхъ* трубчатыхъ опорахъ діаметръ нижней колонны (въ грунтѣ) бываетъ одинаковъ съ діаметромъ верхней колонны или въ  $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  раза болѣе. Толщина стѣнокъ оболочки измѣняется отъ 25 до 60 миллиметровъ. Иногда толщина колонны противъ теченія болѣе, чѣмъ по теченію.

Діаметръ нижней колонны измѣняется въ существующихъ мостахъ отъ 0,90 до 2,00 саж.; наиболѣе употребительный: 1,25—1,5 саж. Діаметръ верхней колонны измѣняется отъ 0,90—1,50 саж. Высота звеньевъ измѣняется отъ 0,50 до 1,30 саж.; звенья снабжены внутренними фляпцами и ребордами. Иногда верхнюю часть, подвергающуюся удару льда и

плавающихъ тѣлъ, дѣлають желѣзною, какъ на примѣръ въ Ковенскомъ мосту. Оба цилиндра связываются между собою рѣшеткой (черт. 81). Въ Ковенскомъ мосту высота чугунныхъ звеньевъ 1,52 метра, по 4 звена на окружность съ горизонтальными и вертикальными ребордами и стыками въ перевязку; высота желѣзныхъ звеньевъ 0,9 метра; вертикальные стыки ихъ перекрыты плоскимъ желѣзомъ, а горизонтальные черезъ одинъ стыкъ попеременно—плоскимъ и тавровымъ желѣзомъ. Связь между колоннами сдѣлана въ формѣ крестовъ, составленныхъ изъ листовъ котельнаго желѣза съ уголками по краямъ. Кресты соединены съ колоннами посредствомъ уголковъ. Желѣзная оболочка соединяется съ чугунной помощью внутренняго уголка (черт. 81).

Желѣзныя трубчатые опоры, смотря по величинѣ пролета и по высотѣ опоры, измѣняются въ діаметрѣ отъ 3 ф. до 8 ф.

На черт. 81а показаны винтовые желѣзныя колонны, примененныя при устройствѣ опоръ нѣкоторыхъ мостовъ Ростово-Владикавказской желѣзной дороги. Діаметръ колоннъ 3 фута; толщина оболочки  $\frac{1}{4}$  дюйма. Къ нижнему звену приклепана чугунная винтовая лопасть. Высота звена 6 ф. Горизонтальные стыки перекрываются вѣшними накладками, а вертикальные — внутренними. Связь между колоннами составлена слѣдующимъ образомъ: въ плоскости горизонтальныхъ стыковъ колонны опоясаны уголкомъ; въ прямыхъ частяхъ поясъ состоитъ изъ двухъ уголковъ съ промежуткомъ для помѣщенія прокладки, къ которой приклепаны діагональныя горизонтальныя связи; къ тѣмъ же уголкамъ пояса приклепана и вертикальная накладка для прикрѣпленія къ ней вертикальныхъ діагональныхъ связей въ плоскости касательной къ колоннамъ.

На черт. 82 показана опора моста черезъ р. Аа на Риго-Тукумской желѣзной дорогѣ, опущенная въ грунтъ помощью песчанаго эжектора.

На черт. 83 показанъ общій типъ песчаныхъ эжекторовъ. Струя воды, выпускаемая въ аппаратъ подъ большимъ напоромъ, поднимаясь вверхъ сквозь узкое коническое отверстіе, всасываетъ за собою изъ нижней трубы воду вмѣстѣ съ песчанымъ грунтомъ. Толщина оболочки опоръ этого моста  $\frac{7}{16}$  дюйма, высота звена 1,10 сажени. Вертикальные швы склепаны въ нахлестку. Къ горизонтальнымъ кромкамъ листовъ приклепаны съ внутренней стороны уголки, стянутые болтами. Такъ какъ трубы, ведущія воду въ эжекторъ, были помѣщены внутри опоры, то заполненіе пришлось вести правильной кольцеобразной кладкой изъ лекальнаго кирпича. Пустота по оси колонны была впоследствии заполнена бетономъ. Вверху заполненія вѣланъ гранитный подферменный камень. Обѣ трубы соединены горизонтальной цилиндрической трубой, что сдѣлано въ видахъ большаго сопротивленія скручивающимъ усиліямъ. Ледорѣзъ приклепанъ къ колоннѣ и представляетъ въ сѣченіи четырехугольникъ съ двумя

тупыми и острыми углами; соединеніе листовъ въ тупыхъ углахъ сдѣлано помощью внутреннихъ уголковъ, а въ острыхъ углахъ, соответствующихъ верхнему и нижнему ребрамъ, листы загнуты и склепаны съ добавочной прокладкой.

Внутри ледорѣза къ гралямъ приклепаны для жесткости уголки, между которыми помѣщена крестообразная связь, а въ одномъ мѣстѣ сплошной листъ съ круглымъ отверстіемъ.

Къ этой же группѣ опоръ относятся *опоры, выведенныя при помощи кессоновъ*. Самый кессонъ, какъ извѣстно, состоитъ изъ нижней рабочей камеры (обыкновенно изъ желѣза или изъ дерева), соединенной помощью вертикальныхъ трубъ (шахтъ желѣзныхъ или чугунныхъ) со шлюзными камерами. Шахты служатъ какъ для спуска рабочихъ въ камеру, такъ и для подъема грунта. Въ стѣнки шлюза вѣданы краны, на которые съ наружной стороны шлюза надѣвается гуттаперчевая кишка отъ воздуходувной машины, помощью которой пагнетается сжатый воздухъ въ рабочую камеру. Наружное очертаніе рабочей камеры соответствуетъ предполагаемому очертанію опоры. Она бываетъ овальная, прямоугольная или многоугольная. Выше потолка камеры желѣзная обшивка толщиной  $\frac{1}{4}$  дюйма или  $\frac{1}{8}$  дюйма продолжается или до высоты, равной предполагаемой глубинѣ заложенія, или же этой обшивки совсѣмъ не дѣлаютъ. Это, впрочемъ, можетъ быть допущено въ грунтахъ, не представляющихъ значительнаго тренія, такъ какъ бывали случаи, что неокрѣпнувшая кладка, вслѣдствіе значительнаго бокового тренія, разрывалась и давала поперечную трещину. Есть примѣры, въ числѣ которыхъ можно упомянуть опоры моста черезъ рѣки Парницъ и Одеръ и опоры путепровода на Бессарабской вѣтви, гдѣ даже и рабочая камера была устроена изъ одной сводчатой кладки.

Опишемъ въ короткихъ словахъ устройство камеры, шлюзовъ, различные способы, употребляемые для извлеченія грунта, и нѣкоторыя мѣры, примѣняемыя при погруженіи кессоновъ.

Высота камеры бываетъ обыкновенно отъ 7-ми до 10-ти футъ. Потолокъ ея долженъ быть устроенъ крайне прочно, такъ какъ во время погруженія кессона онъ поддерживаетъ весь массивъ каменной надстройки. Съ этою цѣлью на высотѣ предполагаемаго потолка, между двумя противоположными стѣнками кессона, наиболѣе сближенными, помѣщается рядъ поперечныхъ балокъ двутавроваго сѣченія на разстояніи 3 ф.—4 ф., между которыми зажаты болѣе низкія продольныя балочки, но такъ, что нижнія грани обоихъ рядовъ балочекъ находятся въ одной плоскости; къ этимъ балкамъ снизу приклепывается потолокъ изъ котельнаго желѣза  $\frac{3}{8}$ " или  $\frac{1}{2}$ ", въ которомъ оставляютъ отверстія для шахтныхъ трубъ круглаго или эллиптическаго сѣченія съ діаметромъ отъ 3' до 5'. Для



того, чтобы грузъ кладки передавался непосредственно поперечнымъ балкамъ, между ними складываются сводики изъ кирпича. Продольныя же балочки между поперечными служатъ для увеличенія жесткости потолка, подраздѣляя на меньшіе участки площадь листовъ потолка, подвергающихся изгибу отъ давленія извнутри. Во избѣжаніе выпучиванія боковыхъ стѣпокъ рабочей камеры вслѣдствіе припимаемаго ими давленія отъ поперечныхъ балокъ помѣщаются подъ каждой поперечиной, а въ закругленныхъ частяхъ на взаимномъ разстояніи около 3—4 футъ рядъ консолей или кронштейновъ изъ листовъ котельнаго желѣза, причемъ кронштейны соединены уголками какъ съ потолкомъ, такъ и со стѣнкой камеры; консоли служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ ребрами, къ которымъ прикрѣпляются снаружки листы, составляющіе стѣнки камеры; консоли связаны между собою въ двухъ или трехъ мѣстахъ по высотѣ легкими балочками, поставленными плашмя. Ножь камеры, т. е. нижняя часть кессона, устраивается настолько прочно, чтобы онъ не могъ повреждаться, если во время работъ попадетъ камень и проч.; ножь усиливается обыкновенно приклепываемъ уголка и двухъ или болѣе узкихъ полосъ котельнаго желѣза. При длинныхъ кессонахъ, во избѣжаніе выпучиванія, помѣщаютъ сверхъ того одну или болѣе поперечныя балки, распорки, связывающія двѣ противоположныя консоли.

На черт. 84 показанъ планъ и разрѣзы камеры и металлической обшивки кессона быка моста черезъ рѣку Вислу въ Варшавѣ на соединительной желѣзнодорожной вѣтви. Высота поперечныхъ балокъ потолка 2'6"; высота продольныхъ — 1'6"; длина поперечныхъ — 15'; длина продольныхъ около 3'; наибольшее разстояніе между продольными балками 6 футъ; толщина листа потолка  $\frac{3}{8}$ " ; толщина листа въ консольяхъ —  $\frac{5}{8}$ " ; толщина листовъ камеры —  $\frac{3}{8}$ " ; высота камеры — 10'; по серединѣ камеры двѣ противоположныя консоли, связанные въ нижнихъ частяхъ сплошной поперечиной высотой 2'10"; консоли связаны тройнымъ рядомъ продольныхъ балочекъ, расположенныхъ плашмя.

На черт. 85 показанъ кессонъ опоры поворотной части моста чрезъ рѣку Одеръ въ Штеттинѣ; рабочая камера образована конической кладкой напусками; только ножь кессона металлическій, усиленный небольшими консолями, поверхъ которыхъ расположено металлическое плоское кольцо, служащее основаніемъ кладки; въ вершинѣ усѣченного конуса вѣдланъ металлическій потолокъ, усиленный балками и отъ котораго идутъ вверхъ двѣ шахтныя трубы.

*Шахтныя* трубы дѣлаются круглаго или овальнаго сѣченія, по двѣ трубы малаго діаметра подъ одинъ шлюзъ или по одной трубѣ подъ одинъ шлюзъ. Обыкновенныя размѣры овальной трубы 5' и 2,5' (черт. 86). Болты *a* изъ круглаго желѣза  $\frac{7}{8}$  дюйма, стягивающіе прямыя стѣнки

трубы, служат и лестницами для сообщенія; средняя часть трубы свободна для сообщенія, а боковыя части служат для извлеченія матеріала. Иногда, впрочемъ, для спуска рабочихъ дѣлають особую шахтную трубу большихъ размѣровъ, чтобы въ случаѣ несчастія всѣ рабочіе имѣли бы возможность подняться вверхъ. Если грунтъ добывается поріями, то размѣры шахтныхъ трубъ дѣлаются также довольно значительные въ зависимости отъ діаметра шкивовъ и размѣра черпаковъ. Шахтныя трубы состояются изъ звеньевъ въ 1 сажень длины изъ листовъ  $\frac{3}{8}$ " : по обоимъ концамъ звена приклепаны съ внутренней стороны уголки, между горизонтальными полками которыхъ прокладывается гуттаперчевая прокладка въ  $\frac{5}{8}$  дюйма толщины и затѣмъ полки уголковъ плотно свинчиваются болтами.

*Шлюзы* бываютъ однокамерные, двухъ- и трехъ-камерные. Первые употребляются лишь тогда, когда они служатъ для сообщенія, причемъ выниманіе грунта производится чрезъ другія особо назначенныя трубы (черт. 87). Если производить выноску грунта чрезъ ту же трубу, то для непрерывнаго по возможности извлеченія грунта необходимо дать такіе размѣры шлюзу, чтобы можно было въ немъ помѣстить известное количество грунта, который временами выбрасывать наружу, закрывъ на это время сообщеніе шлюза съ шахтной трубой, причемъ, слѣдовательно, выниманіе грунта уже прекращается. Такимъ образомъ, послѣ каждаго выбрасыванія грунта, въ шлюзъ снова нагнетается сжатый воздухъ. Такое приспособленіе было сдѣлано въ шлюзахъ кессоновъ Окскаго моста на Рязско-Вяземской желѣзной дорогѣ (черт. 88).

Въ двухкамерныхъ шлюзахъ грунтъ складывается въ особую камеру, которая можетъ быть временно разобщена отъ камеры, соединенной съ шахтной трубой. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ, при выбрасываніи грунта изъ второй камеры, нѣтъ надобности прекращать подъемъ грунта изъ рабочей камеры, хотя складываніе его во вторую камеру на это время и невозможно. Такое приспособленіе было сдѣлано при постройкѣ Ковровскаго моста чрезъ р. Клязьму на Нижегородской желѣзной дорогѣ (черт. 89), причемъ вторая камера помѣщена надъ первой.

Трехкамерный шлюзъ имѣетъ то преимущество, что выниманіе грунта производится непрерывно; пока опоражнивается одна боковая камера, вынимаемый грунтъ складывается во вторую боковую камеру. На черт. 90 показанъ такой шлюзъ, примѣненный при сооруженіи Кременчугскаго и Литейнаго мостовъ.

На устройство потолка шлюзной камеры слѣдуетъ обратить особенное вниманіе. Если внутри шлюза помѣщается шкивъ, то во избѣжаніе тѣсноты, надъ потолкомъ помѣщается иногда особый колнакъ (черт. 90), который долженъ быть прочно скрѣпленъ съ боковой стѣнкой шлюза,

лучше всего помощью кронштейновъ или бандажей. При высокомъ плюэзе для помѣщенія шкива не дѣлають особаго колпака, какъ напримѣръ на черт. 88. Потолокъ соединяется съ боковыми стѣнками уголками; во избѣжаніе чрезмѣрнаго напряженія въ уголкахъ полезно въ нѣсколькихъ мѣстахъ кронштейнами связать потолокъ со стѣнками, или склепать потолокъ со стѣнками въ пахлестку, а также пропустить нѣсколько стяжныхъ болтовъ между потолокомъ и днищемъ. Такъ какъ плоскій потолокъ подвергается значительному напряженію, то кромѣ внутреннихъ кронштейновъ полезно приклепывать сверху жесткія балки.

*Воздухопроводныя трубы* бываютъ мѣдныя или чугуныя отъ 3" до 4": мѣдныя трубы закапчиваются флянцами; въ стыкахъ флянцы стягиваются болтами съ прокладкою между ними каучуковаго кольца; чугуныя трубы соединяются раструбомъ съ конопаткою стыка паклей, обмоченной въ растопленную смолу, причеиъ кругомъ трубы въ стыкъ загоняются маленькіе деревянные клинья. Въ виду того, что кессонъ постоянно погружается, а воздуходувная машина часто помѣщается на баркахъ, металлическій воздухопроводъ соединяется съ кессономъ и съ воздушнымъ резервуаромъ машины каучуковыми трубами въ 3"—4" со спиральной проволокой внутри. Прочное соединеніе каучуковой трубы съ металлической трубой достигается тѣмъ, что наружной поверхности металлической трубы придаютъ въ концѣ волнообразную поверхность и, падѣвъ кипку, плотно обматываютъ тонкой проволокой. Металлическая трубка, соединенная со плюзомъ, имѣетъ клапанъ, открывающійся внутрь для того, чтобы воздухъ, вошедшій въ кессонъ, не могъ выйти обратно при поврежденіи воздуходушныхъ трубъ и машины.

Предварительно *сборки и скелетки* кессона тщательно пригоняются всѣ части потолка и боковыхъ стѣнъ рабочей камеры. Для этого укладываются подъ ватерпасъ деревянные лежни, на нихъ помѣщаются листы потолка, а затѣмъ поперечныя и продольныя балки. По высверленнымъ заклепочнымъ отверстиямъ поперечныхъ балочекъ намѣчаютъ отверстия въ листахъ потолка. Для того, чтобы намѣтить заклепочныя отверстия въ листахъ боковой стѣнки рабочей камеры, потолокъ собирается въ опрокинутомъ видѣ, т. е. сначала кладутъ поперечныя и продольныя балочки, затѣмъ листы потолка, кронштейны и по дырамъ въ уголкахъ кронштейновъ намѣчаютъ отверстия въ листахъ стѣнокъ. По изготовленіи кессона части его перевозятся на платформу или на барку для сборки и склепки. Для этого устраивается помость вышиною немного болѣе вышины рабочей камеры и состоящій изъ продольныхъ лежней со вставленными въ нихъ стойками, перекрытыми продольными же насадками. Въ продольномъ направленіи стойки подперты подкосами, а въ поперечномъ—диагональными полусхватками; на верхнія насадки кладутся листы потолка,

поверхъ ихъ поперечныя и продольныя балочки; подъ балками прививаются кронштейны, на которыхъ собираются листы боковыхъ стѣнъ. Окончивъ склепку пожа, кессонъ подклинивается, помость разбирается и производится дальнѣйшая склепка частей кессона. Плотность швовъ достигается тѣмъ, что всѣ кромки листовъ должны быть скошены и гладко оструганы; между стыками и подъ накладками помѣщается тонкій картонъ, пропитанный жидкой суриковой замазкой. Послѣ чеканки швовъ они обмазываются извнутри хорошей суриковой замазкой; для непроницаемости потолка онъ заливается слоемъ чистаго цемента въ 1 дюймъ толщины и затѣмъ вторымъ слоемъ изъ 1 части цемента и 2-хъ частей песку. Пространство между кронштейнами обыкновенно задѣлывается сводчатой кладкой до опусканія кессона, чтобы увеличить отчасти непроницаемость стѣнокъ.

*Съемные кессоны.* Для уменьшенія расходовъ иногда ведутъ работы такимъ образомъ, что по мѣрѣ возведенія кладки внутри рабочей камеры, кессонъ постепенно приподнимается—такъ что по окончаніи работы онъ можетъ быть вновь употребленъ и т. д. Подобный пріемъ работъ особенно примѣнимъ, когда глубина рѣки значительна, но погруженіе въ грунтъ сравнительно небольшое. Такого рода кессоны, предложенные Монтанье, называются *съемными* кессонами.

Кромѣ дешевизны этотъ типъ кессоновъ имѣетъ еще то преимущество, что въ кладкѣ не остается желѣза, какъ это бываетъ въ обыкновенномъ кессонѣ, гдѣ верхняя часть кладки отдѣлена отъ нижней металлическимъ потолкомъ. Вообще, если при необходимости заложения основаній опоры на значительной глубинѣ, обыкновенный кессонъ представляется пока наиболѣе целесообразнымъ, то при малой глубинѣ, и особенно, когда значительная часть высоты рабочей камеры всегда будетъ находиться въ соприкосновеніи съ водой,—способъ Монтанье, очевидно, имѣетъ значительныя преимущества, такъ какъ при вышеуказанныхъ условіяхъ потолокъ камеры, подъ дѣйствіемъ ржавчины, подвергался бы постепенному разрушенію, образуя въ кладкѣ пустоты.

Въ виду того, что кладка производится внутри кессона, этому послѣднему придаютъ большіе размѣры, чѣмъ обыкновеннымъ кессонамъ. Хотя вслѣдствіе этого увеличивается объемъ вынимаемаго грунта, по передержки вознаграждаются сбереженіемъ отъ возможности употребленія кессона для нѣсколькихъ опоръ. Равнымъ образомъ балкамъ, поддерживающимъ потолокъ, листамъ потолка и листамъ обшивки стѣнокъ кессона слѣдуетъ придавать большіе размѣры, сравнительно съ обыкновенными кессонами.

Вмѣсто поднятія кессона помощью уменьшенія нагрузки, часто подобный кессонъ поднимаютъ домкратами, упирающимися въ кладку и пото-

локъ. Послѣ того, какъ съемный ящикъ (кессонъ) поднять домкратами на опредѣленную величину, подъ потолокъ кессона подводятъ пѣсколызо клѣтокъ изъ дерева, упирая ихъ на кладку и въ то же время постояннымъ накачиваніемъ воздуха поддерживаютъ должное давленіе. Поднятіе кессона помощью винтовыхъ домкратовъ — обыкновенно силою въ 15 — 20 тоннъ — представляетъ однако извѣстныя неудобства: во-первыхъ, въ глинистыхъ грунтахъ сопротивленіе поднятію вслѣдствіе тренія на столько велико, что приходится прибѣгать къ увеличенію внутренняго давленія, направленнаго снизу вверхъ; во-вторыхъ, такъ какъ послѣ каждого поднятія кладка выводится не болѣе какъ на 0,60 метра (около 0,30 с.), то она на столько еще не окрѣпла, что разстраивается отъ упора въ нее домкратовъ. Въ виду этого Монтань, изобрѣтатель этого типа кессоновъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ примѣнялъ слѣдующій пріемъ, не требующій послѣдовательнаго поднятія. Рабочая камера устраивалась такой высоты (при постройкѣ моста на Шаррантѣ высота камеры была 4,70 метра), чтобы потолокъ камеры былъ выше горизонта воды. Стѣнка камеры была усилена съ внутренней стороны рядомъ стоекъ, между которыми были помѣщены на различныхъ высотахъ распорки, соединенныя со стойками болтами. Установивъ съемный ящикъ (кессонъ) на мѣсто, начинали накачивать воздухъ и выводили кладку до перваго этажа распорокъ; затѣмъ вынимали распорки, которыя мѣшали производству кладки, помѣщая въ то же время распорки между боковой поверхностью выведенной кладки и оболочкой кессона, и продолжали такимъ же образомъ далѣе, пока не выходили съ кладкой выше горизонта воды; затѣмъ разболчивали потолокъ и составныя части боковой оболочки кессона и все вынимали крапами по частямъ. Матеріалъ для производства кладки передавался черезъ шлюзъ. Боковая поверхность камеры состояла изъ стоекъ двутавроваго сѣченія, къ которымъ была приклепана оболочка толщиною 10 миллимет.; для увеличенія жесткости черезъ каждые 0,50 метра были помѣщены по всей высотѣ добавочныя ребра, состоявшія изъ двухъ уголковъ и вертикальнаго листа. Кромѣ того, боковая поверхность камеры по длинѣ обвода кессона разбиралась на нѣсколько частей, составленныхъ изъ 2 или 3 стоекъ съ приклепанной къ нимъ оболочкой. Вертикальные стыки оболочки двухъ смежныхъ частей перекрывались вертикальной накладкой на болтахъ, причемъ всѣ швы обмазывались плотно мастикой. потолокъ камеры состоялъ изъ балокъ двутавроваго сѣченія съ приклепанными къ нимъ снизу листами толщиною 10 миллим.; балки потолка были прикрѣплены болтами къ вертикальнымъ стойкамъ.

Стоимость кубической единицы кладки при обыкновенныхъ кессонахъ и при съемныхъ кессонахъ выражается отношеніемъ отъ 1,33 : 1

до 1,25 : 1, въ виду того, что одинъ и тотъ же кессонъ можетъ быть употребленъ для нѣсколькихъ опоръ.

Интересны помѣщенныя въ нижеслѣдующей таблицѣ данныя Монтанье относительно величины тренія во время опусканія и во время поднятія кессона:

Глубина опусканія въ метрахъ.	На кв. метръ боковой поверхности, находящейся въ грунтѣ, въ килограммъ.			
	Въ г р а в и и.		Въ мелкомъ глинистомъ и пльвучемъ пескѣ.	
	Во время опусканія.	Во время поднятія.	Во время опусканія.	Во время поднятія.
1	36	60	60	40
2	155	70	86	50
3	208	86	103	62
4	302	108	151	91
5	417	146	210	127
6	553	190	280	170
7	710	240	361	220
8	889	296	453	277
9	1089	308	556	341
10	1310	426	670	412

т. е. сопротивленіе тренія во время поднятія составляетъ отъ  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  отъ сопротивленія при погруженіи.

Для опредѣленія вѣса нагрузки, которая должна дѣйствовать на потолокъ для преодоленія тренія, нужно площадь боковой поверхности, находящейся въ землѣ, умножить на одинъ изъ коэффициентовъ, что и покажетъ вѣсъ добавочной нагрузки, которая должна находиться на потолкѣ сверхъ необходимой для уравновѣшиванія давленія, соответствующаго вѣсу столба воды, вытѣсненной кессономъ.

Построенныя Монтанье опоры заложены на глубинѣ отъ 3,5 до 6 метр. ниже горизонта низкихъ водъ, причемъ въ скалу опущены на глубину отъ 0,5 метра до 2,5 метра.

Въ Россіи съемные кессоны были употреблены при заложеніи одной изъ промежуточныхъ опоръ Екатеринославскаго моста черезъ р. Днѣпръ. По конструкціи рабочая камера ничѣмъ не отличалась отъ рабочей камеры обыкновенныхъ кессоновъ, за исключеніемъ лишь отсутствія поперечныхъ связей между консолями; постепенное поднятіе кессона производилось помощью домкратовъ.

*Каменная рабочая камера.* Для того, чтобы удешевить работы, а также, чтобы не имѣть металла внутри кладки, нерѣдко устраиваютъ сводчатая, купольныя каменные рабочія камеры—круглой, эллиптической и продолговатой формы, причемъ продолговатая камера составляется изъ двухъ

взаимно пересекающихся купольных сводов круглого или эллиптического очертания. Известный специалист по кессонным работам Венгеске указывает, что наибольшие сбережения получаются, если взамен длинного кессона, состоящего из ряда взаимно пересекающихся сводчатых камер, применить ряд отдельных однокупольных камер, с взаимным соединением их сводами выше уровня воды. В каменных камерах устраивают металлическими только нижнее кольцо и горловину в вершине купола камеры (черт. 85), к которой прикрепляют металлические шахтовые трубы. Нижнее кольцо (пояс) состоит обыкновенно из вертикальной стѣнки из двух или трех листовъ высотой около 16 д. и из горизонтальной полки шириною до 12 д., связанной с вертикальной стѣнкой уголкою и рядом консолей. На горизонтальную полку кладут сначала два или три ряда толстых досок, на которых располагают кладку и ведут ее напусками; для получения большого свѣса наружные ряды кладки дѣлают часто из клинкера (допускающего безопасное напряжение на изгибъ въ  $3 \frac{\text{нуж.}}{\text{дм.}^2}$ ). Свѣсы дѣлают съ уклономъ отъ 1 : 2 до 1 : 1. Для лучшей связи каменной кладки с деревянным кольцомъ поверхность послѣдняго кольца покрывают жидкой смолой и посыпают пескомъ; между досками и между нижним рядомъ досокъ и металлическимъ кольцомъ кладут просмоленную папку и все соединяют винтами и гвоздями. Горловина состоит большею частью из металлическаго кольца углового сѣченія высотой и шириною около 20 д. Горловина связывается наклонными болтами с горизонтальною полкою нижняго кольца. Если размѣры опоры по высотѣ постепенно уменьшаются (черт. 85), то привѣсные прутья, прикрепляемые къ полкѣ нижняго кольца и проходящія сквозь нижній ярусъ опоры — дѣлаются отвѣсными; въ противномъ случаѣ они располагаются въ наклонномъ направленіи. Во избѣжаніе разрыва кладки нужно наружную поверхность покрывать цементной смазкой и вести работу съ такимъ расчетомъ, чтобы до погруженія въ воду кладка и цементная обмазка успѣли достаточно окрѣпнуть. Круглое очертаніе камеры въ планѣ считается наиболѣе прочнымъ, устойчивымъ; но при такомъ очертаніи замѣчается винтовое вращеніе кессона при опусканіи. Такъ какъ каменная консоль незначительно сопротивляется излому какъ въ случаѣ избытка давленія извнѣ, такъ въ особенности при давленіи изнутри, когда при разрывѣ воздуха или отъ случайныхъ причинъ земля сразу заполняетъ камеру и распираетъ ее, дѣйствуя, какъ клинъ, то необходимо помѣщать съ наружной стороны камеры обвязныя желѣзные кольца; внутреннія связи, особенно если онѣ помѣщены низко, при внезапной осадкѣ въ грунтъ изгибаются вверхъ и скорѣе будутъ еще содѣйствовать изгибу внутрь и излому каменныхъ консолей. На черт. 85 показанъ кессонъ опоры поворотной

части моста через р. Одеръ въ Штеттинѣ; рабочая камера образована конической кладкой напусками; пожь кессона металлическій, усиленный небольшими консолями, поверхъ которыхъ расположено металлическое плоское кольцо, служащее основаніемъ кладки; въ вершинѣ усѣченного конуса вдѣлана горловина съ металлическимъ потолкомъ, усиленным балками, къ которому прикрѣплены 2 шахтовые трубы. Та же система камеръ была примѣнена при устройствѣ опоръ моста через р. Гаронну близъ Мармапда \*) и черезъ рѣку Эльбу близъ Лауенбурга.

*Деревянные кессоны.* Обиліе прекраснаго строеваго лѣса въ Америкѣ и удаленность мѣстъ сооруженія отъ желѣзнодорожныхъ заводовъ—эти условія давно уже навели на мысль устраивать кессоны изъ дерева, тѣмъ болѣе, что такое устройство дешевле и представляетъ по сравненію съ желѣзомъ извѣстныя преимущества въ виду способности дерева сохраняться неопредѣленное время подъ водою. У насъ деревянные кессоны впервые были примѣнены инженеромъ Кнорре при сооруженіи опоръ мостовъ Средне-Сибирской ж. д. Въ извѣстныхъ случаяхъ изъ дерева устраивается только камера, а иногда и стѣнка надъ нею.

На черт. 84<sup>1</sup> показанъ своеобразный типъ деревяннаго кессона инженера Кнорре, примѣненный при сооруженіи опоръ нѣкоторыхъ мостовъ (черезъ р. Оку, Вѣлюю и проч.) на Средне-Сибирской ж. д. По идеѣ онъ отличается отъ конструкціи деревянныхъ кессоновъ американскаго типа и скорѣе напоминаетъ конструкцію металлическихъ кессоновъ. Въ планѣ кессонъ разсматриваемаго примѣра представляетъ прямоугольникъ: 5,84 с. × 2,63 с. съ закругленными углами. Стѣнка рабочей камеры, переходящая непосредственно въ стѣнку выше потолка (рубашку), состоитъ изъ сплошнаго ряда стоймя поставленныхъ брусевъ, опирающихся на желѣзный пожь кессона; уклонъ стѣнокъ около 0,03. Потолокъ рабочей камеры образованъ изъ ряда составныхъ поперечныхъ балокъ, высотой 0,50 с.; нижній поясъ этихъ балокъ одиночный, а верхній—двойной; оба пояса стянуты болтами и по направленію перпендикулярному расположены два ряда продольныхъ брусевъ; промежутокъ между обоими поясами заполненъ бетономъ, составляющимъ связь между поясами; эта связь сопротивляется скалыванію при изгибѣ. Поперечныя балки расположены на разстояніи 12 верш. = 31 д. одна отъ другой; верхній поясъ врубленъ на  $\frac{1}{3}$  своей ширины въ брусъ стѣнки и проходитъ насквозь; врубка сдѣлана ласточкинымъ хвостомъ, съ заполненіемъ образующагося зазора клиньями. Верхній брусъ верхняго пояса врубленъ въ стѣнку подобнымъ же образомъ, но только при помощи двухъ накладокъ; подъ концами брусевъ поперечныхъ балокъ проложена брусчатая

\*) Annales des ponts et chaussées, Fevrier, 1883.



обвязка, прикреплённая болтами къ стѣнкѣ камеры; подъ гайкой подложена доска, вѣзанная за подъ-лицо въ стѣнку камеры. Поперечныя балки поддерживаются консолями изъ двойныхъ брусевъ, врубленныхъ нижнимъ концомъ въ стѣнку, а верхнимъ — въ полдерева въ оба пояса поперечной балки. Въ мѣстѣ пересѣченія съ нижнимъ поясомъ помѣщена обвязка, стянутая болтами съ обвязкой около стѣнки камеры. На чертежѣ горизонтальнаго разрѣза не показаны (чтобы не затемнить чертежа) промежуточные брусья, расположенные сплошь между брусьями нижняго пояса и опирающіеся на четыре обвязки; такимъ образомъ потолокъ перекрытъ сплошнымъ одиночнымъ рядомъ брусевъ (см. детали консолей въ закругленіяхъ). Въ закругленіяхъ и по длинѣ короткой стороны — консоли устроены нѣсколько иначе. Замѣтимъ, во-первыхъ, что обѣ обвязки (см. планъ, видъ снизу) продолжаютъ и въ закругленіяхъ и по короткой сторонѣ: въ закругленіяхъ—внутренняя обвязка соединяется съ наружной стяжными болтами и распирается распорками; въ эти распорки врублены консоли, соединенныя съ ними хомутами. По короткой сторонѣ кессона, консоли приходится уже противъ продольныхъ балокъ и поэтому, врубленные въ сплошной рядъ поперечныхъ брусевъ, онѣ соединяются хомутами уже съ продольными балками. Выше потолка, черезъ каждые 0,50 с., расположены обвязки, распертыя распорками, которыя черезъ рядъ, при помощи накладокъ, врублены въ стѣнку кессона и могутъ поэтому служить одновременно и стяжками. Внутренность рабочей камеры обшита досками.

*Опусканіе кессонъ* на дно, смотря по глубинѣ воды, дѣлается или съ постоянныхъ подмостей (до 2-хъ сажень), съ плавучихъ подмостей или съ барки, затопляемой водою. Подмости служатъ также для поддержанія кессона во время его опусканія до дна и ниже (черт. 85) и для установки звеньевъ трубъ и шлюзовъ или только для одной послѣдней цѣли, если кессонъ не поддерживается цѣпами. Въ послѣднемъ случаѣ подмостей часто совѣтъ не дѣлають, причѣмъ звенья трубъ и шлюзовъ устанавливаются помощью плавучихъ краповъ.

На черт. 91 показано поперечное сѣченіе постоянныхъ подмостей, употребленныхъ при сооруженіи Кіевского моста. По обѣимъ сторонамъ продольной оси кессона забиты три ряда свай. На два ближнихъ ряда надѣты насадки, въ которыя вставлены стойки, перекрытыя поверху насадками; на этихъ послѣднихъ двигались по рельсамъ двѣ тележки, поддерживавшія полиспастами кессонъ; на нижнемъ помостѣ собирался и склепывался кессонъ, какъ указано было раньше, и затѣмъ устанавливалось нѣсколько звеньевъ трубъ и наружной обшивки въ зависимости отъ глубины воды. Приподнявъ немного кессонъ, вырубали подъ нимъ помостъ и опускали кессонъ, пока онъ не становился на дно; при большей глу-

бинѣ опусканіе кессона продолжалось до тѣхъ поръ, пока онъ не держался самъ собою на водѣ; въ обоихъ случаяхъ шахтныя трубы остаются открытыми, и часть кессона выше потолка между наружной оболочкой и шахтной трубой играетъ здѣсь ту же роль, какъ судно, т. е. поддерживаетъ кессонъ на водѣ. Затѣмъ подмости служили лишь для установки трубъ и шлюзовъ.

Опусканіе кессона безъ подмостей дѣлается при помощи барки, приводимой на мѣсто вблизи предполагаемой установки кессона и затопляемой затѣмъ водою (Кремсчугскій, Литейный и Волжскій мосты). Плавающий кессонъ устанавливается затѣмъ точно на предназначенномъ для него мѣстѣ. Затопленная барка вынимается по частямъ. Кессоны нѣкоторыхъ быковъ Литейнаго моста опускали при помощи плавучихъ доковъ, затопляя водой нижнія камеры доковъ. При погруженіи барки въ воду кессонъ наклоняется обыкновенно довольно значительно въ ту или другую сторону и для того, чтобы вода не могла попасть въ пространство надъ потолкомъ, стѣнки рубашки возвышаются на двѣ сажени выше потолка кессона; для того, чтобы тонкія стѣнки рубашки ( $\frac{1}{4}$  д.— $\frac{1}{8}$  дм.) могли сопротивляться давленію воды, между ними располагаются деревянные распорки.

На черт. 92-мъ показаны плавучія подмости для установки трубъ и шлюзовъ.

На черт. 93 показанъ плавучій кранъ для установки трубъ и шлюзовъ, если плавучихъ подмостей совсѣмъ не имѣется.

По спускѣ кессона на воду начинаютъ выводить кладку надъ потолкомъ поверхъ сводиковъ между поперечными балками. Отъ увеличенія тяжести кессонъ погружается, пока не встанетъ на дно; затѣмъ кладка продолжается еще на нѣкоторую высоту, чтобы не допустить кессонъ съ кладкой приподняться при наполненіи его сжатымъ воздухомъ. Тогда устанавливаются шлюзы и приступаютъ къ работѣ сжатымъ воздухомъ.

При неровномъ днѣ, во избѣжаніе наклоненія кессона, дно выравнивается предварительно мѣшками съ глиною.

Ранѣе опускающія кессона необходимо сдѣлать зондировку грунта какъ по продольной, такъ и по поперечной оси кессона. Вообще желательно выбрать такое мѣсто, чтобы грунтъ по возможности былъ однородный по всему периметру кессона, во избѣжаніе неодинаковаго тренія, а слѣдовательно и неравномѣрнаго опусканія кессона. При сооруженіи второго желѣзнаго моста чрезъ р. Вислу въ Варшавѣ не было сдѣлано зондировки по поперечному направленію и при опусканіи кессона быка № 3 оказался подъ однимъ краемъ плавучій песокъ, между тѣмъ какъ подъ остальною частью быка была плотная глина, что и имѣло слѣдствіемъ наклоненіе кессона, причемъ необходимо было остановить опусканіе на глубинѣ 28 ф. вмѣсто предполагаемыхъ 42 футь.

Обыкновенно шахтные трубы съ первого же раза дѣлаются такой высоты, чтобы во время производства работъ не требовалось снимать шлюзы для наращиванія. Если же онѣ выходятъ при этомъ очень высокими, что потребуетъ особыхъ высокихъ подпорокъ для шлюзовъ, тогда во время работъ приходится нѣсколько разъ снимать шлюзы для наращиванія трубъ.

*Извлеченіе* грунта производится различными способами:

а) Помощью порьи въ открытой трубѣ. Для того, чтобы сжатый воздухъ не могъ выходить подъ нижнее ребро трубы, порьи опускаются значительно ниже пожа, причемъ, имѣя сообщеніе съ водой въ рѣкѣ чрезъ пропиаемый песчаный грунтъ, онѣ всегда наполнены водой наравнѣ съ горизонтомъ воды въ рѣкѣ. Неудобство этого способа состоитъ въ томъ, что при разрывѣ порьи приходится дѣлать исправленія помощью водолаза, прекращая работы на значительное время.

б) Помощью порьи въ трубѣ со сжатымъ воздухомъ. Въмѣсто цѣней при работахъ Кременчугскаго моста былъ употребленъ для порьи ремень шириною 7 дюймовъ и толщиною 6 дюймовъ, составленный попеременно изъ слоевъ холста и гуттаперчи. Къ этому ремню привинчивались побольше чернаки изъ кровельнаго желѣза. Въ сутки вынималось до 10-ти кубическихъ сажень. Вверху и внизу были устроены два барабана; верхнему барабану вращеніе сообщалось помощью капатнаго привода отъ локобиля, установленнаго на подмостяхъ. Конецъ оси верхняго барабана выходилъ сквозь сальникъ внаружу шлюза и на этотъ конецъ былъ надѣтъ шкивъ, соединенный капатнымъ приводомъ со шкивомъ локобиля.

При работахъ Ковровскаго и Окскаго мостовъ выниманіе грунта производилось ведрами, поднимаемыми рабочими помощью рукоятки и зубчатыхъ колесъ, установленныхъ внутри шлюза. На Окскомъ мосту цѣнь была замѣнена ремнемъ изъ слоевъ холста и гуттаперчи, и выемка грунта производилась однимъ большимъ ведромъ вмѣстимостью 2 кубическихъ фута.

При сооруженіи Ковровскаго моста цѣни состояли изъ полосъ желѣза  $2'' \times \frac{1}{8}''$ , соединенныхъ болтами; на болты, стягивающіе обѣ двойныя вѣтви цѣни, навѣшивались ведра съ пескомъ. Въ сутки вынимали до 3-хъ кубическихъ сажень песку.

На Волжскомъ мосту былъ только одинъ шкивъ—вверху; цѣнь была замѣнена толстымъ капатомъ, а ведра—мѣшками; навѣшиваніе мѣшковъ къ капату дѣлалось такимъ образомъ (рис. 136): мѣшокъ связывался вверху тонкимъ капатомъ съ узломъ на концѣ; затѣмъ этотъ капатъ надѣвался петлею на безконечный капатъ и мѣшокъ держался однимъ третиемъ между капатами.

с) Помощью песчанаго насоса, описаніе устройства котораго изложено было раньше при описаніи работъ моста чрезъ рѣку Аа.

д) Помощью песчанаго насоса, пользуясь сжатымъ воздухомъ рабочей камеры. Такъ, въ кессонѣ устоя моста чрезъ East-River кромѣ средней

открытой шахты въ 4,4 квадратныхъ метра, чрезъ которую грунтъ вычерпывался норей (какъ въ Кельскомъ мосту) было установлено въ потолокъ до 50 металлическихъ вертикальныхъ трубъ, 4 дюймовъ въ діаметрѣ; нижній конецъ трубъ доходилъ до дна кессона, а верхній заканчивался выше обшивки; трубки подъ потолкомъ имѣли краны, по открытіи которыхъ сжатый воздухъ, устремляясь въ трубы, увлекалъ съ собою подбрасываемый лопатами песокъ и крупный гравій, выбрасывая его на высоту до 150 метровъ. Каждая трубка выбрасывала въ двѣ минуты до 1-го кубическаго метра песка съ глубины до 20 метровъ. Въ чистомъ пескѣ въ день выбрасывалось до 600—700 кубическихъ метровъ. Въ виду громаднхъ размѣровъ камеры 52,5 метра  $\times$  31,5 метра не могло быть замѣтнаго паденія упругости воздуха. Этимъ приѣмомъ пользуются также весьма часто, чтобы выпустить изъ кессона воду и жидкую грязь ири проходѣ глинистыхъ слоевъ, когда вода не проходитъ сквозь непроницаемую глину. Надъ потолкомъ кессона устанавливается трубка около 3-хъ дюймовъ въ діаметрѣ: продолженіе трубки подъ потолкомъ составляетъ крапъ, на который надѣвается гуттаперчевая кишка.



Рис. 136.

Вставляя ее въ воду такъ, чтобы часть ея сѣченія была открыта для воздуха, а другая часть была погружена въ воду, открываютъ кранъ и тогда сжатый воздухъ, выходя сквозь кранъ, увлекаетъ съ собою воду и грязь. При этомъ выходитъ, однако, довольно значительное количество воздуха, такъ что нельзя держать кранъ открытымъ продолжительное время (при небольшихъ размѣрахъ рабочей камеры), иначе съ уменьшеніемъ давленія вода могла бы войти въ кессонъ изъ-подъ ножа.

В зависимости отъ различныхъ обстоятельствъ принимаются различныя мѣры при погруженіи кессона. Въ песчаныхъ грунтахъ боковое треніе бываетъ настолько значительно, что въ подвѣшиваніи кессона во время опусканія не встрѣчается надобности. При значительной глубинѣ треніе становится такъ велико, что оно вмѣстѣ съ давленіемъ воздуха снизу вверхъ на потолокъ превышаетъ грузъ кладки съ кессономъ, трубами и шлюзами, и кессонъ не погружается, хотя бы грунтъ былъ вынутъ ниже ножа. Для этого выпускаютъ часть или весь сжатый воздухъ; отъ уменьшенія давленія вода устремляется внутрь кессона съ большой силой, увлекая съ собою песокъ и уменьшая, слѣдовательно, треніе. При этомъ случается часто, что кессонъ опустится не болѣе какъ на 0,10 сажени или 0,15 сажени, между тѣмъ какъ вся камера набьется пескомъ до потолка. Такимъ образомъ изъ кессона приходится вынимать значительно больше песка сравнительно съ объемомъ кладки.

В зависимости отъ различныхъ обстоятельствъ принимаются различныя мѣры при погруженіи кессона. Въ песчаныхъ грунтахъ боковое треніе бываетъ настолько значительно, что въ подвѣшиваніи кессона во время опусканія не встрѣчается надобности. При значительной глубинѣ треніе становится такъ велико, что оно вмѣстѣ съ давленіемъ воздуха снизу вверхъ на потолокъ превышаетъ грузъ кладки съ кессономъ, трубами и шлюзами, и кессонъ не погружается, хотя бы грунтъ былъ вынутъ ниже ножа. Для этого выпускаютъ часть или весь сжатый воздухъ; отъ уменьшенія давленія вода устремляется внутрь кессона съ большой силой, увлекая съ собою песокъ и уменьшая, слѣдовательно, треніе. При этомъ случается часто, что кессонъ опустится не болѣе какъ на 0,10 сажени или 0,15 сажени, между тѣмъ какъ вся камера набьется пескомъ до потолка. Такимъ образомъ изъ кессона приходится вынимать значительно больше песка сравнительно съ объемомъ кладки.

При опускані кессона въ жидкій пловатый грунтъ боковое треніе очень незначительно и потому здѣсь привѣсныя цѣпи полезны, такъ какъ однимъ внутреннимъ давленіемъ на потолокъ кессона нельзя значительно облегчить вѣсъ кессона съ кладкой, вслѣдствіе чего кессонъ погружается очень быстро въ грунтъ, что можетъ даже представить опасность для рабочихъ. При опусканіи кессоновъ Литейнаго моста встрѣтился такой грунтъ; кессоны этого моста, подобно Кіевскому и Кременчугскому мостамъ, опускались безъ привѣсныхъ цѣпей; они опускались очень быстро въ грунтъ, такъ что никогда нельзя было обнажить ножа, что вынуждало выбирать грунтъ не по всей площади камеры, а только около краевъ, оставляя всю среднюю часть невыбранною, которая подпирала такимъ образомъ потолокъ. Но и эти подпорки изъ грунта оказались недостаточными, и онѣ вслѣдствіи были замѣнены деревянными клѣтками и кирпичными столбами, т. е. былъ примѣненъ почти тотъ же пріемъ, какъ и при опусканіи кессоновъ моста въ С.-Дуи.

Опусканіе кессона въ глинистомъ вязкомъ грунтѣ представляетъ еще больше затрудненія, чѣмъ въ пескѣ; глина облипаетъ вокругъ кессона и препятствуетъ ему опуститься внизъ, несмотря на быстрое выпусканіе сжатого воздуха. Вода, вошедшая внутрь кессона при уменьшеніи давленія, при новомъ нагнетеніи воздуха частью остается въ кессонѣ вслѣдствіе непроницаемости грунта, и глина обращается въ жидкую грязь. Вода и жидкая грязь выпускаются обыкновенно помощью давленія воздуха сквозь узкую трубку, вдѣланную въ потолокъ кессона, о чемъ раньше было упомянуто при описаніи способовъ извлеченія грунта.

Наибольшее затрудненіе встрѣчается, когда глина попадаетъ отдѣльными глыбами въ пескѣ, причемъ происходитъ неравномѣрное опусканіе кессона. Для приведенія кессона въ вертикальное положеніе подрываются подъ ножъ со стороны глины, подкладывая деревянные чураки подъ края кессона въ песчаномъ грунтѣ, чтобы при выпусканіи всего воздуха болѣе опустился край кессона, сидящій въ глинѣ. Если это не помогаетъ (такъ какъ часто вода, устремляясь извнѣ въ камеру, увлекаетъ съ собою жидкій песокъ и еще болѣе способствуетъ наклоненію кессона), тогда по окраинѣ глинянаго пласта выводятъ каменную стѣнку до потолка кессона, опуская кладку на  $1\text{—}1\frac{1}{2}$  фута въ глиняный слой, чѣмъ преграждается доступъ песку внутрь камеры.

#### Раскосныя опоры на каменномъ фундаментѣ.

Онѣ состоятъ или 1) изъ чугунныхъ реберъ (колоннъ), взаимно соединенныхъ чугунными или желѣзными распорками и желѣзными тяжами; вмѣсто распорокъ и тяжей помѣщаются иногда рѣшетчатая рама,

или 2) изъ желѣзныхъ реберъ съ желѣзными же распорками и тяжами.

Число реберъ въ металлическихъ опорахъ, построенныхъ въ послѣднее время, обыкновенно не превышаетъ 4-хъ, такъ какъ большее число излишне и расчетъ усложняется.

На черт. 94 показаны опоры Фрейбургскаго вѣдука; двѣнадцать реберъ; разстояше между робрами вверху (по направленію оси моста) 4,18 метра, внизу — 6,20 метра; высота звеньевъ 3,82 метра; ребра состоятъ изъ чугунныхъ колоннъ съ двумя, тремя и четырьмя продольными приливами въ видѣ тавра, смотря по положенію, занимаемому колонной въ опорѣ; внѣшній діаметръ колоннъ 24 сантиметра; толщина стѣнки 32 миллиметра; толщина тавра 3 сантиметра.

Наружныя ребра связаны рѣшеткой изъ плоскаго желѣза, заключенной въ четырехугольную раму, составленную изъ двухъ уголковъ; размѣры уголковъ  $80 \times 80 \times 10$  миллиметровъ; размѣры полосъ:  $100 \times 10$  миллиметровъ; уголки рамы соединены съ продольными приливами колоннъ помощью болтовъ. Внутреннія ребра опоры связаны крестами, приклепанными къ прокладкамъ, соединеннымъ съ двумя горизонтальными уголками, которые въ свою очередь соединены болтами съ продольнымъ приливомъ колонны. Горизонтальныя діагональныя связи состоятъ изъ прокатнаго желѣза размѣромъ  $100 \times 40 \times 10$  мм. и приклепаны къ треугольнымъ накладкамъ, приклепаннымъ къ горизонтальнымъ уголкамъ рамы. Другой конецъ діагонали не доходитъ до накладки, по перекрывается короткой встрѣчной діагональю, соединяясь съ нею клиномъ; фермы расположены непосредственно надъ колоннами; верхъ всѣхъ реберъ (колоннъ) перекрытъ особою кашителью изъ чугунныхъ балокъ двутавроваго не симметрическаго сѣченія, свинченныхъ во флянцахъ; внизу ребра опираются на подобныя же чугунныя подушки, связанныя чугунными балками. Для сборки опоръ былъ употребленъ слѣдующій приемъ: на полотнѣ дороги были собраны на каткахъ три пролета неразрѣзной фермы; затѣмъ она была надвинута настолько, чтобы конецъ пролета приходился противъ предполагаемой опоры. Въ концѣ пролета былъ установленъ кранъ, которымъ и поднимались различныя части опоры. Во избѣжаніе прогиба фермы, конецъ ея былъ подвѣшенъ къ высокой стойкѣ, укрѣпленной на опорѣ; окончивъ первый быкъ, надвигали ферму далѣе, присоединяя къ ней другіе пролеты и поступали подобнымъ же образомъ. Между вершинами опоръ помѣщались предохранительныя цѣпи во избѣжаніе отклоненія опоры при накатываніи фермы.

Изъ извѣстныхъ въ Россіи вѣдуковъ на металлическихъ опорахъ слѣдуетъ упомянуть о Варгольскомъ вѣдукѣ (черт. 96) на Орловско-Грязской желѣзной дорогѣ, о Камышловскомъ и Графскомъ вѣдукахъ (черт. 97) на Лозово-Севастопольской желѣзной дорогѣ. Ребра и связи этихъ вѣдуковъ желѣзныя.

Опоры *Графскаго и Камышловскаго* виадуковъ (черт. 97) сходны въ отношеніи устройства. Величина пролета 100 футъ и 100 футъ 9 дюймовъ; фермы устроены подъ одинъ путь; въ Графскомъ виадукѣ три пролета, въ Камышловскомъ восемь пролетовъ. Наибольшая высота желѣзной части быка 70 футъ 9,5 дюйма; число реберъ четыре; каждое ребро состоитъ изъ четырехъ склепанныхъ уголковъ; сверху размѣры уголковъ  $4\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}''$ ; по серединѣ  $5\frac{1}{2}'' \times 5\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}''$ ; внизу  $6'' \times 6'' \times \frac{1}{2}''$ ; распорки и діагонали въ боковыхъ граняхъ сдѣланы изъ углового желѣза  $3'' \times 3'' \times \frac{3}{8}''$ ; горизонтальныя діагональныя связи имѣютъ размѣры  $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$ . Прикрѣпленіе распорокъ и діагоналей къ ребрамъ сдѣлано помощью фасонныхъ прокладокъ и накладокъ, а именно для прикрѣпленія распорокъ и діагоналей боковыхъ граней приклепана вертикальная фасонная прокладка (черт. 97); затѣмъ къ горизонтальнымъ полкамъ уголковъ распорокъ, сходящихся у одного и того же ребра, приклепана горизонтальная фасонная накладка, а съ этой послѣдней соединены горизонтальныя діагональныя связи (черт. 97б). Стыки уголковъ реберъ перекрываются двойными накладками, изъ которыхъ одна накладка угловая, а другая состоитъ изъ двухъ планокъ; діаметръ заклепокъ  $\frac{3}{4}''$ . Ширина внизу по направленію параллельному оси моста 10 футъ, вверху 7 футъ; по направленію перпендикулярному къ оси моста ширина внизу 15', вверху 8'11". Капитель быка (черт. 97а), на которой располагаются опорныя подушки, имѣетъ въ вышину 2 фута 6 дюймовъ. Грани капители, параллельныя продольной оси моста и непосредственно поддерживающія опорныя подушки — сплошнаго двутавроваго сѣченія изъ вертикальнаго листа  $8'' \times \frac{1}{2}''$  и четырехъ уголковъ и кромѣ того для предупрежденія бокового выпучиванія усилены стойкой изъ четырехъ уголковъ и двумя діагоналями изъ тавроваго желѣза; со стороны перпендикулярной къ оси моста грани капители сквозныя, какъ это видно на томъ же черт. 97а.

Для придачі быку большей устойчивости относительно опрокидыванія отъ давленія вѣтра—къ узловой точкѣ четвертаго этажа, въ плоскости перпендикулярной къ оси моста, приклепанъ подкосъ изъ листа  $11 \times \frac{3}{8}''$  и 2 уголковъ  $4 \times 4 \times \frac{1}{2}''$ , соединенный съ ребрами стойки діагоналями и распорками. Основаніе откоса отнесено отъ основанія ребра на 18'.

Основанія реберъ и подкоса соединены помощью фасонныхъ прокладокъ и уголковъ съ желѣзной горизонтальной плоской доской (рис. 137а и 137б). Подъ эту послѣднюю положена чугунная плита, сквозь которую проходятъ четыре болта, заложенные въ кладку на 1 сажень; стержни болтовъ проходятъ сквозь желѣзную доску, поверхъ которой расположена гайка.

*Варгольскій виадукъ* (черт. 96). Неразрѣзная четырехъ-пролетная ферма; величина пролета 66,65 метра; вышина опоры, состоящей изъ четырехъ

реберъ—19,488 метра, 4 этажа въ 4,872 метра. Ребра — углового сѣченія и состоятъ изъ желѣзныхъ листовъ, соединенныхъ между собою уголками; края листовъ во избѣжаніе выпучиванія снабжены уголками (рис. 138); стыки перекрыты накладками. Распорки состоятъ изъ двухъ балокъ формы:  $\square \frac{84}{12} \times \frac{250}{14}$ . Горизонтальныя діагональныя связи тавроваго желѣза:  $\frac{172}{13} \times \frac{100}{15,5}$  помѣщены въ плоскости всѣхъ горизонтальныхъ распорокъ. Вертикальныя діагональныя связи тѣхъ же размѣровъ и помѣщены по всѣмъ четыремъ гранямъ быка. Прикрѣпленіе диагоналей къ

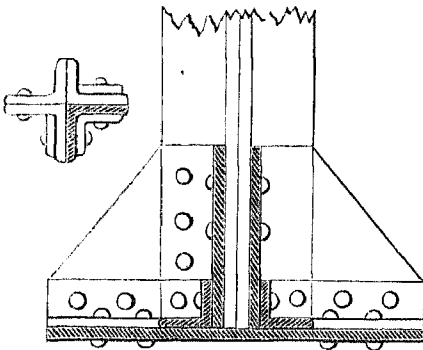


Рис. 137 а.

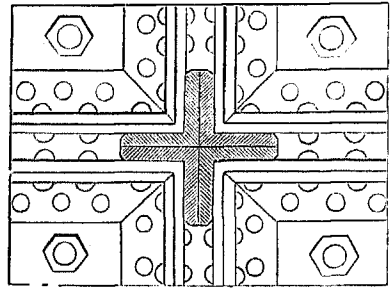


Рис. 137 б.

ребрамъ показано на черт. 96а. Нижняя рама, связывающая стойки, состоитъ изъ балокъ котельнаго желѣза, соединенныхъ между собою тремя такими же поперечными и горизонтальными связями. Верхняя рама или

капитель тоже состоитъ изъ балокъ котельнаго желѣза (черт. 96б). Концы реберъ упираются въ чугунные башмаки и закрѣплены въ нихъ четырьмя болтами діаметромъ 70 миллиметровъ; башмаки прикрѣплены къ каменному фундаменту болтами діаметромъ 80 милл. и длиною 2 саж., закрѣпленными посредствомъ чугунныхъ досокъ и чекъ.

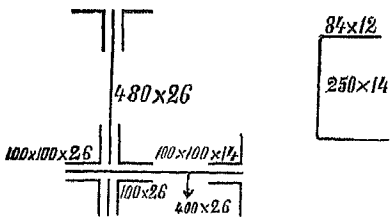


Рис. 138.

На черт. 95 и на рис. 139а изображены желѣзныя опоры виадука Portage черезъ р. Genesee подъ два пути на Эрійской желѣзной дорогѣ, построеннаго взамѣнъ сгорѣвшаго въ 1875 г. деревяннаго виадука; временно уложенъ одинъ путь. Согласно общепринятому въ Америкѣ типу ребра опоры въ продольномъ направленіи значительно раздвинуты, а именно до 15,24 м. и перекрываются подвѣсными фермами. Пролеты между смежными опорами составляютъ 35,966 метр. и 30,480 метр. и перекрываются фермами Пратта. Ребра трубчатого сѣченія; три грани сплошнаго сѣченія



380 мм. × 12,5 мм., соединенныя уголками 100 × 100 × 12,5 мм.; четвертая грань сквозная; по мѣрѣ приближенія къ основанію наклоняются добавочные листы. По направленію вдоль оси моста ребра параллельны, но направленію перпендикулярному—они расходящіяся: 6,1 м. по-верху и 18,3 м. по-низу. Основаніемъ каждой колонны служить отдѣльный каменный фундаментъ; трубчатая ребра заканчиваются внизу чугуннымъ башмакомъ, причемъ башмаки двухъ реберъ прочно скрѣплены съ чугунной плитой, вдѣланной въ кладку, а два остальные опираются на катки,

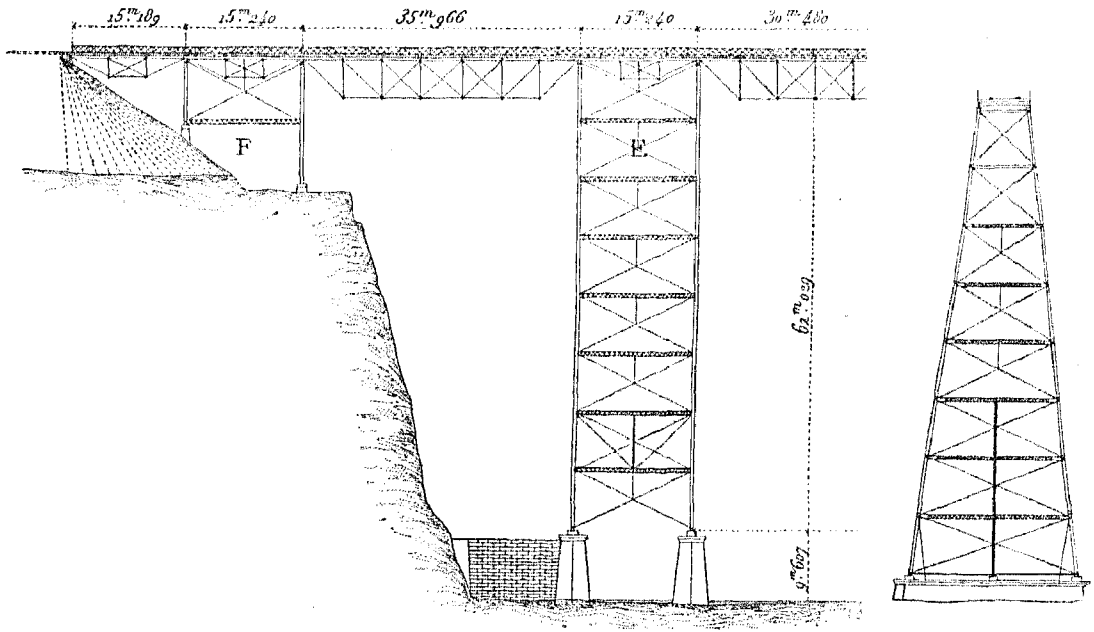


Рис. 139а.

перемѣщающіеся по направленію, перпендикулярному къ продольной оси моста. Чугунныя подушки основанія ногъ связаны тяжами и распорты распорками съ клиньями, чтобы предохранить каменный фундаментъ отъ передачи на него распора того и другого направленія. Стыки расположены вблизи узловъ и находятся въ одной плоскости; кромки составныхъ элементовъ обрѣзаны по наугольнику и оструганы. Независимо отъ сего имѣются и стыковыя планки. Распорки въ плоскости поперечной грани, помѣщенные нѣсколько ниже стыка, состоятъ изъ четырехъ уголковъ, перекрытыхъ листомъ и связанныхъ рѣшеткой (рис. 139б), и заканчиваются втулкой, помощью которой онѣ надѣты на шарниръ; такимъ образомъ онѣ входятъ внутрь ребра со стороны рѣшетчатой стѣнки ноги; на выступающія части шарнира надѣты діагонали поперечныхъ граней опоры; для уменьшенія напряженія отъ смятія, къ наружной части стѣнокъ въ

мѣстѣ помѣщенія шарнира приклепать башмакъ. Нѣсколько выше упомянутого шарнира для прикрѣпленія діагоналей, расположенныхъ по продольнымъ гранямъ опоры, помѣщенъ другой шарниръ (рис. 139б) въ перпендикулярномъ къ нему направленіи, который служитъ одновременно для связи двухъ стыкаемыхъ частей ноги; на выступающія его части надѣты діагонали продольныхъ граней. Что касается распорокъ продольныхъ граней опоры, то онѣ состоятъ изъ четырехъ уголковъ, связанныхъ рѣшеткой и приклепанныхъ къ боковымъ стѣнкамъ ноги опоры. Хотя въ настоящее время уложенъ одинъ

путь, но опоры и фермы спроектированы подѣ два пути, вслѣдствіе чего разстояніе между фермами 6,1 м.; поперечины деревянные, дубовыя, 203 мм. × 315 мм., длиною 6,75 метр., уложены на разстояніи 254 мм. одна отъ другой. Для того, чтобы давленіе колесъ паровоза передать на большее число поперечинъ, поверхъ поперечинъ уложены деревянные прогоны 229 × 229 мм., прикрѣпленные къ поперечинамъ болтами (упругія опоры). Фермы малыхъ пролетовъ прикрѣплены неподвижно къ

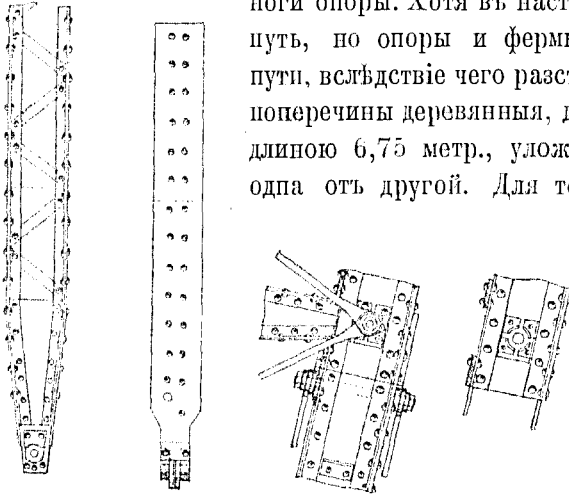


Рис. 139б.

канителямъ трубчатыхъ колоннъ; одинъ конецъ фермы большихъ пролетовъ прикрѣпленъ неподвижно, другой—лежитъ на каткахъ; на одной и той же колоннѣ подвижная и неподвижная опоры; обѣ смежныя фермы взаимно соединены такимъ образомъ, что удлиненію отъ измѣненія температуры возможно. Оси опоръ малыхъ пролетовъ помѣщены на разстояніи 152 мм. отъ оси трубчатого ребра, а ось опоръ большихъ пролетовъ — на разстояніи 76 мм., такъ что равнодѣйствующая совпадаетъ съ осью трубы. Наибольшее напряженіе на сжатіе въ колоннахъ допущено 4,64 килогр. на кв. миллим., а на вытягиваніе въ тяжахъ—10,54 килогр. Замѣчательна быстрота сборки этого виадука длиною 239,13 м.: 6-го мая деревянный виадукъ сгорѣлъ, а 31-го мая новый мостъ уже былъ открытъ для движенія.

Вѣсъ желѣза въ пролетной части . . . . .	184023	килогр.
» » » 6-ти опорахъ . . . . .	406665	»
» » » наиболѣе высокой опорѣ . . . . .	125645	»

Полная стоимость виадука безъ каменныхъ основаній, (но включая деревянный дубовый настиль, равна 475.000 франковъ.

Сборка опоръ виадука Portage происходила безъ подмостей. Первоначально на четырехъ каменныхъ столбахъ опоры уложены были деревянные балки, на нихъ помость, на которомъ установили съ каждой стороны широкой (поперечной) грани опоры по двѣ стойки, высотой 9,144 м. на взаимномъ разстояніи 14,63 м., и перекрытыя перекладиной длиной 16,764 м.; стойки были раскопаны и прочно закрѣплены. Къ перекладинѣ были прикрѣплены снасти, и при помощи локобиля были подняты и установлены на мѣстѣ нижнія части погъ опоры, которыя тотчасъ же были взаимно соединены распорками и тяжами. Затѣмъ, прикрѣпивъ къ ребрамъ подъемный крапъ (козель) высотой 16,764 м. и перемѣстивъ помощью его вверхъ на слѣдующій этажъ помость, опиравшійся на распорки, вновь устраивали на нихъ стойки съ перекладиной. Затѣмъ устанавливали подобно предыдущему—второй этажъ опоры, поднимали вверхъ краны (козлы) помощью локобиля и установленныхъ на помость стоекъ и, прикрѣпивъ козлы къ ногамъ 2-го этажа, поднимали помощью ихъ помость со стойками и т. д. Опора высотой 62,076 метр. и вѣсомъ 125.645 кпл. была установлена въ теченіе 11 сутокъ.

Данныя о стоимости металлическихъ трубчатыхъ опоръ.

Приведемъ нѣкоторыя данныя о стоимости металлическихъ опоръ.

Данныя о сравнительной стоимости металлическихъ и деревянныхъ кессоновъ.

А. Желѣзные кессоны.	Количество.	Площадь подошвы кессона.	Полная стоимость.	Единичная стоимость.
а) Желѣзо при высотѣ камеры въ 1 саж. и обшивки въ среднемъ въ 8 саж. . . . .	48.431 пуд.	кв. саж. 5 рѣчныхъ по 39,33 1 береговой—17,40	Рубли. 130.763,70	Рубли. 2,70 за пудъ
б) Работа, т. е. оборудованіе мастерскихъ, обработка, кленка, чеканка, обшивки, спускъ на воду, зданіе мастерскихъ и накладные расходы . . . . .	—	Всего 214,08	98,971	2,04 за пудъ
<b>Б. Деревянные кессоны.</b>			на 1 кв. саж. площади кессона—1.073,35 руб.	
Красноярск. береговой устоѣ, матеріалъ, работа и накладные расходы . . . . .	—	кв. саж. 24,98	10.926	437,10
Тоже въ Иркутскомъ устоѣ . . . . .	—	21,13	9.730	460,50
<b>В. Погруженіе.</b>				ва кв. саж.
Жалованье служащимъ, кессонщикамъ и накладные расходы . . . . .	2.091,30 куб. саж. считая отъ низкихъ водъ до подошвы.	—	200.120	95,70
Воздухонувныя маш., шлюза, шахты, котлы, топливо, матеріалъ, машинисты, кочегары и накладные расходы . . . . .	—	—	226.240	108,18
		Всего . . . . .	426.360	203,88 за куб. саж.

Такимъ образомъ, деревянные кессоны дешевле металлическихъ почти вдвое: стоимость погруженія и кладки остаются въ обоихъ случаяхъ одинаковыми. Такъ какъ стоимость кладки можно оцѣнить въ 250 руб. за куб. саж., стоимость погруженія въ 200 р. за куб. с., и такъ какъ при 8 саж. глубинѣ при площади кессона около 30 кв. саж., стоимость желѣзнаго кессона, отнесенная на куб. саж. погруженія, считая отъ уровня низкихъ водъ, составитъ:  $\frac{30 \times 1073}{30 \times 8} = 134$  руб., а деревяннаго:  $\frac{30 \times 150}{30 \times 8} = 57$  руб., то отнесенная на куб. саж. полная стоимость опоры до уровня низкихъ водъ при металлическомъ кессонѣ:  $250 + 200 + 134 = 584$  руб., а при деревянномъ:  $250 + 200 + 57 = 507$  руб., т. е. во второмъ случаѣ общее сбереженіе составляетъ около 13%.

**Данныя о стоимости устройства парныхъ грубчатыхъ опоръ.**

Названія жел. дорогъ.	З а к а в к а з с к і я <sup>1)</sup> .						Средне-Азиатская <sup>2)</sup> .			Польская до-роги <sup>3)</sup> .
	Черезъ р. Куру (Гаргаребскій мостъ).		Черезъ р. Квирпиль при ст. Адидаметъ.		Черезъ р. Аму-Дарью.					
Чисто и величина пролетовъ .	3 × 20 саж.		4 × 20 саж.		25 × 30 саж.			—		
Высота колонны:										
Низъ межениго горизонта.	6,5 саж.		7 саж.		7,65 саж.			—		
Выше горизонта . . . . .	2,1 саж.		3,3 саж.		3,55 саж.			—		
Диаметръ колонны:										
Въ верхнѣй . . . . .	6 ф. 6 д.		6 ф. 6 д.		8 ф. 8 д.			—		
Въ основаніи . . . . .	11 ф.		11 ф.		12 ф.			—		
Разстояніе между осями парныхъ колоннъ . . . . .	17 ф.		17 ф.		17 ф.			—		
<b>Исчисленіе стоимости парной колонны.</b>	Единиц.	Количество.	Стоимость.	Единиц.	Количество.	Стоимость.	Единиц.	Количество.	Стоимость.	Единиц.
	Руб.	пуд.	Руб.	Руб.	пуд.	Руб.	Руб.	пуд.	Руб.	Руб.
Металлическія части . . . . .	4,20	3.831	16.100	4,90	3.576	17.500	4,90	1.100	20.531	4,29
Погруженіе . . . . .	3.500	2 кол.	7.000	5.000	2 кол.	10.000	228	55 <sup>4)</sup>	12.550	721
Заполненіе бетономъ . . . . .	160	кб. с.	4.100	180	кб. с.	3.500	290	13,75	4.000	270
Заполненіе бутовой кладкой .	—	—	—	—	—	—	250	37	9.250	—
Прокладные ряды . . . . .	—	—	—	—	—	—	290	0,7	200	—
Итого стоимость одной опоры изъ двухъ колоннъ . . . . .	—	—	27.200	—	—	31.000	—	—	46.531	—
На 1 куб. саж. заполненія . . . . .	1.067	—	—	1.606	—	—	904,5	—	—	—
На 1 пог. саж. . . . .	1.360	—	—	1.550	—	—	1.551	—	—	—

<sup>1)</sup> Выемка грунта производилась, работая въ сжатомъ воздухѣ.

<sup>2)</sup> Выемка грунта производилась экскаваторомъ.

<sup>3)</sup> Выемка грунта производилась черпаками.

<sup>4)</sup> Объемъ извлеченнаго грунта.

*Данныя о стоимости опоръ изъ металлическихъ свай.*

На Уссурийской ж. д. были употреблены желѣзныя сваи діаметромъ 10 д., толщиною  $\frac{7}{16}$  д. при ширинѣ реборды въ 4 д. При высотѣ болѣе 1,75 с. примѣнено 6 или 8 коренныхъ свай и 2 или 4—откосныя сваи (черт. 80'). Стоимость нуда въ дѣлѣ 7,95 руб., въ томъ числѣ стоимость на заводѣ: 4,95 руб., доставка и развозка 1 р. 42 к., забивка 1 р. 30 к. и наращиваніе 1 р. 21 к. Вѣсъ одной сваи со связями—159 пуд. Общій вѣсъ свай въ одной опорѣ—1467 пуд.

## VIII.

### Каменные пролетныя части.

Пролетныя части моста, устраиваемыя изъ *камни, кирпичи* или *бетона*, могутъ быть только арочной системы. При малыхъ пролетахъ, около 0,30 саж., допускается, въ видѣ исключенія, плоское перекрытіе камнями. Желѣзобетонныя пролетныя части могутъ быть и балочной системы, какъ напр. фермы системы Визинтини.

Названіе различныхъ частей свода.—Направляющія кривыя.

Различныя части арки или свода имѣютъ присвоенныя имъ названія. Такъ напр. *пятою* арки называется сѣченіе, отдѣляющее сводъ отъ опоръ *ad* и *cf* (черт. 98); *внутреннюю поверхность* свода (*intrados*)—видимая изнутри поверхность свода (*a, m, n, c*), болѣею частью тщательно отдѣланная; *внѣшнюю поверхность* свода (*extrados*) (*d, k, l, f*) называютъ иногда верхнюю поверхность клинцевъ, часто поверхность забутки, а иногда и всей каменной кладки, возведенной надъ сводомъ; *рамена*—это боковыя части свода; вершина свода называется *ключемъ* или *замкомъ*; отдѣльные камни, изъ которыхъ складывается сводъ, называются *клиньями* свода; камни около пяты и въ замкѣ носятъ названіе *пятьовыхъ* и *замкового* *камней*, причемъ замковый камень кладется послѣднимъ; камни, расположенные непосредственно подъ пятой, называются *поднятыми* камнями (*a, d, p, q*); стѣнка надъ сводомъ въ плоскости его щеки называется *надсводной стѣнкой*; кладка выше пяты свода и прилегающая непосредственно къ внѣшней поверхности свода, заполняя пространство между двумя лицевыми надсводными стѣнками, составляетъ *забутку* свода (*hdf* и *gfl*); *стрѣлою*—называютъ возвышеніе ключа свода надъ горизонтальной линіей, проведенной черезъ пяты свода. *Подземъ* свода—отношеніе стрѣлы къ пролету. Если это отношеніе *меньше*  $\frac{1}{2}$ —сводъ называется *пологимъ*, а въ противномъ случаѣ—*подземистымъ*.

Для мостовъ преимущественно примѣняютъ *цилиндрическіе* своды, т. е. такіе, внутренняя поверхность которыхъ—цилиндрическая поверхность. Если производящая этой поверхности перпендикулярна къ плоскости щеки свода—последній называется *прямымъ*, а въ противномъ случаѣ—*косымъ*.

Сводъ характеризуется формой направляющей кривой внутренней поверхности свода. Кривыя эти могутъ быть: полуокружность (черт. 99), часть дуги круга (черт. 98), эллипсъ (черт. 99), коробовая кривая (черт. 100), парабола пологая или подъемистая (черт. 101) или двѣ взаимно-пересекающіяся кривыя (черт. 102). Второй, третій, четвертый и пятый случаи относятся къ пологимъ сводамъ, а послѣдніе и къ подъемистымъ.

Арка полукруглая или *полуциркульная* удобна для исполненія, не требуетъ сложной тески, красива, особенно при высокихъ опорахъ, и вызываетъ сравнительно небольшой распоръ. Но съ другой стороны, въ виду значительнаго подъема, она непригодна при низкихъ берегахъ и при большихъ пролетахъ и въ сильной степени стѣсняетъ живое сѣченіе въ томъ случаѣ, если пята ея опущены ниже горизонта высокихъ водъ.

*Круговая* арка имѣетъ всѣ достоинства полуциркульной, за исключеніемъ лишь того, что распоръ при одинаковыхъ пролетахъ значительнѣе, и притомъ уступаетъ ей въ отношеніи внѣшняго вида. Во избѣжаніе появленія значительнаго распора—подъемъ въ  $\frac{1}{12}$  слѣдуетъ считать предѣльнымъ. — Чѣмъ значительнѣе пролетъ, тѣмъ болѣе должно быть это отношеніе.

*Эллиптическая* арка употребляется при подъемѣ въ  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{5}$ , такъ какъ при меньшемъ подъемѣ швы ключевыхъ камней будутъ почти параллельны. Представляемая ею площадь отверстія—болѣе, а распоръ—менѣе, чѣмъ въ круговой аркѣ того же отверстія и подъема. Эллиптическая кривая очень красива, имѣя непрерывно измѣняющуюся кривизну. Это послѣднее обстоятельство было долгое время причиной, почему ее избѣгали примѣнять, такъ какъ въ каждомъ клинѣцевую цилиндрическую поверхность слѣдовало приготовить по особому шаблону. Въ коробовыхъ же аркахъ шаблонъ измѣняется лишь при переходѣ отъ кривой одного радіуса къ кривой другого радіуса. Но въ настоящее время, при возможности имѣть хорошій растворъ (цементный),— вмѣсто штучныхъ камней своды могутъ быть построены изъ менѣе крупныхъ камней, не требующихъ обтески по внутренней лицевой криволинейной поверхности, и поэтому нѣтъ основанія избѣгать эллиптическихъ сводовъ.

*Коробовая* арка, какъ и эллиптическая, имѣетъ въ пятахъ вертикальную касательную, что составляетъ главное ея преимущество, по сравненію съ круговой—пологой аркой. Она состоитъ изъ нѣсколькихъ дугъ круга, описанныхъ различными радіусами; въ точкахъ касанія смежныя кривыя

имѣютъ общую касательную. Радиусъ въ ключѣ не долженъ быть слишкомъ великъ; крайнимъ предѣломъ считаютъ радиусъ, равный двойной величинѣ пролета. Кромѣ того смежные радиусы не должны рѣзко отличаться одинъ отъ другого. Коробовыя арки предложены были взамѣнъ эллиптическихъ для облегченія тески, такъ какъ своды большихъ отверстій строились почти исключительно изъ тесовыхъ камней.

*Параболическая* арка представляетъ наиболѣе выгодное очертаніе въ смыслѣ равномерной работы матеріала въ различныхъ частяхъ арки, подверженной значительной вертикальной нагрузкѣ. Подъемистыя параболическія арки на видъ не особенно красивы и только въ послѣднее время начали входить въ употребленіе при устройствѣ трубъ подъ полотномъ дороги.

Арки, составленныя изъ двухъ взаимно пересѣкающихся кривыхъ,—*готическія*—не имѣютъ широкаго примѣненія въ мостовыхъ сооруженіяхъ.

**Трубы. Общій фундаментъ. Разрѣзна трубы на отдѣльныя звенья. Дренажъ. Различные способы сопряженія головы трубы съ насыпью. Трубы на крутыхъ носогорахъ съ непрерывнымъ унлономъ и съ уступами. Носыя трубы. Эмпирическія данныя для опредѣленія поперечнаго размѣра трубъ.**

Однимъ изъ характерныхъ типовъ каменныхъ мостовъ незначительныхъ отверстій представляютъ *трубы*, т. е. невысокія мостовыя сооруженія, назначенныя для пропуска воды подъ полотномъ дороги. Отверстія каменныхъ трубъ измѣняются отъ 0,50 до 4 саж.

Своды большею частью полуциркульные или параболическіе. При незначительныхъ пролетахъ, около 0,33 саж.,—вмѣсто сводовъ устраиваютъ иногда плоское перекрытіе камнями, причемъ для уменьшенія пролета предыдущіе ряды камней кладутся съ напускомъ (черт. 103), (черт. 103'), или же труба дѣлается круглаго сѣченія (черт. 103"). Но во всякомъ случаѣ плоское перекрытіе нераціонально, такъ какъ камень лучше всего сопротивляется не на изгибъ, а на сжатіе; поэтому для камня—сводчатое перекрытіе наиболѣе цѣлесообразно.

Концевыя части трубы, называемыя *головами* трубы, сопрягаются съ насыпью или помощью обратныхъ стѣнокъ или откосныхъ крыльевъ.

Стѣнки трубы устраиваются обыкновенно на общемъ фундаментѣ съ заложениемъ такового непосредственно на грунтѣ, на ростверкѣ или на сваяхъ. Для уменьшенія издержекъ средняя часть основанія (черт. 104), приходящаяся подъ лоткомъ трубы, закладывается на меньшей глубинѣ, чѣмъ части основанія подъ стѣнками или устоями трубы. Общее основаніе устраивается и за предѣлами головы трубы, въ промежуткѣ между откосными крыльями. Если основаніе лотка заложено и на меньшей глубинѣ, чѣмъ остальная часть общаго основанія, то во всякомъ случаѣ концевыя части на протяженіи не менѣе какъ на 0,50 саж. заклады-

ваются на глубинѣ не менѣе 0,80 саж., образуя какъ бы камепную шпунтовую стѣнку.

*Толщина* свода зависитъ какъ отъ *величины пролета*, такъ и отъ *нагрузки*; въ трубахъ главнѣйшая нагрузка—давленіе насыпи, а такъ какъ высота ея по длинѣ трубы различна, то слѣдовательно въ длинной трубѣ толщина свода должна постоянно уменьшаться отъ середины къ головамъ трубы. §

Съ другой стороны толщина устоевъ (стѣнокъ) находится въ зависимости отъ толщины свода; поэтому и толщина стѣпокъ, а слѣдовательно и ширина основанія постепенно уменьшаются отъ середины трубы къ головамъ (черт. 107).

Не смотря на постепенное утолщеніе свода и стѣнокъ, т. е. не смотря па постепенное увеличеніе площади передачи давленія на грунтъ,—трудно однако достигнуть вполне равномернаго давленія, вслѣдствіе чего средняя часть обыкновенно осѣдаетъ болѣе, чѣмъ концевыя — и появляются трещины. Еслибы трещина была вертикальная и сквозная во всю высоту,—она не могла бы имѣть вліянія на прочность сооруженія; при наклонной же трещинѣ нѣкоторыя части свода оказались бы па вѣсу и поэтому, во избѣжаніе появленія неправильныхъ наклонныхъ трещинъ, дѣлають умышленно вертикальныя трещины во всю высоту, т. е. складываютъ трубу не сплошною по всей ея длинѣ, а отдѣльными звеньями, длиною отъ 1,5 до 3 саж., стараясь однако сохранить одинаковую толщину свода и стѣнокъ въ предѣлахъ каждаго участка (черт. 104). Образующіяся при этомъ щели, шириною около 0,005 саж., заполняются въ лоткѣ каменной мелочью съ заливкой растворомъ; съ задней стороны стѣнокъ противъ щелей, дѣлають сухую кладку, что служитъ отчасти дренажемъ, причемъ иногда вставляютъ въ щели чугунныя трубки для вывода дренажной воды внутрь трубы; щели же въ сводѣ прикрываются сверху кладкой на цементномъ растворѣ, препятствующей осыпанію земли и просачиванію воды.

Верхнюю поверхность забутки дѣлають со скатомъ къ задней грани стѣнки и кромѣ того покрываютъ ее слоемъ цементнаго раствора; то и другое дѣлается во избѣжаніе просачиванія воды сквозь сводъ, т. е. чрезъ швы, что имѣло бы послѣдствіемъ вымываніе раствора изъ швовъ. Нерѣдко позади устоя во всю длину трубы устраиваютъ дренажъ изъ сухой кладки или щебня (въ случаѣ глинистой насыпи), съ выводомъ воды внутрь трубы при помощи вышеупомянутыхъ чугунныхъ трубокъ.

Голова трубы, какъ сказано выше, сопрягается съ насыпью или обратными стѣнками, или откосными крыльями. Лицевыя грани послѣднихъ могутъ быть взаимно параллельныя, расходящіяся, вертикальныя, наклонныя, вогнутыя и выпуклыя. Различные типы показаны на черт. 105



(I—X). Грань откоснаго крыла можетъ непосредственно сопрягаться съ вертикальною гранью устоя (черт. 105—I и черт. 105—VШ), или же съ переднею гранью головы трубы (черт. 105—II). Въ первомъ случаѣ часть свода около пятъ является замаскированной крыломъ—что некрасиво, но съ другой стороны вода входитъ въ трубу при постепенномъ сжатіи струи. Во второмъ же случаѣ впадъ головы трубы красивѣе, но появляются водовороты. Поэтому условія красоты и цѣлесообразности будутъ удовлетворены, если оставить сводъ незамаскированнымъ, а входящій уголь задѣлать кладкой по крайней мѣрѣ до горизонта высокихъ водъ (черт. 106).

Верхнюю часть головы трубы одѣваютъ карнизомъ, который не долженъ быть чрезмѣрно высокимъ; полезно дѣлать позади карниза забутку и сопрягать карнизный камень съ нижележащимъ помощью уступа (черт. 107).

На черт. 106 показанъ продольный разрѣзъ, фасадъ, планъ, горизонтальный и вертикальный разрѣзы трубы отверстіемъ 1,50 с. Труба выведена на общемъ основаніи въ огражденномъ шпунтами пространствѣ. По длинѣ труба разрѣзана на пять отдѣльныхъ звеньевъ; разрѣзы совпадаютъ съ сѣченіями, гдѣ происходитъ измѣненіе толщины свода и стѣнъ. Сопряженіе головы съ насыпью сдѣлано помощью наклонныхъ расходящихся откосныхъ крыльевъ; входящій уголь до горизонта высокихъ водъ задѣланъ кладкой. Наклонная грань крыла покрыта плитами, причемъ въ двухъ мѣстахъ положены штучные камни, сопрягающіеся непосредственно съ горизонтальными рядами кладки. Задняя стѣнка забутки поднята на  $\frac{2}{3}$  высоты свода; верхняя поверхность ея ограничена касательными, проведенными къ вершинѣ свода, и покрыта смазкой изъ слоя цемента. Другой типъ показанъ на черт. 106'. Сводъ подъемистый и по очертанію ближе подходит къ параболическому. Лотокъ не составляетъ одного цѣлага съ фундаментомъ устоевъ, что нельзя рекомендовать.

Лотку трубы всегда придаютъ естественный уклонъ того оврага или лощины, гдѣ устраивается труба. Если уклонъ не великъ, то пяты свода располагаются по всей длинѣ трубы на одной высотѣ, и слѣдовательно во входномъ концѣ высота устоевъ менѣе, чѣмъ въ выходномъ. При болѣе же значительныхъ уклонахъ (отъ  $10^\circ$  до  $45^\circ$ ) пяты свода располагаются параллельно лотку, который въ свою очередь слѣдуетъ за уклономъ мѣстности. Такъ какъ въ этомъ случаѣ можно опасаться сползанія или разрыва трубы,—фундаментъ трубы дѣлаютъ чрезъ извѣстные промежутки съ утолщеніями, чѣмъ достигается сопротивленіе скольженію (черт. 108, черт. 108' и черт. 108'').

Вмѣсто однообразнаго уклона дѣлаютъ иногда уступы, какъ въ лоткѣ, такъ и въ сводѣ (черт. 109), или примѣняютъ оба типа (черт. 110).

Если ось трубы не перпендикулярна къ оси полотна, т. е. труба

*косая*,—то во избѣжаніе затруднительной кладки косыхъ сводовъ, работу ведутъ такъ, какъ бы сводъ былъ прямымъ: по при этомъ откосныя крылья получаются неодинаковыми, и карнизъ располагается не по горизонтальной линіи, а по наклонной.

На черт. 111 показаны два типа такихъ откосныхъ крыльевъ, причемъ въ одномъ случаѣ болѣе короткое крыло нормально къ оси полотна, а въ другомъ случаѣ короткое откосное крыло замѣнено обратной стѣнкой. Точка (*c, c'*), какъ болѣе удаленная отъ нижняго ребра откоса, находится очевидно выше (*a, a'*), и поэтому карнизъ (*ac, a'c'*) составляетъ съ горизонтальною нѣкоторый уголъ.

Существуетъ нѣсколько эмпирическихъ формулъ для опредѣленія толщины свода трубы въ ключѣ, въ пятахъ и для опредѣленія толщины устоя въ зависимости отъ высоты насыпи и величины отверстія. Напримеръ для сводовъ полуциркульныхъ и круговыхъ съ подъемомъ до  $\frac{1}{3}$ .  
*толщина* тесоваго свода въ *ключъ* подъ полотномъ желѣзной дороги:

$$a = \left( \frac{3}{4} + \frac{1}{32}l \right) \left( 1 + \frac{1}{24}H \right) \text{ фут.}$$

Толщина *кирпичнаго* свода:

$$a = \left( \frac{3}{4} + \frac{1}{16}l \right) \left( 1 + \frac{2}{24}H \right) \text{ фут.}$$

Толщина *устоя*:

$$e = \frac{l}{8} \left( \frac{3l - f}{l + f} \right) + \frac{h}{6} + 1 + \frac{H}{8} \text{ фут.}$$

гдѣ *l* — отверстіе, *H* — высота насыпи надъ сводомъ, *f* — стрѣла, *h* — высота устоя.

Толщина свода въ пятахъ дѣлается отъ 1,15 до 1,25 толщины свода въ ключѣ.

**Наменные пролетныя части мостовъ подъ обыкновенную и желѣзную дороги.**  
**Общая соображенія. Своды изъ камня. Свинцовыя прокладки. Кирпичные, бетонные и желѣзобетонные своды.**

Величина пролета каменныхъ мостовъ измѣняется въ существующихъ примѣрахъ отъ 1,00 до 42,5 саж. \*). Кирпичные своды не употребляются при пролетахъ свыше 10 саж., а бетонные свыше 24 саж. \*\*). Какъ величина отверстія, такъ и подъемъ арокъ, число пролетовъ и очертаніе

\*) Мостъ близъ Плауена въ Саксоніи.

\*\*) Мостъ Альма чрезъ р. Сену въ Парижѣ, съ среднимъ пролетомъ въ 48 метр., можетъ быть также причисленъ къ мостамъ съ бетонными сводами, такъ какъ сводъ сложенъ изъ необдѣланныхъ камней, промежутки между которыми залиты цементомъ.

свода зависить отъ мѣстныхъ условій. Такъ напр., если берега или насыпь не высокіе и общее отверстіе моста значительное—то возможно примѣнить рядъ полудирикулярныхъ арокъ небольшого отверстія или пологія арки при меньшемъ числѣ пролетовъ, выбравъ въ каждомъ данномъ случаѣ наиболѣе выгодное рѣшеніе, въ зависимости отъ стоимости устройства основанія подъ опорами, имѣя при томъ въ виду возможность большаго и меньшаго стѣсненія живого сѣченія и проч. При высокихъ берегахъ можно пользоваться полудирикулярными арками достаточно большаго отверстія; пологія же арки въ данномъ случаѣ и не красивы, и не выгодны въ виду значительнаго распора при высокихъ опорахъ.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, гдѣ требуется продольный уклонъ мостового полотна, пролеты нерѣдко неодинаковой величины,—причемъ или средніе пролеты дѣлаются большаго отверстія, что позволяетъ пята арокъ смежныхъ пролетовъ помѣщать на одинаковой высотѣ (черт. 112), или обратно—пролеты уменьшаются къ серединѣ; по въ послѣднемъ случаѣ пята смежныхъ арокъ располагаются уже на разныхъ высотахъ (черт. 112).

Число пролетовъ дѣлають обыкновенно нечетное (черт. 99).

Если пята арки заложены ниже горизонта высокихъ водъ, то для постепеннаго сжатія струи арка вблизи пята срѣзывается наклонно къ скамъ свода, и получаютъ такъ называемые *коровы рога* (черт. 115).

Арка съ пятами, заложеными ниже поверхности земли—называется аркой со *скрытыми устоями* (черт. 113').

Своды, какъ уже сказано было, бываютъ *каменные, кирпичные и бетонные*.

*Каменные* своды могутъ быть сложены изъ *тесовыхъ* камней крупныхъ размѣровъ или изъ болѣе мелкихъ камней, но во всякомъ случаѣ постелистыхъ и тщательно приколотыхъ. Боковыя грани или заусенки перпендикулярны къ постелямъ и къ внутренней поверхности свода. Въ прямыхъ сводахъ постели камней—плоскости, а въ косыхъ сводахъ клинья ограничены кривыми поверхностями. Толщина *тесовыхъ* клиньевъ или однообразная для всего свода, или она измѣняется, увеличиваясь въ толщинѣ по мѣрѣ приближенія къ пятамъ. Между толщиной и высотой клина должно существовать отношеніе отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{2}{3}$ . Средніе размѣры клиньевъ: высота около 0,30 саж., толщина около 0,15 саж., длина около 0,50 саж. Если высота камней не соотвѣтствуетъ требуемой толщинѣ свода, то послѣдній составляютъ по толщинѣ изъ нѣсколькихъ камней, соблюдая требованіе перевязки швовъ и послѣдовательнаго чередованія ложковъ и тычковъ. Толщина свода къ пятамъ постепенно увеличивается. Швы клиньевъ располагаются по направленію радіусовъ внутренней поверхности свода кривой. Внутренняя поверхность тесоваго свода обдѣлы-

вается по шаблону чистой теской; внѣшнюю же оставляютъ въ грубо обдѣланномъ видѣ, что дѣлается ради лучшаго сопряженія свода съ кладкой забутки.

Во избѣжаніе выкрашиванія кромокъ клиньевъ, при осадкѣ свода, а главнымъ образомъ, чтобы направить *кривую давленія* (геометрическое мѣсто точекъ приложенія равнодѣйствующихъ внутреннихъ усилій въ различныхъ сѣченіяхъ арки) по возможности по серединѣ свода—начали прокладывать въ послѣднее время между отдѣльными клиньями особыя прокладки. Прокладки дѣлаются изъ свинцовыхъ плитокъ толщиной около 20 мм., занимающихъ по высотѣ среднюю треть клипа. Большею частью онѣ располагаются у замковаго клипа и въ пятахъ арки. Такъ какъ въ этомъ случаѣ давленіе сконцентрировано только въ опредѣленномъ мѣстѣ шва, а не по всему сѣченію, то испытываемое соответственными клиньями свода напряженіе довольно значительно. Въ виду сего, замковый камень и два смежныхъ съ нимъ, а равнымъ образомъ пятовые и подпятные камни дѣлаются въ данномъ случаѣ изъ болѣе твердаго матеріала, сравнительно съ другими клиньями. Подобное приспособленіе, въ видѣ шарнировъ въ ключѣ и въ пятахъ, имѣетъ еще другую выгоду: арка при измѣненіи температуры можетъ свободно опускаться и повышаться. Иногда помѣщаютъ еще плитки въ такъ называемомъ *шовѣ перелома*.

Можно бы также прокладывать свинцовыя плитки между всѣми смежными клиньями, и затѣмъ по освобожденіи свода отъ кружалъ залить всѣ швы жидкимъ цементнымъ растворомъ. Такимъ пріемомъ кривая давленія направляется по средней трети свода, а послѣдующее заполненіе швовъ во всю высоту устраняетъ взаимное соприкасаніе клиньевъ только въ опредѣленной части шва.

Свинцовая плитка прикрѣпляется къ клину слѣдующимъ образомъ: выдолбивъ въ клинѣ два или три углубленія, заливаютъ въ нихъ свинцомъ желѣзные тонкіе штыри, выступающіе на 8—10 мм. надъ поверхностью клина; затѣмъ накладываютъ на штыри свинцовую прокладку и ударами деревяннаго молотка приводятъ плитку въ плотное соприкасаніе; затѣмъ кладутъ слѣдующій клинъ и т. д.

Толщина швовъ въ тесовыхъ сводахъ измѣняется отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{4}$  дюйма.

Каменные своды изъ *приколотыхъ* постелистыхъ камней требуютъ безусловно хорошаго цементнаго раствора. Швы по необходимости нѣсколько толще, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. Замковый и пятовые камни и въ этомъ случаѣ дѣлаются тесовыми; кромѣ того полезно въ нѣсколькихъ мѣстахъ арки помѣщать тесовые камни, чтобы образовать какъ бы искусственные клинья, ограниченные съ боковъ тесовыми камнями съ внутреннимъ заполненіемъ кладкою изъ приколотыхъ камней.

*Кирпичные своды* складываются изъ *лекальнаго* кирпича, который формируется на подобіе клина, а чаще всего изъ обыкновеннаго кирпича.

Въ первомъ случаѣ правила перевязки тѣ же, что и въ простой кирпичной кладкѣ; во второмъ случаѣ швы у внутренней поверхности свода тоньше, чѣмъ у наружной. Обыкновенно сводъ составляютъ изъ ряда колецъ толщиной въ полкирпича, причемъ необходимо прокладывать иногда тычки или плиту для связи двухъ лежащихъ одинъ надъ другимъ полукирпичныхъ колецъ; въ этомъ случаѣ размѣняютъ связывающіе тычки на такихъ разстояніяхъ, чтобы между ними могло помѣститься въ верхнемъ кольцѣ однимъ кирпичемъ больше, нежели въ нижнемъ. Иногда при пологихъ сводахъ—тычки чередуются съ ложками, причемъ во всякомъ случаѣ въ плоскости, нормальной къ оси трубы—кирпичъ располагается стороной наименьшаго измѣренія. Если радіусъ кривизны свода не превосходить 2,5 саж.—своды лучше класть отдѣльными кольцами; въ противномъ случаѣ, при болѣе пологихъ сводахъ, кладка свода въ перевязку предпочтительнѣе, такъ какъ иначе при осадкѣ свода, особенно если растворъ не окрѣпнѣлъ—возможно осѣданіе и отдѣленіе нижнихъ колецъ. Вообще въ кирпичныхъ сводахъ качество раствора имѣетъ первенствующее значеніе.

Нерѣдко кирпичные и бетонные своды облицовываются сводомъ изъ тесовыхъ камней и въ этомъ случаѣ, чтобы не было отдѣленія облицовочныхъ сводовъ отъ внутренняго, крайніе облицовочные своды стягиваются желѣзными связями.

Утолщеніе свода къ пятамъ дѣлается уступами—въ полкирпича.

*Бетонные своды и желѣзо-бетонные своды* начинаютъ нынѣ входить въ употребленіе. До послѣдняго времени, если не считать моста Альма въ Парижѣ, бетонные своды примѣнялись къ пролетамъ не болѣе 16 саж., какъ напр. мостъ черезъ р. Дунай близъ Эрбаха въ Виртембергѣ при величинѣ пролета 32 метра, съ подъемомъ въ  $\frac{1}{8}$ , при толщинѣ свода въ ключѣ 0,50 метр., въ пятахъ—0,70 метр. и напряженіи въ  $2\frac{1}{3}$  пуд. на кв. дюймъ. Въ 1893 году построены чрезъ р. Дунай близъ Мурдеркингена въ Виртембергѣ мостъ съ трехшарпирной бетонной аркой, пролетомъ 23,5 с. = 50 метр. Толщина въ ключѣ 0,47 м., а въ пятахъ 0,52 с. при напряженіи матеріала 2,5 пуд. на кв. дюймъ; мостъ подъ обыкновенную дорогу \*). Во избѣжаніе появленія трещинъ въ бетонныхъ сводахъ значительнаго пролета, вслѣдствіе возможной неравномѣрной осадки грунта, полезно примѣнять шарниры въ пятахъ и въ ключѣ въ видѣ свинцовыхъ плитокъ или дѣйствительныхъ шарнировъ. Такъ напр. первый изъ упомянутыхъ мостовъ чрезъ рѣку Дунай снабженъ въ ключѣ и пятахъ свинцовыми плитками, а второй—шарнирами. Главное достоинство бетон-

---

\*) Надсводная часть отдѣлена отъ устоя сквозною замаскированной щелью для того, чтобы при измѣненіи температуры не могло образоваться трещинъ.

ныхъ сводовъ—быстрота работы, не требующей ни тески камней, ни сложной разръзки, какъ напр. въ косыхъ сводахъ. Бетонъ составляется большею частью изъ 1 части цемента, 3 ч.— $4\frac{2}{3}$  ч. гравія и 1 ч.— $2\frac{1}{3}$  ч. песку. Во время работы бетонъ поливается водою \*).

*Желъзобетонные своды* получили въ настоящее время большое развитіе. Включеніемъ желъза въ бетонную массу имѣлось въ виду освободить бетонъ отъ работы на вытягиваніе въ тѣхъ случаяхъ, когда по условіямъ нагрузки очертанія арки и ея поперечнаго сѣченія — бетонъ долженъ былъ работать на вытягиваніе. Въ первыхъ примѣрахъ металлическое включеніе состояло изъ одного продольнаго ряда проволокъ толщиною около 15 мм., расположенныхъ на взаимномъ разстояніи (согласно расчета) около 60 мм.—75 мм. и на разстояніи около 50 мм. отъ внутренней поверхности свода; продольные ряды переплетались поперечными рядами проволокъ толщиною около 7 мм. на взаимномъ разстояніи около 60 мм. или же, какъ это теперь обыкновенно дѣлается, взаимно связывались въ мѣстахъ пересѣченія топкой проволокой. Такая конструкція извѣстна подъ именемъ желъзобетона системы Монье. Ввиду возможности появленія растягивающаго усилія на наружной и на внутренней поверхности свода, а также въ цѣляхъ полученія симметричнаго сѣченія—помѣщаютъ въ настоящее время два продольныхъ ряда проволокъ — вблизи внутренней и наружной поверхности свода. Изъ многихъ существующихъ разновидностей желъзобетонной конструкціи слѣдуетъ упомянуть о системѣ Melan'a, состоящей въ томъ, что въ бетонную массу включаются продольныя металлическія балочки сплошнаго или сквознаго сѣченія, иногда соединенныя поперечными сквозными связями—черт. 148". Разстояніе между металлическими балочками дѣлается около 0,5—1,5 м. Затѣмъ большое распространеніе имѣетъ система Неппебіке, представляющей развитіе системы Монье и въ которой верхній и нижній продольные ряды, состоящіе изъ проволокъ отъ 15 мм. до 24 мм., связаны взаимно проволоками или плоскимъ желъзомъ. Эти связи помѣщаются черезъ одинъ или два узла соединенія продольной проволоки съ поперечными. Иногда въ системѣ Неппебіке неимѣется верхняго ряда продольныхъ проволокъ; подвѣски или хомуты, обхватывающіе нижній рядъ, заканчиваются вверху двумя отогнутыми вѣтвями, впущенными въ бетонную массу. Назначеніе подвѣсокъ или хомутовъ—сопротивляться скалывающимъ усиліямъ. Заслуга Неппебіке состоитъ между прочимъ въ томъ, что онъ первый примѣнилъ желъзобетонную конструкцію для продоль-

\*) У насъ имѣется на Тамбово-Саратовской желъзной дорогѣ нѣсколько бетонныхъ трубъ кольцевого сѣченія діаметромъ 2,0 фут.—2,5 фут. На Петровской вѣтви Ростово-Владикавказской желъзной дороги — построено 17 трубъ отверстіемъ отъ 0,50 с. до 3 с. съ бетонными сводами полуциркулярнаго и параболическаго очертанія.

ныхъ и поперечныхъ балокъ и дать возможность связать въ однородное цѣлое фермы моста, ребра полотна и полотно, устроенное въ видѣ плитъ (черт. 148<sup>'''</sup>).

Кромѣ продольныхъ прямыхъ проволокъ помѣщаютъ еще изогнутыя; эта конструкція особенно часто встрѣчается въ желѣзо-бетонныхъ балкахъ (черт. 114<sup>'а</sup> и черт. 114<sup>'б</sup>) для обезпеченія постепенной передачи растягивающаго напруги отъ верхнихъ волоконъ къ нижнимъ. Каждый изъ верхнихъ или нижнихъ рядовъ можетъ состоять изъ одиночныхъ или парныхъ проволокъ, расположенныхъ одна надъ другой. Замѣтимъ еще, что какъ въ системѣ Monièr, Hennebique, такъ и въ другихъ, подобныхъ имъ конструкціяхъ— для увеличенія сопротивленія сдвигу продольныхъ проволокъ, подвергающихся растяженію—концы такихъ проволокъ загибаютъ подъ прямымъ угломъ или подъ угломъ въ 180°, образуя родъ крючка и между обѣими вѣтвями крючка вставляютъ плашмя поперечную полосу, общую для цѣлаго ряда продольныхъ проволокъ. Система Hennebique примѣняется и къ устройству желѣзобетонныхъ стоекъ (черт. 148<sup>'''</sup>). Вертикальныя проволоки помѣщаются вблизи угловъ стоекъ и связываются по высотѣ хомутами; эти послѣдніе препятствуютъ боковому вынучиванію стоекъ. Несравненно совершеннѣе въ этомъ отношеніи конструкція Considère, въ которой каркасъ цилиндрической стойки образуетъ винтообразную обмотку или еще лучше, когда каркасъ состоитъ изъ ряда продольныхъ проволокъ, расположенныхъ по периметру стойки и обмотанныхъ винтообразно проволокой, причемъ проволоки взаимно связаны въ мѣстахъ пересѣченія; къ тому же типу относится и конструкція системы Абрамова, въ которой обматывающая проволока замѣнена проволоочною раскосной рѣшеткой.

Типъ обмотки Considère и Абрамова цѣлесообразенъ для частей фермъ, подвергающихся сжатію или изгибу. Типъ обмотки Considère предложено примѣнять и для арочныхъ мостовъ, располагая по ширинѣ свода рядъ проволочныхъ цилиндрическихъ винтообразныхъ обмотокъ (лучше соединенныхъ съ продольными проволоками), и заходящихъ частью одна за другую.

Въ послѣднее время предложено примѣнять желѣзобетонную конструкцію не только къ балочнымъ или арочнымъ фермамъ сплошного сѣченія, но и сквозного сѣченія, какъ напр. конструкція системы Визинтини и проч. Примѣры подобныхъ сооружений будутъ описаны въ концѣ главы.

Арка желѣзобетонныхъ мостовъ съ вѣдою поверху устраивается или однообразной толщины во всю ширину моста (черт. 148<sup>'''</sup>), хотя и измѣняется по высотѣ и по длинѣ арки, или же арка въ поперечномъ сѣченіи имѣетъ мѣстами утолщенія (черт. 148<sup>'''</sup>), въ родѣ подпружныхъ арокъ. Въ подобныхъ мѣстахъ нижняя часть мостового полотна состоитъ обыкновенно

изъ желѣзобетонныхъ плитъ, опирающихся на рядъ желѣзобетонныхъ поперечныхъ и продольныхъ балокъ, поддерживаемыхъ желѣзобетонными стойками, опирающимися на сводъ (черт. 148" и черт. 148'''). Проволоки стоекъ соединяются съ проволоками поперечныхъ балокъ \*).

Надсводная стѣнка. Забутна. Поперечныя и продольныя галлерей въ пазухахъ свода. Смазка. Отводъ воды. Карнизъ. Устройство проѣзжей части. Перила.

Стѣнка, построенная на сводѣ въ плоскости его щекъ, называется *надсводной* стѣнкой. Эти стѣнки, поддерживая непосредственно карнизъ, перила, а иногда и тротуаръ, образуютъ боковое ограниченіе моста. Толщина этихъ стѣнокъ измѣняется отъ 0,35 до 0,80 саж. и увеличивается вмѣстѣ съ высотой стѣнки, т. е. по мѣрѣ приближенія къ опорамъ. Толщина ихъ должна быть достаточна для сопротивленія дѣйствию распора внутренняго (песчанаго) надсводнаго заполнения моста (черт. 115), или дѣйствию распора арокъ продольныхъ галлерей, устраниваемыхъ въ пазухахъ свода (черт. 116).

Пространство между двумя надсводными стѣнками заполняется кладкою, такъ называемою *забуткою*. Назначеніе забутки — противодѣйствовать измѣненію формы свода, раскрытію швовъ и содѣйствовать передать горизонтальнаго распора на опоры. Въ очень рѣдкихъ случаяхъ, и то при пологихъ аркахъ, забутка доводится до верху и ограничена горизонтальною плоскостью. Большею частью она возвышается на опорахъ на  $\frac{2}{3}$  высоты свода и ограничена двумя плоскостями, сходящимися въ вершинѣ свода, или какою либо кривою поверхностью (черт. 115). Забутка надъ сводомъ можетъ быть сдѣлана изъ мелкаго камня или бута, положеннаго рядами. Иногда забутку дѣлаютъ расходящимися рядами, по-

\*) На Московско-Казанской жел. дорогѣ—построены три трубы изъ бетона Монье (переплетъ изъ металлической проволоки, окруженный бетонной массой) отверстіемъ 0,50 с.—эллиптическаго сѣченія:  $0,50 \times 0,80$  с.; отверстіемъ 1,00 с. параболическаго сѣченія:  $1,00 \times 1,20$  и отверстіемъ 0,33 с. кольцевого сѣченія. На Витебскъ-Жлобинской линіи примѣнены въ широкихъ размѣрахъ желѣзобетонныя трубы эллиптическаго очертанія и отверстіемъ 0,60, 0,80 и 1, 25. Желѣзобетонъ примѣняется за границей въ широкихъ размѣрахъ для постройки мостовъ подъ обыкновенную дорогу пролетами около 10—15 с. Такъ напр. въ Венгріи имѣется мостъ пролетомъ 18 м., съ подъемомъ въ  $\frac{1}{9}$ , при толщинѣ свода въ ключѣ въ 20 сант. Въ Швейцаріи близъ Вильдега построенъ косой мостъ черезъ фабричный каналъ, пролетомъ 37 метр., съ подъемомъ въ  $\frac{1}{11}$ , при толщинѣ свода 17 сант. въ ключѣ и 25 сант. въ пятахъ. Въ Россіи также построено нѣсколько желѣзобетонныхъ арочныхъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу и подъ электрическій трамвай, какъ напр. въ Екатеринославской губ. (черезъ ручей Сомотканный  $l=21,34$  м.; въ селѣ Шевировскомъ  $l=25,6$  м.); во Владикавказѣ для электрическаго трамвая,  $l=24$  м. и т. д. Изъ числа построенныхъ въ Россіи балочныхъ желѣзобетонныхъ мостовъ слѣдуетъ указать на мостъ въ Павловскомъ посадѣ Московской губ.,  $l=30$  м. и въ Петербургской губ. около Краснаго Села при величинѣ пролета въ  $l=26,5$  м. и т. д.



стели которыхъ составляютъ продолженіе швовъ свода. Если опоры достаточно массивны, не высоки и подъемъ арки не великъ, то поверхъ забутки располагаютъ землю, песокъ гравій (черт. 115). При менше же массивныхъ опорахъ, для облегченія опоръ и свода, оставляютъ въ пазухахъ свода *поперечныя* (черт. 114) или *продольныя* галлерей (черт. 113 и 116). Стѣнки этихъ галлерей покрываются или лещадками, сводами, или металлическими балками, между которыми помѣщаются легкіе своды. Стѣнки продольныхъ галлерей играютъ роль забутки и представляютъ достаточное сопротивленіе измѣненію формы свода. Въ стѣнкахъ этихъ галлерей, равнымъ образомъ и въ надсводной стѣнкѣ оставляются сквозныя отверстія (черт. 117); если эти отверстія круглыя—они называются *бычачьими глазами*. При значительномъ подъемѣ арки оставляютъ цѣлый рядъ поперечныхъ галлерей (черт. 117'), такъ что получается рядъ тонкихъ бычковъ, опирающихся на арку.

На лицевой части свода клинья ограничиваются вверху уступами и непосредственно сопрягаются съ горизонтальными рядами надсводной стѣнки (черт. 100). Если же клинья ограничены вверху по кривой, то сопряженіе съ горизонтальными рядами дѣлается помощью особыхъ вставныхъ камней. При такой разрѣзкѣ сводъ можетъ свободно осѣдать.

Верхняя часть забутки и та часть арки, которая у ключа остается безъ забутки, покрывается *смазкой*, т. е. слоемъ непроницаемаго для воды матеріала, каковы: цементный растворъ, бетонъ обыкновенный или смолистый и асфальтъ; послѣдніе имѣютъ преимущество, вследствие ихъ эластичности. Смазка изъ бетоннаго слоя толщиной 0,05 с. покрывается сверху слоемъ цемента въ 0,01—0,015 с. Цементная и бетонная смазка имѣютъ тотъ недостатокъ, что при осадкѣ свода въ нихъ появляются трещины. Предпочтительнѣе смѣшанная смазка: изъ слоя цемента 0,015 с., покрытаго слоемъ асфальта въ 0,005 с., или смазка изъ смолистаго бетона. Асфальтъ можетъ слѣдовать за осадкою свода, не разрываясь. Асфальтовую смазку полезно класть въ два слоя, употребляя для нижняго слоя болѣе мягкій асфальтъ (отъ прибавленія гудрона), а для верхняго—болѣе твердый, примѣшивая гравій.

Цементную смазку поверхъ забутки слѣдуетъ поднять на надсводную стѣнку и довести до тротуарныхъ или карнизныхъ камней. Такъ какъ асфальтъ не пристаётъ къ каменной кладкѣ, то необходимо верхній асфальтовый слой продолжить до карниза (черт. 121), прикрывъ его въ этомъ мѣстѣ кладкой со скошенной гранью, а затѣмъ прикрыть такимъ же слоемъ и наклонную грань. Безъ этой предосторожности вода можетъ забраться между слоемъ асфальта и цемента.

Смолистый бетонъ готовится слѣдующимъ образомъ: въ нагрѣтую горную смолу, получаемую изъ смоляного сланца или песчаника,

или въ каменноугольную или древесную смолу прибавляют истертый въ порошок смолистый известнякъ, *асфальтъ*, въ количествѣ 7 част. асфальта на 1 ч. смолы. Послѣ тщательнаго перемѣшиванія прибавляют песокъ, около  $\frac{3}{5}$  объема, и затѣмъ 11 объемовъ такого раствора смѣшиваютъ съ 9 объемами щебня.

*Приспособленія для отвода воды* имѣють назначеніемъ отвести дождевую воду съ поверхности мостового полотна (моста подѣ обыкновенную дорогу) или отвести воду, просачивающуюся чрезъ проницаемое для воды мостовое полотно, балластный слой и проч.,—съ поверхности забутки.

Верховая вода отводится съ поверхности полотна помощью каменныхъ лотковъ, уложенныхъ около тротуара. Лотки имѣють уклоны въ обѣ стороны моста; собираемая ими вода спускается позади устоевъ, гдѣ для сего должна быть сдѣлана засыпка щебнемъ, камнемъ или же уложенъ рядъ дренажныхъ трубъ. Если мостъ длинный, то верховая вода отводится иногда помощью чугунныхъ или гончарныхъ трубъ на лицевую поверхность свода (черт. 118), что некрасиво, или же въ галлерей, оставленныя въ паузахъ свода (черт. 119); отсюда вода выводится трубами на внутреннюю поверхность свода около пяты, или же помощью вертикальныхъ трубъ съ наклоннымъ колѣномъ вода проводится чрезъ опоры съ выходомъ на лицевую боковую поверхность опоры.

Во всякомъ случаѣ въ мостахъ подѣ обыкновенную дорогу слѣдуетъ принять мѣры, чтобы большая часть дождевой воды стекала по поверхности моста, не просачиваясь внутрь. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, вслѣдствіе устройства полотна изъ проницаемаго матеріала, вся вода по необходимости просачивается чрезъ полотно.

Вода, просачивающаяся сквозь мостовое полотно и балластъ, можетъ быть также отведена позади устоевъ, напр. въ однопролетныхъ мостахъ, или въ многопролетныхъ, если только забуткѣ смежныхъ пролетовъ придать одинъ общій скатъ.

Обыкновенно же вода, стекая по забуткѣ, собирается въ пониженной ея части. Если не имѣется продольныхъ галлерей, то это пониженное мѣсто приходится надѣ осью опоры. Придавъ ребру пересѣченія скатъ по направленію къ серединѣ моста,—выводятъ воду трубами на внутреннюю поверхность свода (черт. 120) или на боковую поверхность опоры (черт. 115). Устья трубъ должны быть заложены выше горизонта высокихъ водъ.

Если существуетъ продольная галлерей, тогда наиболѣе пониженное ребро забутки, общей для главнаго свода и для промежуточныхъ сводиковъ, находится или надѣ ключемъ арки (черт. 117), или гдѣ нибудь въ промежуткѣ между ключемъ и пятою арки (черт. 122). Въ этихъ мѣстахъ помѣщаются спускныя трубки.

Во избѣжаніе засоренія спускной трубы, верхняя часть прикрывается прямоугольной чугушной доской (черт. 123) или колпакомъ съ отверстіями (черт. 121), и затѣмъ обкладывается камнемъ. Чугунныя трубы вмазываются иногда на слоѣ асфальта.

Для возможности осмотра галлерей устраиваютъ цилиндрическіе колодцы, прикрываемые чугушной крышкой. (Черт. 122).

Лицевая поверхность или щеки моста ограничиваютъ сверху *карнизомъ*. Верхняя поверхность карниза должна находиться въ одномъ горизонтѣ съ поверхностью проѣзжей части моста. Карнизы дѣлаются изъ крупнаго тесоваго камня (черт. 121).

Послѣ того, какъ смазка окрѣпнеть, приступаютъ къ устройству *проѣзжей части*. Для сего предварительно заполняютъ все пространство между надсводными стѣнками землю, пескомъ или гравіемъ. Надъ вершиною свода толщина этого слоя будетъ наименьшая, но она во всякомъ случаѣ не должна быть менѣе 1 фута, во избѣжаніе вреднаго вліянія сотрясенія на своды. Наибольше употребительная толщина этого слоя въ вершинѣ около 3—4 фута.

Въ мостахъ подъ *обыкновенную дорогу* поверхъ песка устраиваютъ каменную мостовую или щебеночную насыпь съ продольнымъ и поперечнымъ уклонами (около 0,004). Тротуары помѣщаются около сточныхъ лотковъ; поверхность ихъ должна быть возвышена противъ dna лотковъ, не превосходя однако высоты мостовой по оси моста. Тротуары устраиваютъ изъ широкихъ плитъ, положенныхъ на бутовомъ или на песчаномъ основаніи (черт. 118 и 119).

*Проезжая часть* мостовъ подъ *железную дорогу* состоитъ изъ слоя гравія или щебня, на который укладываются шпалы или лежни (черт. 120 и 121).

Надъ карнизомъ ставятся *перила*—изъ сплошныхъ камней, поставленныхъ на ребро (черт. 121), или же сквозныя перила изъ чугуна или желѣза (черт. 114).

Судоходные мосты. Аведуки. Віадуки. Носые мосты. Эмпирическія формулы для опредѣленія толщины свода въ ипючѣ.

Устройство *судоходныхъ* мостовъ отличается лишь тѣмъ, что по всей длинѣ моста устраивается каналъ съ горизонтальнымъ дномъ; боковыми стѣнками канала служатъ крайнія *надсводныя стѣнки* (черт. 124). Особенное вниманіе должно быть обращено на непроницаемость dna и стѣпокъ. Дно покрывается водонепроницаемой смазкой, продолженной во внутрь кладки надсводныхъ стѣнокъ (черт. 124).

*Аведуки*,—пазначаемые для проведенія водопровода чрезъ оврагъ,—отличаются отъ судоходныхъ мостовъ только меньшей шириною (черт. 23).

Особенность *виадуктовъ*, служащихъ для проведенія дороги чрезъ овраги и, слѣдовательно, замѣняющихъ собою высокія насыпи,—составляетъ значительная высота опоръ и связанная съ этимъ относительно незначительная величина отдѣльныхъ пролетовъ (черт. 116 и 117).

*Косые* каменные мосты—въ виду взаимнаго пересѣченія продольныхъ осей моста и дороги подъ острымъ угломъ—отличаются отъ прямыхъ мостовъ особенностью очертанія устоевъ, откосныхъ крыльевъ и главнымъ образомъ разрѣзкою свода.

Предѣльный уголъ наклоненія осей— $25^\circ$ , при подъемѣ въ  $\frac{1}{15}$ . Косые мосты устраиваются изъ тесовыхъ камней, изъ кирпичной кладки, изъ кирпичной съ облицовкой тесовыми камнями, или изъ бетона; въ послѣднемъ случаѣ очевидно никакой разрѣзки свода не требуется. Въ случаѣ короткихъ косыхъ мостовъ—косую разрѣзку свода примѣняютъ по всей длинѣ моста (черт. 125), а въ противномъ случаѣ—только въ концевыхъ частяхъ, устраивая среднюю часть, какъ обыкновенные прямые своды (черт. 126).

Если система разрѣзки такова, что постельные швы составляютъ съ линіею пять переменный уголъ (французская система),—то своды складываются преимущественно изъ тесовыхъ камней, такъ какъ всѣ клинья имѣютъ различную толщину (черт. 127). При другой же системѣ разрѣзки (англійской), гдѣ постельные швы составляютъ постоянный уголъ съ линіею пять, —своды, за исключеніемъ облицовочныхъ и пятовыхъ камней, могутъ быть сложены изъ кирпича или изъ мелкаго камня одинаковой толщины (черт. 128). На обомъ чертежахъ своды показаны въ разверзаніи.

Если косина моста не болѣе  $10^\circ$ , то по всей длинѣ сохраняется система кладки прямого свода, причемъ только облицовочные камни свода дѣлаются неодинаковой длины.

Въ виду затруднительности разрѣзки камней косога свода, послѣдній часто складывается изъ ряда прямыхъ сводчатыхъ поясовъ, постепенно выступающихъ одинъ передъ другимъ (черт. 129). Въмѣсто того, чтобы прямые своды располагать вплотную, между ними оставляютъ иногда промежутки (черт. 130), заполняемые или плоскимъ перекрытіемъ, или сводчатымъ, причемъ пятами этихъ легкихъ сводиковъ служатъ вышеупомянутые пояса прямыхъ сводовъ.

Наиболѣе употребительная формула для опредѣленія толщины свода въ ключѣ:

$$a = \sqrt{0,12 \cdot r}$$

для одиночнаго свода, и

$$a = \sqrt{0,17 \cdot r}$$

для ряда сводовъ,—причемъ  $r$ —радіусъ кривизны внутренней поверхности свода.

Кромѣ того можно примѣнить формулы, данныя для трубъ, отбросивъ множитель:

$$\left(1 + \frac{1}{24}H\right).$$

## IX.

### Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

Начертаніе различныхъ направляющихъ кривыхъ свода. Начертаніе кривой линіи для кружалъ.

Для поддержанія клиньевъ свода во время кладки употребляются деревянные или металлическія *кружала*. Для построенія кружалъ необходимо знать способы начертанія направляющей кривой свода. Покажемъ простѣйшіе способы начертанія: эллипса, параболы и коробовой кривой.

*Эллиптическая кривая.* Пусть даны пролетъ арки и подъемъ ея (черт. 131). Пролетъ арки принимаемъ за большую ось эллипса, а подъемъ— за малую полуось. Изъ вершины малой полуоси, какъ изъ центра, описываемъ дугу круга, радіусомъ равнымъ большой полуоси. Въ полученныхъ точкахъ пересѣченія съ большою осью:  $F$  и  $F'$ , называемыхъ фокусами, укрѣпляемъ концы шнура, длина котораго  $FnF' = FmF'$  равна большой оси  $aa'$ . Затѣмъ, держа постоянно шнуръ въ натянутомъ состояніи, описываемъ какимъ-либо остриемъ непрерывную кривую  $amb'a'$ . Такое начертаніе основывается на томъ, что сумма разстояній точекъ эллипса отъ фокусовъ—величина постоянная и равная большой оси.

Другой приемъ состоитъ въ томъ, что на большой и малой оси (черт. 132) описываютъ полуокружности. Проведя изъ центра  $O$  радіусы  $ON$ ,  $OM$  къ внѣшней полуокружности, опускаютъ изъ точекъ пересѣченія  $N$ ,  $M$  перпендикуляры  $NN'$ ,  $MM'$  на большую ось; затѣмъ изъ точекъ пересѣченія  $n$ ,  $s$  тѣхъ же радіусовъ съ внутренней окружностью проводятъ линіи, параллельныя большой оси; точки пересѣченія  $m$ ,  $p$  этихъ линій съ вышеупомянутыми перпендикулярами будутъ принадлежать эллипсу. Это построеніе основано на томъ свойствѣ эллипса, что отношеніе между ординатами эллипса и внѣшней полуокружности постоянно и равно отношенію полуосей  $\frac{Ob}{Oa}$ .

*Парабола.* Пусть  $aa'$  (черт. 133)—пролеть,  $Ob$ —подъемъ. Опредѣлимъ величину  $DF$  изъ уравненія:

$$Oa' = \sqrt{Ob \times 2DF}.$$

Откладываемъ величины:  $Db = bF = \frac{DF}{2}$  по обѣ стороны отъ точки  $b$ . Черезъ точку  $D$  проводимъ линію параллельную  $aa'$ ; вдоль этой линіи перемѣщаемъ прямоугольный треугольникъ при постоянномъ совмѣщеніи одного изъ катетовъ съ линіей  $NM$ , причеиъ къ концу другого катета долженъ быть прикрѣпленъ шнуръ, второй конецъ котораго закрѣпленъ въ фокусъ  $F$ . Длина шнура равна длинѣ катета  $np$ , который долженъ быть равенъ или лучше нѣсколько длиннѣе разстоянія  $aF = a'F$ . Натягивая шнуръ какимъ-либо пишущимъ остриемъ такъ, чтобы острие не отходило отъ катета  $np$ —мы получимъ непрерывное очертаніе параболы  $aba'$ .

Другое начертаніе по точкамъ состоитъ въ слѣдующемъ. Построивъ фокусъ  $F$  и линію  $NM$  (черт. 134) согласно предыдущему, проводимъ нѣсколько линій  $PQ, RS, \dots$  параллельныхъ линіи  $aa'$ . Изъ точки  $F$  какъ изъ центра, описываемъ дуги радиусовъ  $FQ = UD, FS = WD \dots$ ; точки, полученныя отъ пересѣченія этихъ дугъ съ линіями  $PQ, RS \dots$ , будутъ принадлежать параболѣ.

Оба построенія основаны на томъ, что точки параболы находятся на одинаковомъ разстояніи отъ фокуса и отъ направляющей прямой, причеиъ направляющая и фокусъ находятся на одинаковомъ разстояніи отъ вершины параболы, равномъ:

$$Db = \frac{Oa'^2}{4Ob}.$$

На черт. 134' показано еще болѣе простое построеніе. Проведя чрезъ вершину  $b$  линію параллельную  $aa'$ , дочерчиваемъ прямоугольники  $Oa'Mb$  и  $OaNb$ ; затѣмъ дѣлимъ стороны  $bM$  и  $Ma'$  на одинаковое число равныхъ частей и изъ вершины  $b$  проводимъ линіи  $ba', b1, b2 \dots$ , а изъ точекъ дѣленія: 1, 2, 3,  $\dots$  линіи  $bM$ —параллельныя оси  $Ob$  до соответственнаго пересѣченія съ вышеупомянутыми линіями.

*Коробовая кривая.* Эти кривыя употребляются или взаиѣнъ эллиптическихъ кривыхъ для пологихъ сводовъ, или взаиѣнъ параболическихъ кривыхъ для подъемистыхъ арокъ. Въ первомъ случаѣ кривизна арки уменьшается по мѣрѣ приближенія къ вершинѣ, во второмъ случаѣ—обратно.

Покажемъ предварительно начертаніе *пологой* коробовой кривой.

Пусть напр. требуется построить коробовую кривую о трехъ центрахъ при дугахъ, имѣющихъ равное число градусовъ.

Кривая о трехъ центрахъ можетъ быть очерчена по данному про-

лету  $2a$  и подъему  $b$  (черт. 135). Для этого на данномъ пролетѣ  $2a$  очертимъ полукругъ и раздѣлимъ его па три равныя части  $ed = de = ef$ . Покажемъ очертаніе половины кривой: точки  $e$ ,  $d$  и  $g$  соединимъ хордами, затѣмъ точку  $d$  соединимъ съ центромъ  $O$ . Черезъ точку  $h$  — вершину даннаго подъема — проведемъ  $hk$  параллельно  $gd$ . Черезъ точку  $k$  проведемъ линію параллельно  $od$  и получаемъ  $ko'$ , опредѣляющую два центра  $o'$  и  $o''$ .

Докажемъ, что точки  $o'$  и  $o''$  будутъ центрами соответствующихъ дугъ; для этого замѣтимъ, что  $od = oc$ , слѣдовательно  $\angle d = \angle c$ , но  $\angle d = \angle k$ , слѣдовательно  $\angle k = \angle c$  и  $o'k = o'e$ , поэтому точка  $o'$  будетъ центромъ дуги, проходящей черезъ точки  $e$  и  $k$  и описанной радіусомъ  $o'e$ ; далѣе  $og = od$ , слѣдовательно  $\angle gdo = \angle ogd$ , но  $\angle ogd = \angle o''hk$  и  $\angle odg = \angle hko''$ , слѣдовательно  $\angle o''hk = \angle hko''$  и  $o''h = o''k$ .

Итакъ дуга, описанная радіусомъ  $o''k$  изъ центра  $o''$ , пройдетъ черезъ точки  $k$  и  $h$ ; остается доказать, что дуга  $ck$  соответствуетъ углу въ  $60^\circ$ , и что дуга  $hk = 30^\circ$ . Известно, что  $\angle ko'e = \angle doc$ , по  $\angle doc = 60^\circ$ , слѣдовательно  $\angle ko'e = 60^\circ$ ; затѣмъ  $\angle ho''k = \angle god$ , по  $\angle god = 30^\circ$ , слѣдовательно  $\angle ho''k = 30^\circ$ .

Такимъ же точно образомъ можно начертить и другую половину кривой.

Для очертанія коробовой кривой о многихъ центрахъ вычисляють положеніе каждаго изъ центровъ, независимо отъ другихъ, по координатамъ. Лучшій изъ этихъ способовъ предложенъ *Перонне*, усовершенствованный *Бремономъ*. Опишемъ этотъ способъ очертанія коробовой кривой обь одиннадцати центрахъ, употребленный Перонне при проектированіи Нелійскаго моста (черт. 136). Данныя при этомъ: подъемъ свода  $b$  и пролетъ  $2a$ . На данномъ отверстіи откладываемъ отъ точки  $O$  произвольную длину  $L$ ; на линіи же подъема откладываемъ внизъ величину  $h$ ; ее берутъ приблизительно такъ, чтобы  $\frac{h}{3} = L$ ;  $h$  раздѣляемъ на  $\frac{11-1}{2} = 5$  частей (въ разсматриваемомъ случаѣ), а  $OE$  раздѣляемъ также на пять частей, но пропорціональныхъ числамъ: 1, 2, 3, 4 и 5 и откладываемъ отъ точки  $E$  влѣво первую часть, далѣе будутъ вторая и третья части (вообще, если центровъ  $n$ , то дѣлятъ  $h$  и  $L$  на  $\frac{n-1}{2}$  частей). Затѣмъ соединяемъ точку  $c$  съ точкою  $m$ , точку  $d$  съ точкою  $n$  и т. д. Точки пересѣченія частей, т. е. точки  $E$ , 2, 3, 4, 5 и 6 будутъ центрами кривой (одной половины ея). Изъ  $E$  радіусомъ  $ED$  \*) опишемъ дугу до пересѣченія съ линіей  $dp$ ; изъ точки 2 радіусомъ  $(p-2)$  опишемъ дугу до пересѣченія съ линіей  $qf$  и т. д. описываемъ дуги  $qr$ ,  $rs$ ,

\*) На черт. 136 ошибочно показано начертаніе кривой  $Dp$ ; касательная въ точкѣ  $D$  должна быть вертикальной.

$st$  и  $tB'$ . Кривая  $tB'$  может пройти через точку  $B$  и может не пройти через нее; если она не пройдет, то следовательно разстоянія  $L$  и  $h$  выбраны невѣрно и потому надо их замѣнить другими. Означим новыя величины  $(L, h)$  через  $x$  и  $y$ . Между  $x$  и  $y$  должно быть то же отношеніе, что и между  $L$  и  $h$ , т. е.

$$\frac{L}{h} = \frac{x}{y}; \quad \frac{xh}{L} = y \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Это уравненіе съ двумя неизвѣстными. Для рѣшенія его надо еще уравненіе. Назовемъ периметръ многоугольника  $E 2 3 4 5 6$  черезъ  $P$ , периметръ же многоугольника, построеннаго на  $x$  и  $y$ —черезъ  $z$ ; тогда между периметрами многоугольниковъ должно существовать отношеніе, равное отношенію сходственныхъ сторонъ, т. е.

$$\frac{z}{P} = \frac{x}{L}, \quad \text{откуда } z = \frac{xP}{L} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Но и этихъ двухъ уравненій недостаточно, ибо прибавилось третье неизвѣстное  $z$ . Составимъ третье уравненіе. Периметръ  $z + uD = b + y$ . (При  $x$  и  $y$ , опредѣленныхъ правильно, кривая пройдетъ черезъ точку  $B$ );  $uD = a - x$ , следовательно:

$$z + a - x = y + b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Подставляя въ это уравненіе величины, найденныя для  $y$  и  $z$ , получимъ:

$$\frac{Px}{L} + a - x = \frac{hx}{L} + b, \quad \text{или} \quad \frac{hx}{L} + x - \frac{Px}{L} = a - b.$$

Въ этихъ уравненіяхъ величины  $a, b, L$  и  $h$  извѣстны.  $P$  опредѣляется измѣреніемъ, поэтому  $x$  можно опредѣлить:

$$hx + Lx - Px = (a - b) L; \quad x = \frac{(a - b) L}{h + L - P};$$

$y$  найдется, если подставить величину  $x$  въ уравненіе:

$$y = \frac{hx}{L} = \frac{(a - b) h}{h + L - P}.$$

При этихъ величинахъ для  $x$  и  $y$  кривая должна пройти черезъ точку  $B$ . Если она пройдетъ на весьма близкомъ разстояніи, то этою невѣрностью пренебрегаютъ, такъ какъ небольшое измѣненіе подъема не представляетъ большого значенія.

Для начертанія *подземистой* коробовой кривой при данномъ отверстіи ( $aa'$ ) (черт. 137) и подъемъ  $Ob$ —опредѣляютъ точку  $O'$  такъ, чтобы:

$$\sqrt{a\bar{O}^2 + OO'^2} + Ob = OO' = aa'.$$



Загѣмъ изъ точекъ  $a$  и  $a'$  описываютъ, какъ изъ центра, дуги  $a'c'$  и  $ac$  до встрѣчи съ радіусами, проведенными изъ  $a$  и  $a'$  чрезъ точку  $O'$ ; послѣ чего изъ точки  $O'$ , какъ изъ центра, описываютъ дугу радіусомъ  $O'c'$  — приче́мъ кривая очевидно пройдетъ чрезъ точку  $b$ .

Дѣйствительно:

$$O'c' = ac' - aO' = aa' - \sqrt{aO^2 + OO'^2}.$$

Но послѣдняя часть этого выраженія есть очевидно:  $Ob - OO' = O'b$ .

Слѣдовательно:

$$O'c' = O'b.$$

*Начертаніе кривой линіи кружалъ.* Для составленія кружальнаго ребра необходимо сначала начертить въ настоящую величину форму направляющей кривой внутренней поверхности свода. Кривая эта вычерчивается на горизонтальномъ досчатомъ полу въ сараѣ или подъ навѣсомъ.

Прямые линіи означаются помощью причалка; для начертанія же кривыхъ употребляется однопожрый циркуль.

При начертаніи кривой должно имѣть въ виду, что по снятіи кружалъ сводъ осядетъ, вслѣдствіе сжатія раствора въ швахъ. По этой причинѣ должно дать кривой нѣсколько большій подъемъ, чтобы впослѣдствіи сводъ принялъ назначенную ему по проекту форму. Безъ этой предосторожности сводъ не только измѣнитъ свою форму, но можетъ выпучиться внизъ.

Величина осадки свода зависитъ отъ отверстія свода, подъема, вѣса камней и толщины швовъ и можетъ быть опредѣлена только приблизительно изъ наблюденій осадки, какую приняли существующіе уже своды.

Изъ сравненія подобныхъ данныхъ Беккеръ предложилъ слѣдующую приблизительную формулу:

$$\delta = k(l - h),$$

гдѣ  $\delta$  — осадка свода,  $l$  — отверстие,  $h$  — подъемъ свода и  $k$  — коэффициентъ, зависящій отъ рода кружалъ и тщательности кладки. При кружалахъ упругихъ, т. е. представляющихъ ферму, опирающуюся на двѣ точки опоры, и при тщательной кладкѣ  $k = 0,02$ . При постоянныхъ кружалахъ, т. е. подпертыхъ по всему протяженію или въ нѣсколькихъ точкахъ, весьма близко расположенныхъ одна отъ другой, и также при тщательной кладкѣ  $k = 0,01$ . Вообще при назначеніи запаса для осадки лучше назначать излишнюю, чѣмъ недостаточную величину, потому что въ послѣднемъ случаѣ можетъ произойти изгибъ свода.

Назначивъ такимъ образомъ величину подъема, нужно распредѣлить запасъ на остальные части кривой сообразно съ уменьшеніемъ осадки.

При этомъ можно принять за правило, что осадка уменьшается пропорціонально по мѣрѣ приближенія къ пятамъ свода, гдѣ она равна нулю.

Поэтому, если полуотверстие  $AC$  (черт. 138) разделим на четыре части и через точки деления проведем вертикальные линии, то на первой из них нужно отложить выше направляющей кривой  $\frac{1}{4} \delta$ , на второй  $\frac{1}{2} \delta$  и т. д. Полученные таким образом точки соединяют плавной кривой, которая и будет искомою. Затем кривую эту разделиают на нечетное число частей, сообразно с толщиной имеющих камней и наконец составляют шаблоны для обтески камней.

**Устройство кружалъ. Кружальные ребра. Опалубка. Кружала с постоянною частью. Упругія кружала. Общія заключенія относительно устройства кружалъ.**

Кружала должны выносить на себя весь груз свода впрямь до положенія на мѣсто замковаго камня; при этомъ они должны быть настолько жестки, чтобы препятствовать возможности измѣненія формы кривой свода.

Кружала состоятъ изъ трехъ главныхъ частей:

а) изъ *кружальныхъ реберъ*, располагаемыхъ на взаимномъ разстоянїи отъ 0,50 саж. до 1,00 саж.;

б) изъ *опалубки*, т. е. изъ досокъ или брусевъ, расположенныхъ нормально къ кружальнымъ ребрамъ, причемъ наружная поверхность опалубки точно совпадаетъ съ внутренней поверхностью свода, и

в) изъ особаго рода приспособленія (клинья, винты и проч.), позволяющаго приподнять или осадить кружала.

Для кирпичныхъ сводовъ незначительныхъ пролетовъ *кружальные ребра* сколачиваются изъ одного или изъ двухъ рядовъ  $2\frac{1}{2}$  дюйм. досокъ; для сводовъ изъ тесоваго камня, ввиду значительнаго груза, кружальные ребра составляются изъ брусевъ (косяковъ), расположенныхъ по известной системѣ и образующихъ кружальную ферму.

Какъ досчатые, такъ и брусчатые косяки обтесываются съ наружной стороны — по кривой; стыки косяковъ перекрываются и подпираются раскосами, стойками, подвѣсками, ригелями и проч., назначеніе которыхъ передать грузъ отъ свода на опредѣленные опорныя точки кружальной фермы. Смежныя кружальные ребра соединяются схватками и діагональными связями.

При кирпичныхъ сводахъ или при сводахъ изъ мелкаго камня — *опалубка* состоитъ обыкновенно изъ  $1\frac{1}{2}$  —  $2\frac{1}{2}$  дюйм. досокъ съ промежутками около  $\frac{1}{2}$  — 1 дюйм., а иногда и безъ промежутковъ. Доски вплотную прибиваются къ ребрамъ и гладко остругиваются. При устройствѣ же свода изъ тесовыхъ камней, — опалубка состоитъ изъ брусковъ, располагаемыхъ по одному и по два подъ клинь. Иногда и въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ досчатой опалубкѣ, особенно когда имѣютъ ввиду *замкаты* швы цементомъ.

Всѣ до сихъ поръ извѣстныя системы кружалныхъ фермъ могутъ быть приведены къ двумъ классамъ: I — къ *кружаламъ съ постоянною частью*, имѣющимъ болѣе чѣмъ двѣ опорныя точки, и II — къ *утругамъ кружаламъ* — съ двумя опорными точками.

Приведемъ описаніе нѣсколькихъ типовъ того и другого класса.

*Кружала съ постоянною частью.* На черт. 139 показаны кружала системы Смитона. Они состоятъ изъ нижней — постоянной (а) и верхней — подвижной (b) рамы или платформы. Нижняя платформа поддерживается рядомъ стоекъ или свай, приходящихся подъ соответственными нормальными подпорками  $f$ , расположенными другъ отъ друга въ разстояніи 4—7 футъ. Подпорки помѣщаются подъ каждымъ стыкомъ кружалнаго ребра; если разстоянія между подпорками велики, то для уменьшенія напряженія кружалнаго ребра помѣщаютъ подкосы (черт. 140). Детали врубокъ въ верхней и нижней точкѣ показаны на черт. 141. Для точной установки подвижной фермы по высотѣ, а также для раскружаливанія свода впоследствии — между постоянной подвижной платформой помѣщаются двойные или лучше тройные клинья (черт. 142).

Въ примѣрѣ, приведенномъ на черт. 141, подпорныя сваи перекрыты поперечными насадками; на послѣднія нарублены лежни нижней постоянной платформы; затѣмъ помѣщены клинья — а на нихъ лежни верхней подвижной части.

На черт. 142 подпорныя сваи соединены между собою поперечными насадками; на нихъ положены тройные клинья, затѣмъ поперечные брусья, и поверхъ нихъ — лежень верхней подвижной части. Нижніе концы подпорокъ врублены въ лежень, а въ верхнихъ сдѣланы съ двухъ сторонъ вырубкы такъ, что оставленъ только одинъ шпиль, около котораго располагается двойной рядъ досчатыхъ реберъ. Подпорки приведены въ неизмѣняемую систему наклонными схватками.

Нижняя постоянная часть можетъ представлять и подкосную ферму, какъ это показано на черт. 143.

На верхнемъ прогонѣ подкосной фермы помѣщены клинья, а на нихъ — нижній лежень верхней части; подпорки врублены не прямо въ лежень, а въ поперечные брусья. Подобнымъ образомъ и верхняя часть подпорокъ перекрыта особой насадкой, на которую опираются кружалныя ребра. Это сдѣлано для того, чтобы размѣщать кружалныя ребра чаще, чѣмъ подкосныя фермы. Для уменьшенія прогиба поперечной насадки подпорокъ, насадка подпирается по серединѣ двумя подкосами, передающими давленіе на подкосныя фермы.

*Утруга кружала съ двумя опорными точками* раздѣляются въ свою очередь на двѣ группы: а) на подкосныя кружалныя фермы и б) на балочныя фермы со сквозной стѣнкой. Наиболѣе простой типъ показанъ

на черт. 144. На черт. 145 показаны кружала, употребленные при устройствѣ Индрскаго путепровода: на обрѣзахъ быковъ расположено рядъ клиньевъ, въ которые упираются кружальные ребра. Кружальное ребро составляютъ два главныхъ подкоса, нижними концами опирающіеся въ клинья, а верхними—въ подвѣску, врубленную нижнимъ концомъ въ горизонтальную схватку. Надъ каждымъ подкосомъ помѣщена нормальная подпорка и подкосы, поддерживающіе косяки кружала. Поперечныя схватки служатъ для приведенія всѣхъ фермъ въ одну общую связь.

Болѣе сложный типъ подкосныхъ фермъ показанъ на черт. 146. Этотъ типъ представляетъ соединеніе подкоснаго съ подвѣснымъ. Косяки кружалъ состоятъ изъ брусевъ, соединенныхъ въ стыкахъ желѣзными накладками. Подпорками служатъ двѣ полусхватки, обхватывающія нижнимъ концомъ горизонтальный прогонъ. Для уменьшенія прогиба этого прогона, надъ нѣкоторыми стыками кружальныхъ реберъ помѣщены ригели и подкосы.

На черт. 147 показанъ схематически типъ рѣшетчатыхъ упругихъ кружалъ, употребленныхъ при постройкѣ Лондонскаго моста. Они состоятъ изъ ряда косяковъ, образующихъ верхній поясъ, изъ горизонтальнаго пояса и затѣмъ изъ стяжекъ и раскосовъ. Двѣ свайныя опоры поддерживаютъ кружала. Между фермою и опорами помѣщались зубчатые клинья, служившіе какъ для точной установки фермы, такъ и для раскружаливанія.

Примѣнительно ко всѣмъ упомянутымъ системамъ можно привести еще слѣдующія замѣчанія.

Въ виду временнаго характера кружалъ—брусья обтесываются болѣею частью только на два капта.

При одинаковыхъ поперечныхъ размѣрахъ косяковъ длины ихъ должны уменьшаться по мѣрѣ приближенія къ вершинѣ, или же при одинаковой длинѣ—поперечныя сѣченія соответственно увеличиваются.

Стыки косяковъ должны быть тщательно пригнаны, такъ чтобы было полное соприкасаніе торцевъ косяковъ. Слѣдуетъ уменьшать число стыковъ, причемъ между торцами полезно помѣщать металлическія прокладки, препятствующія возможности неравнобѣрнаго сминанія волоконъ, что имѣетъ особенное значеніе, если кружала разбираются по нѣскольку разъ.

Соединеніе косяковъ въ притыкъ, безъ взаимной врубki—наиболѣе цѣлесообразное соединеніе, но при этомъ необходимо деревянными или металлическими накладками перекрыть стыки, чтобы препятствовать боковому выпиранію концовъ косяковъ.

Равнымъ образомъ предпочтительнѣе, чтобы подпорка упиралась въ стыкъ косяка по всей толщинѣ его; въ виду сего слѣдуетъ избѣгать

врубке подпорокъ въ косякъ въ полдерева, или же необходимо примѣнять въ этомъ случаѣ двойныя подпорки (черт. 146). Если подпорка непосредственно упирается въ косякъ, то полезно нарубить на подпоркѣ шипъ или соединить ее съ косякомъ металлическимъ башмакомъ.

Опорами упругихъ кружалъ могутъ служить или обрѣзы фундамента, (при невысокихъ опорахъ), или специально оставляемые для сего выступы въ каменной кладкѣ опоръ, которые по окончаніи работъ окальваются. Иногда временно задѣлываютъ для сего въ кладку рельсы, представляющіе хорошую опору.

Лицевая поверхность свода выступаетъ обыкновенно надъ первымъ кружальнымъ ребромъ примѣрно на 0,25 с., а надъ краемъ опалубки не менѣе какъ на 0,025 с., — что необходимо для возможности проверки правильности кладки помощью причалка. Первое кружальное ребро не слѣдуетъ близко ставить къ лицевой поверхности свода еще и потому, что въ такомъ случаѣ оно будетъ подвергнуто меньшей нагрузкѣ, чѣмъ остальные ребра, и можетъ прозойти перекашивание.

При кладкѣ косыхъ сводовъ кружала располагаются или нормально къ оси моста, или параллельно къ лицевой поверхности свода; въ первомъ случаѣ — устройство кружалъ проще, такъ какъ они будутъ очерчены по дугѣ круга; во второмъ случаѣ необходимо эллиптическое очертаніе. Но съ другой стороны въ первомъ случаѣ — давленіе, испытываемое кружальнымъ ребромъ — несимметрично, что можетъ вызвать искривленіе свода. Въ виду сего, при малыхъ пролетахъ примѣняютъ первый типъ, а при большихъ пролетахъ — второй типъ кружалъ.

Вообще при устройствѣ кружалъ слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на неизмѣняемость фермы и на достаточную жесткость.

**Установка кружалъ. Перемѣщеніе матеріала. Кладка каменнаго свода. Разрѣзна; приготовленіе клинъевъ. Кладка кирпичнаго свода, бетоннаго и желѣзобетоннаго. Основные техническія требованія при устройствѣ желѣзобетонныхъ сооружений**  
**Раскружаливаніе. Примѣры сводовъ: наменнаго, бетоннаго и желѣзобетоннаго.**

Когда нѣсколько смежныхъ опоръ выведены подъ пяты свода, приступаютъ къ установкѣ кружалъ. Въ рѣдкихъ случаяхъ ведутъ кладку сводовъ одновременно во всѣхъ пролетахъ. Большею частью кладка происходитъ варазъ не болѣе, какъ въ 3—4 смежныхъ пролетахъ. Но при этомъ однако стараются вести работы такъ, чтобъ успѣхъ кладки былъ неодинаковъ во всѣхъ 3—4 пролетахъ, т. е. напр., когда въ первомъ пролетѣ сводъ замыкается — въ четвертомъ только начинаютъ класть пятовые камни и т. д. Послѣ того кружала перваго пролета, по выдержаніи свода нѣкоторое время на нихъ, переносятся въ пятый пролетъ и

т. д. При такомъ плафѣ работъ можно, пожалуй, обойтись и безъ устройства нѣкоторыхъ промежуточныхъ опоръ болѣе толстыми.

Нерѣдко, ради экономіи, кружала устанавливаются не во всю ширину свода, а на протяженіи одной лишь половины, и затѣмъ передвигаются подъ вторую половину. Такой приемъ часто примѣняется при устройствѣ мостовъ подъ желѣзную дорогу, когда требуется сократить время сооруженія съ тѣмъ, чтобы оконченной половиной (по ширинѣ) моста воспользоваться для укладки временнаго пути.

Установка кружалъ производится или помощью передвижныхъ крановъ, перемѣщаемыхъ по рельсовому пути (чер. 148), или же посредствомъ козелъ (чер. 149). Послѣдніе состоятъ изъ двухъ паклонно поставленныхъ брусевъ, ногъ (а), взаимно упирающихся; ноги стянуты по высотѣ нѣсколькими поперечными схватками (b); въ вершинѣ козелъ прикрѣпленъ блокъ съ перекинутой чрезъ него веревкой, одинъ конецъ которой прикрѣпленъ къ валу ворота, а къ другому—привѣшивается поднимаемый грузъ. Кромѣ того имѣются еще два каната *f*, прикрѣпленные къ вершинѣ козелъ и привязанные другимъ концомъ къ забитымъ въ грунтъ свайкамъ. Этими канатами можно придать козламъ любое наклоненіе относительно вертикали. Третій канатъ *g*—тоже соединяетъ вершину козелъ съ третьей свайкой. Длина этого каната такъ рассчитана, что при натягиваніи канатовъ *f*—козла не становятся еще въ вертикальное положеніе, чтобъ предотвратить возможное опрокидываніе ихъ.

Къ одной изъ ногъ козелъ прикрѣплены перекладыны, по которымъ влѣзаютъ наверхъ. Ноги козелъ стянуты вверху болтомъ, а внизу раздвинуты, причемъ разстояніе между ними составляетъ около  $\frac{3}{7}$  отъ высоты. Козла устанавливаются настолько близко къ предполагаемой лицевой поверхности свода, чтобы, при вертикальномъ положеніи ихъ, оставалось еще достаточно мѣста между козлами и поверхностью свода для возможности подъема наиболѣе крупныхъ по размѣрамъ матеріаловъ. Поднявъ козлами на извѣстную высоту какой либо грузъ или кружальное ребро, закрѣпляютъ канатъ ворота, затѣмъ свиваютъ канаты *f* настолько, чтобы камень или кружало, при опусканіи козелъ, встали на свое мѣсто. Если сводъ достаточно широкъ, то козлы должны быть довольно высокими.

Подобными же козлами можно снимать кружальныя ребра. Для этого козлы отодвигаются на такое разстояніе, чтобы вершина ихъ могла быть прислонена къ высней точкѣ кружальнаго ребра. Наклонивъ нѣсколько это послѣднее, привязываютъ конецъ каната ворота къ кружальному ребру; навивая канатъ ворота, поднимаютъ кружальное ребро немного вверхъ, поворачиваютъ кружала такъ, чтобъ они встали наклонно къ продольной оси свода и затѣмъ опускаютъ ихъ внизъ. Можно также кружальныя ребра снимать и опускать внизъ мостовыми кранами, но для

этого необходимо предварительно всё кружальныя ребра выдвинуть за лицевую поверхность свода и затѣмъ кранами спустить внизъ.

Козлами или мостовыми кранами можно поднимать вверхъ отдѣльныя составныя части кружальныхъ фермъ и собирать ихъ на мѣстѣ.

До пачала кладки свода кружала, въ теченіе нѣсколькихъ дней, полезно подвергнуть дѣйствию нагрузки, равной той, которую они будутъ испытывать въ дѣйствительности. Этимъ уничтожается вредная для кладки свода неизбѣжная осадка кружалъ, вслѣдствіе не вполнѣ плотной пригонки частей. Равнымъ образомъ во время кладки свода необходимо вершину кружалъ постоянно держать подъ нагрузкой, чтобы противодѣйствовать измѣненію формы ихъ отъ давленія клиньевъ свода на боковыя части кружалъ.

*Перемѣщеніе матеріала.* Подноска, перемѣненіе, подъемъ матеріала и укладка его на мѣсто производятся при помощи тѣхъ же приспособленій, которыя были упомянуты въ статьѣ о каменныхъ опорахъ. Если мостъ не высокъ, то устраиваютъ по обѣ стороны моста одноколейный рельсовый путь, по которому перемѣщается мостовой кранъ (черт. 148). При значительной же высотѣ моста, рельсовый путь для перемѣщенія мостового крана поддерживается прогонами, стойками и раскосами, опирающимися на кружальныя ребра (черт. 150). Подобная система имѣеть, однако, и свои неудобства, затрудняя кладку свода. Въ этомъ случаѣ предпочтительнѣе устраивать подъ рельсовый путь для мостового крана деревянныя временныя мостовыя фермы, опирающіяся на смежныя каменныя опоры моста (чер. 41 и 151). Въ примѣрѣ, указанномъ на черт. 41, эти же фермы служили и для возведенія опоръ, причѣмъ ферма постоянно поднималась помощью домкратовъ. На черт. 151 изображено вмѣстѣ съ тѣмъ приспособленіе для установки и для съемки кружалъ, при пользованіи тѣми же самыми фермами. А именно, на нижшій поясъ фермы помѣщены были длинныя поперечины, къ которымъ на штангахъ подвѣшенъ помостъ для рабочихъ. Составныя части кружалъ спускались лебедкой съ мостового крана и устанавливались на мѣсто стоявшими на помостѣ рабочими. Ферма временно поддерживалась еще подкосами, которые были врублены послѣ того, какъ кладкою свода подошли къ ключу арки.

Клинья съ площадью основанія около 3—5 кв. футъ укладываются еще руками; при большихъ же размѣрахъ—укладка производится помощью мостовыхъ или поворотныхъ крановъ, лебедокъ и проч.

*Кладка каменнаго свода.* По установкѣ кружалъ и по покрытіи ихъ опалубкой приступаютъ къ кладкѣ свода. Что касается качества матеріала, обработки его и толщины швовъ,—слѣдуетъ повторить то же, что было сказано относительно облицовки опоръ изъ тесовыхъ и грубо околотыхъ камней и изъ кирпичей.

Въ частности должно еще прибавить слѣдующее:

Каменные своды складываются изъ клинѣвъ, которые могутъ быть изъ штучныхъ камней или изъ околотаго постелистаго бутоваго камня. Штучные камни приготовляются изъ камней достаточно большихъ размѣровъ, позволяющихъ приготовить цѣльный клинъ во всю толщину свода. Всѣ грани такихъ камней обтесаны по наугольнику или по лекалу; поверхность штучныхъ камней съ лица—чистой или получистой тески; а на боковыхъ граняхъ—получистой тески; толщина шва около  $\frac{1}{4}$  дюйма. Затѣмъ своды могутъ быть сложены изъ тщательно околотаго постелистаго бутоваго камня, укладываемаго на мѣсто руками безъ особыхъ приспособленій; толщина швовъ около  $\frac{1}{2}$  дюйма. Въ подобныхъ сводахъ необходимо въ пятахъ и въ ключѣ, а иногда и въ нѣсколькихъ продольныхъ сѣченіяхъ, ставить тесовые клинья во всю толщину свода.

Кладка сводовъ ведется одновременно отъ обѣихъ пята къ вершинѣ свода. Если забутка располагается не горизонтальными рядами, а нормально къ направляющей кривой, тогда одновременно со сводомъ устраиваютъ и забутку.

При кладкѣ свода изъ штучныхъ камней на кружалахъ заранѣе отмѣчается положеніе каждаго клина. Направленіе радіальныхъ швовъ повѣряется шнуромъ, прикрѣпленнымъ однимъ концомъ къ центру или же помощью квадранта съ отвѣсомъ, деревянными или цинковыми шаблонами, лекалами, установленными на опалубкѣ. Чтобы дать клину въ точности то положеніе, которое требуется по эюрь, примѣняли иногда такой приемъ: прежде чѣмъ поставить слѣдующій камень, клали на предыдущій два или нѣсколько тонкихъ деревянныхъ клинѣвъ (шириною около 2 дюймовъ), помощью которыхъ можно было дать камню любое положеніе. Затѣмъ заполняли шовъ растворомъ, пользуясь особой продолговатой лопаточкой съ зубцами (рис. 140). Очевидно, что при такихъ условіяхъ растворъ едва ли можетъ заполнить все пространство между камнями; кромѣ того растворъ, не подвергаясь давленію, при высыханіи уменьшается въ объемѣ; клинья со временемъ сгниваютъ, что служитъ также причиной движенія въ сводѣ. Въ виду этого въ настоящее время вышеупомянутыя прокладки вынимаются вскорѣ по заполненіи шва растворомъ и въ образовавшееся пустое мѣсто осторожно вливаютъ жидкій растворъ. Для заполнения шва растворомъ не прибѣгаютъ къ продолговатой кельмѣ съ зубцами, а законопачиваютъ швы съ боковъ и снизу паклей и вливаютъ сверху жидкій растворъ изъ 1 ч. цементу и  $1\frac{1}{2}$  или 2 ч. песку; растворъ однако не долженъ быть чрезмѣрно жидкимъ. Большею же частью камни прямо кладутся на заранѣе положенный слой раствора, нѣсколько большей толщины, чѣмъ предполагаемый шовъ; затѣмъ ударяютъ по камню деревянными тяжелыми ручными бабами, пока онъ



не приметъ требуемаго положенія. Еслибы камень опустился болѣе, тѣмъ это пужно, слѣдуетъ поднять его и положить нижній слой раствора. При такихъ условіяхъ толщину шва однако рѣдко удастся сдѣлать менѣе  $\frac{1}{2}$  дюйма. Швы клинцевъ вблизи замка почти вертикальны; поэтому нельзя положить слой раствора по всей боковой поверхности клина; ограничиваются только нижней частью, а затѣмъ верхнюю часть шва заполняютъ растворомъ при помощи продолговатой кельмы или вливаютъ жидкій растворъ. Укладка замковаго клина требуетъ особой предосторожности. Къ окончательной обдѣлкѣ этого камня слѣдуетъ приступить послѣ того, какъ всѣ предыдущіе клинья уложены, для того, чтобъ можно было совершенно точно опредѣлить на мѣстѣ необходимую толщину этого камня. При сооруженіи каменныхъ сводовъ Троицкаго моста въ Петербургѣ, всѣ клинья были предварительно расположены во всю длину и ширину моста и затѣмъ швы замкты жидкимъ цементнымъ растворомъ.

Клинья лицевой поверхности свода—обыкновенно цѣльные во всю толщину свода. Въ промежуточной же части свода, послѣдній состоитъ изъ нѣсколькихъ рядовъ камней. Поставивъ на мѣсто замковый камень нижняго ряда, начинаютъ класть второй рядъ и т. д. При такихъ условіяхъ кружала значительно облегчаются, и для средней части моста они могутъ быть сдѣланы болѣе легкими. Необходимо, однако, чтобы между отдѣльными рядами была перевязка, иначе при осадкѣ свода нижніе ряды могутъ отдѣлиться отъ слѣдующихъ и вызвать обрушеніе свода. Нѣкоторые инженеры, впрочемъ, противъ этого способа кладки.

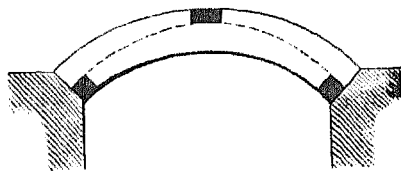


Рис. 140.

О примѣненіи и значеніи свинцовыхъ прокладокъ упомянуто въ предыдущей статьѣ.

Для закрѣпленія, такъ сказать, кривой давленія въ средней трети свода, вмѣсто свинцовыхъ прокладокъ, употребляютъ еще слѣдующій приѣмъ: оставляютъ швы незаполненными растворомъ—въ ключѣ съ внешней стороны на глубину  $\frac{1}{2}$  толщины свода, а въ пятахъ—съ внутренней стороны (рис. 140). Затѣмъ, по освобожденіи кружалъ, швы заполняются растворомъ.

*Разрѣзка* камней въ прямыхъ цилиндрическихъ сводахъ дѣлается по двумъ системамъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей, нормальныхъ къ внутренней поверхности свода. Одна изъ системъ плоскостей, радіальныхъ, совмѣщаетъ въ себѣ производящія цилиндра и соотвѣтственную ось внутренней поверхности свода (какъ напр. въ коробовыхъ сводахъ). Вторая же система плоскостей—параллельна лицевой поверхности свода. Радіальные швы свода, во избѣжаніе неравномѣрной осадки, проходятъ

непрерывно во всю длину свода; поперечные же швы идут—въ перевязку (черт. *а*).

Разрѣзка свода обыкновенно изображается въ горизонтальной и вертикальной проекціяхъ (черт. *а*), причемъ на горизонтальной проекціи показывается проекція швовъ на внутренней поверхности свода, что даетъ возможность опредѣлить только длину клиньевъ, а на вертикальной проекціи—поперечное очертаніе клиньевъ. Имѣя подобный чертежъ, полезно изобразить предварительно всѣ клинья въ изометрической проекціи, затѣмъ вычертить для каждаго клина объемлющій наименьшій параллелопипедъ, который и опредѣляетъ наименьшіе размѣры камня, изъ котораго долженъ быть приготовленъ клинъ. Одновременно съ этимъ, пользуясь вертикальной проекціей свода, заготавливаютъ изъ дощечекъ или изъ жести шаблоны, изображающіе поперечное очертаніе клиньевъ. Приготовивъ параллелопипеды, прикладываютъ шаблоны къ двумъ поперечнымъ гранямъ,—совпадающимъ съ поперечными швами, и наносятъ на поверхность камня контуръ ихъ карандашомъ или инымъ путемъ (черт. *б*). Затѣмъ въ начерченныхъ на обѣихъ граняхъ контурахъ раздѣляютъ соответственные линіи на равныя части и соединяютъ точки дѣленія дорожками. Эти послѣднія выдалбливаются въ камнѣ долотомъ, киркомъ и вывѣряются правиломъ. Дно дорожекъ очевидно должно совпадать съ имѣющей образоваться гранью клина. Вывѣривъ всѣ дорожки, снимаютъ оставшіяся между ними возвышенія и доканчиваютъ обдѣлку боковыхъ граней камня въ плоскость. Нижняя же и верхняя грани клина должны быть обдѣланы по цилиндрической поверхности (верхняя грань иногда оставляется въ необдѣланномъ видѣ). По снятіи оставшагося между дорожками возвышенія, готовятъ лекало изъ дерева или металла и, прикладывая его къ грубо-обдѣланной цилиндрической поверхности,—окопчательно вывѣряютъ правильность очертанія.

На черт. *в* изображена часть каменнаго свода въ изометрической проекціи, а на черт. *г*—различные типы очертанія клиньевъ и сопряженія съ горизонтальными рядами надсводной стѣнки.

На черт. *д* представлена въ изометрической проекціи часть кирпичнаго свода въ  $1\frac{1}{2}$  кирпича и два смежныхъ продольныхъ ряда кирпичей въ сводѣ. На томъ же рисункѣ заштрихованы трехчетвертные кирпичи, уложенные на лицевой поверхности свода; подобнымъ приемомъ, какъ показываетъ чертежъ, вполне достигается взаимное перекрытіе швовъ,—чего при употребленіи однихъ цѣльныхъ кирпичей нельзя было бы достигнуть. Подпятные камни въ кирпичныхъ сводахъ дѣлаются обыкновенно изъ камня (черт. *е*).

Разрѣзка камней въ косыхъ сводахъ дѣлается также по двумъ системамъ плоскостей: одна изъ нихъ вертикальна и параллельна лицевой

поверхности щека свода, а другая система,—радіальная, образуетъ косую плоскость, совмѣщающую въ себя ось свода и нѣкоторую кривую на поверхности. Клинь косога свода (при французской системѣ разрѣзки) ограниченъ на нижней и верхней граняхъ—цилиндрической поверхностью, на поперечныхъ граняхъ—плоскостями, а на продольныхъ граняхъ—косыми плоскостями. На черт. *ж* изображены вертикальная и горизонтальная проекціи клина косога свода, а также и составленная по нимъ изометрическая проекція, со включеніемъ клина въ объемлющій параллелепипедъ.

Пусть даны направление оси косога свода  $o-4$  и горизонтальная проекція  $O-o$  и  $IV-4$  сѣченій передней и задней грани клина плоскостями параллельными лицевой поверхности свода. Пусть затѣмъ  $a_2e_2$  и  $e_2f_2$ —дуги круга, очерченныя изъ центра  $o'$ ; тогда фигура  $a_2e_2f_2e_2$ —составляемая изъ двухъ дугъ круга, заключенныхъ между смежными радіусами, съ центромъ въ  $o'$  \*)—представляетъ очертаніе одной изъ поперечныхъ граней клина. Для полученія очертанія остальныхъ граней клина, разбѣкаемъ клинь нѣсколькими промежуточными сѣченіями I—1, II—2, III—3, параллельными лицевой грани свода. Точки пересѣченія слѣдствъ этихъ сѣченій съ осью  $o-4$  проектируемъ на ось проекцій; находимъ точки  $1', 2', 3'$  и  $4'$ . Точку  $a_2$  соединяемъ съ  $1'$  и откладываемъ отъ  $1'$  длину  $1'I$ , равную  $O'a_2$ , затѣмъ точку I, соединяемъ съ  $2'$  и откладываемъ отъ  $2'$  длину  $2'II$ , равную  $Oa_2$  и т. д. Такимъ путемъ получимъ очертаніе дугъ  $a_2b_2, c_2d_2, e_2h_2$ , и  $f_2g_2$  \*\*). Проектируя на горизонтальную проекцію точки  $e_2, I', II', III', h_2a_2... b_2, c_2... d_2$  и  $f_2... g_2$  находимъ по точкамъ горизонтальныя проекціи  $h_1e_1, a_1b_1, c_1d_1, ef_1g_1$ —такъ что вертикальная и горизонтальная проекціи клина получаются вполне законченными.

Кладка *кирпичныхъ* сводовъ ведется, какъ сказано было въ предыдущей главѣ, одновременно во всю толщину свода съ постоянной перевязкой, или отдѣльными кольцами, но въ послѣднемъ случаѣ необходимо дѣлать перевязку между смежными кольцами; на лицевой поверхности свода этой перевязки не дѣлають. Нерѣдко кирпичи вблизи замка ставятъ на мѣсто насухо и затѣмъ заливають жидкимъ цементнымъ растворомъ. При кладкѣ кирпичныхъ сводовъ слѣдуетъ обратить особое вниманіе на то, чтобы не было раствора между внутреннею поверхностью свода и опалубкой; въ противномъ случаѣ опалубка крѣпко пристаётъ къ своду и при осаживаніи кружалъ можетъ произойти откалываніе кромокъ кирпича; кромѣ того и поверхность кирпича получается загрязненной. Въ

\*)  $O'$  есть вертикальная проекція точки  $o$ , взятой на оси косога свода въ плоскости, совпадающей съ передней лицевой гранью клина.

\*\*) Если чертежъ составленъ правильно, то  $h_2g_2$  и  $b_2d_2$ —должны быть дуги окружностей, описанныхъ изъ центра  $4'$ .

виду сего швы нижняго ряда кирпичей кладутся на известную толщину пустыми и впоследствии расшиваются цементомъ.

Замѣтимъ еще, что въ длинныхъ трубахъ, вслѣдствіе свѣтовыхъ явленій, средняя часть свода трубы, менѣ освѣщенная, кажется какъ бы прогнувшейся, хотя въ дѣйствительности этого и нѣтъ. Чтобы избѣжать этого, нерѣдко кружаламъ кирпичныхъ сводовъ трубъ придаютъ неодинаковый запасъ подъема по всей длинѣ трубы, а именно большій по направлению къ серединѣ трубы. Но этого не слѣдуетъ допускать, такъ какъ здѣсь неизбѣжны клинообразныя вставки изъ кирпича, очень слабыя и вредящія прочности свода.

*Составъ раствора* для каменныхъ и кирпичныхъ сводовъ сохраняется постояннымъ для всего свода, или же вблизи ключа употребляется болѣе сильный растворъ, съ большимъ содержаніемъ цемента, въ виду затруднительности достигнуть совершеннаго заполнения шва растворомъ. Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ не представляется возможнымъ выдержать сводъ продолжительное время на кружалахъ, тогда употребляется обыкновенный или сложный растворъ со слабымъ содержаніемъ цемента; въ противномъ случаѣ пользуются цементнымъ растворомъ. Но быстро твердѣющій растворъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что если въ періодъ неполнаго затвердѣнія произошло движеніе въ кладкѣ, то трудно уже рассчитывать на прочную связь. Медленно твердѣющіе растворы сохраняютъ довольно долгое время способность возстановлять нарушенную связь; поэтому нѣкоторые инженеры предпочитаютъ складывать своды трубъ подъ высокими насыпями на медленно твердѣющемъ растворѣ, въ виду неизбѣжной осадки свода. Во всякомъ случаѣ мнѣнія по этому поводу крайне разнообразны; хорошіе результаты, достигнутые бетонными сводами, повидимому говорятъ въ пользу широкаго примѣненія для сводовъ цементнаго раствора.

*Бетонные своды* устраиваются изъ заранее приготовленной смѣси цементнаго раствора и щебенки, укладываемой слоями на опалубку; слои трамбуются и поддерживаются сырыми впродъ до окончательнаго затвердѣнія. Укладку бетона дѣлаютъ одновременно во всю толщину свода, но частями по длинѣ свода, прибѣгая къ деревяннымъ раздѣлкамъ, разставляемымъ на 2—2,5 ф. Работу ведутъ отъ пятъ свода къ ключу, начиная работу одновременно на обѣихъ пятыхъ. Слои бетона слѣдуетъ трамбовать по направлению нормальному къ дѣйствующему усилю, т. е. по направлению радіальному, а также и по направлению верхней направляющей. Иногда впрочемъ бетонъ располагается въ сводѣ слоями и трамбуется по направлению горизонтальному, что примѣняется въ пологихъ бетонныхъ сводахъ. На кружалахъ бетонные своды выдерживаются около одного—двухъ мѣсяцевъ; наименьшее содержаніе цемента:  $\frac{1}{6}$  доля по объему (6 ч. щебня, 4 ч. песку и 2 ч. цемента).

Особенное вниманіе должно быть обращено на тщательное перемѣшиваніе и трамбовку.

При устройствѣ бетонныхъ сводовъ на Петровской вѣтви Ростово-Владикавказской желѣзной дороги примѣнялся слѣдующій пріемъ. На деревянную платформу въ видѣ круга разсыпался 5—6 дюймовый слой тщательно промытаго щебня величиною не болѣе  $1\frac{1}{2}$  д. Сверху посыпали тщательно перемѣшанную въ сухомъ видѣ смѣсь цемента (1 ч.) и песку (3 ч.), и перемѣшивали все желѣзными лопатами, поливая одновременно смѣсь водою изъ леекъ, снабженныхъ на накопечникѣ частымъ ситомъ. Трамбованіе производилось горизонтальными слоями толщиной въ 5 дюмовъ, посредствомъ легкихъ ударовъ трамбовокъ съ чугунными накопечниками вѣсомъ 1 пуд. Черезъ двѣ педѣли бетоиъ вполне отвердѣвали. На кубич. саж. бетона расходовалось отъ 12 до 14 бочекъ цемента.

Опыты, произведенные надъ пологими бетонными сводами въ Севастополь, привели къ заключенію, что сопротивленіе бетона въ сводахъ зависитъ только отъ качества цемента и пропорціонально относительному количеству содержаемаго въ бетоиѣ цемента.

Приводимъ дословно составленное инженеромъ Салинымъ описаніе производства работъ по устройству *жельзобетонныхъ* трубъ системы Монье на Витебскъ-Жлобинской ж. д.

Трубы эллиптическаго очертанія по длинѣ раздѣлены на отдѣльныя звенья, кольца, длиною отъ 1,20 до 2 саж., которыя выводились отдѣльно одно отъ другого.

Растворъ состоялъ изъ 1 части портландскаго цемента на 3 части песку.

Каркасы закладывались въ толщѣ свода на разстояніи отъ 0,015 до 0,03 саж. отъ поверхности трубы, наружный—у наружной поверхности свода и внутренній—у внутренней поверхности. Хотя, согласно расчета, въ пѣкоторыхъ случаяхъ можно было бы внутренній каркасъ не дѣлать, но онъ все же сохраняется.

Каркасъ представляетъ собою проволочную сѣтку, облегающую сводъ трубы по всему ся периметру, отъ пяты до пяты. Проволоки каркаса по направленію периметра суть рабочія проволоки; онѣ воспринимаютъ на себя растягивающія усилія, появляющіяся въ сводѣ отъ нагрузки. Толщина этихъ проволокъ, въ зависимости отъ усилій, измѣнялась отъ  $\frac{1}{4}$  дюйма до  $\frac{1}{2}$  дюйма, при разстояніи между ними въ 3 дюйма. Меньшее разстояніе слѣдуетъ признать неудобнымъ вслѣдствіе затруднительности производить утрамбовываніе бетона при сооруженіи свода.

При насыпяхъ значительной высоты надъ ключемъ свода, какъ показываетъ расчетъ, своду приходится давать такую толщину, что въ немъ не проявляется никакихъ вытягивающихъ усилій. Слѣдовательно, въ такихъ случаяхъ можно было бы наружнаго каркаса не дѣлать. Однако и

въ такихъ случаяхъ онъ проектированъ, но проволокамъ его придана однообразная толщина въ  $\frac{1}{4}$  дюйма, съ разстояніемъ между ними въ шесть дюймовъ.

Во внутреннемъ каркасѣ разстояніе между проволоками по направленію периметра во всѣхъ случаяхъ постоянное, равное 6 дюймамъ.

Для достиженія возможно болѣе неизмѣннаго и прочнаго положенія опорныхъ частей свода, допускающаго разсматривать его, какъ сводъ съ закрѣпленными пятами, поперечныя проволоки обоихъ каркасовъ пропущены на нѣкоторую глубину въ кладку фундамента, гдѣ и задѣланы цементнымъ растворомъ.

Проволоки каркасовъ по направленію продольной оси трубы не подвергаются никакимъ напряженіямъ. Онѣ служатъ для соединенія рабочихъ проволокъ между собою въ одну общую систему, образуя вмѣстѣ съ послѣдними сѣтку и препятствуя имъ измѣнять свое положеніе. Проволоки по направленію продольной оси трубы приняты одной толщины въ 4 миллиметра при разстояніи между ними въ 6 дюймовъ.

Въ точкахъ пересѣченія проволоки обоихъ направлений связываются вмѣстѣ обвязочной желѣзной проволокой въ  $1\frac{1}{2}$  миллиметра толщины.

Постройка фундаментовъ и откосныхъ крыльевъ ничѣмъ не отличалась отъ обыкновенной каменной кладки на цементномъ растворѣ.

Приступая къ постройкѣ звена бетонной трубы, прежде всего устанавливали на готовомъ фундаментѣ кружала и шаблоны. Вычертивъ предварительно на особой платформѣ въ натуральную величину поперечный разрѣзъ будущей трубы, по немъ составляли отдѣльныя части кружала и шаблоновъ. Кружала изготовлялись изъ двухъ рядовъ 1-дюймовыхъ досокъ и составлялись съ такимъ расчетомъ, чтобы каждое кружало можно было разнять на двѣ или три части. При установкѣ на мѣсто, эти части соединялись между собою посредствомъ винтовъ. Въ остальныхъ частяхъ оба ряда досокъ сколачивались гвоздями. Кружала размѣщались по длинѣ звена трубы примѣрно черезъ 0,40—0,50 саж. одно отъ другого и своими нижними концами устанавливались прямо на кладку фундамента (черт. 151"а). Для того чтобы впослѣдствіи можно было свободно вынуть кружала изъ кладки лотка, нижніе концы ихъ обкладывались на высоту, равную толщинѣ лотка, дощечками изъ 1" теса (b). Опалубка кружалъ дѣлалась сплошная изъ 1" досокъ (c).

По концамъ звена устанавливались шаблоны (d), сколоченные и вырѣзанные изъ 1" досокъ. Они представляли собою точную фигуру поперечнаго сѣченія звена съ лоткомъ и имѣли два ряда прямоугольныхъ отверстій (e).

По установкѣ кружалъ и шаблоновъ устраивали каркасы, начиная съ внутренняго. Проволока требуемой по проекту толщины разрѣзалась на куски соотвѣтственно периметру каркаса и изгибалась на особомъ

шаблонъ настолько, чтобы она приняла форму эллипса. Затѣмъ между шаблонами располагался рядъ желѣзныхъ стержней прямоугольнаго сѣченія  $\frac{3}{8}'' \times \frac{3}{4}''$ , которые концами вставлялись въ отверстія (е) шаблоновъ. Эти стержни служатъ для поддержанія каркаса во время бетонирования и для сохраненія его во время работъ въ томъ положеніи, которое требуется по проекту. Поперечныя проволоки располагаются на этихъ стержняхъ вдоль звена на надлежащемъ разстояніи одна отъ другой; на нихъ накладывались продольныя проволоки, и тѣ и другія связывались вмѣстѣ въ точкахъ пересѣченія тонкой обвязочной проволокой. Такимъ же порядкомъ устраивался и наружный каркасъ. Для устрaненія прогиба стержней какъ отъ натяженія проволокъ каркаса при его устройствѣ, такъ и отъ ударовъ при трамбованіи бетона, каждый стержень въ двухъ — трехъ мѣстахъ по длинѣ поддерживался временными деревянными распорками, упертыми въ опалубку кружалъ (h).

Бетонированіе звена начиналось съ задѣлки каркасовъ въ фундаментъ и устройства лотка, послѣ чего переходили къ устройству стѣнъ и свода. Цементный растворъ накладывался правильными слоями около 0,08 саж. толщины и тщательно и равномерно утрамбовывается ручными легкими трамбовками и колотушками. Верхняя поверхность лотка выравнивалась посредствомъ рейки, которую двигали по нижнимъ ребрамъ шаблоновъ отъ одной стѣны звена къ другой. Для удержанія раствора въ стѣнахъ до его затвердѣнія къ шаблонамъ прибывались 1 дюйм. доски (g). По мѣрѣ возведенія цементной кладки стѣнъ и свода въ высоту временныя деревянныя распорки (h) и желѣзные стержни постепенно вынимались.

При трамбованіи обращалось особенное вниманіе на то, чтобы во всѣхъ своихъ частяхъ звено трубы представляло сплошную, плотную, однородную массу безъ прослоекъ, пустотъ и трещинъ. Постепенное наращиваніе звена въ длину и высоту новыми слоями раствора производилось при непремѣнномъ условіи, чтобы положеніе каждаго новаго слоя происходило раньше начала затвердѣванія предыдущаго слоя. А это достигалось путемъ своевременной подачи потребнаго количества свѣжаго раствора и надлежащимъ распределеніемъ рабочей силы, обеспечивающими непрерывность работы. Каждое отдѣльное звено должно было вполнѣ закапчиваться въ теченіе одного рабочаго дня безъ всякихъ перерывовъ бетонирования.

Время раскружаливанія готоваго звена трубы вообще зависитъ отъ толщины и пролета свода: чѣмъ меньше пролетъ и тоньше сводъ, тѣмъ скорѣе онъ можетъ быть раскружалень. При постройкѣ желѣзо-бетонныхъ трубъ Витебскъ-Жлобинской дороги разрѣшалось раскружаливать трубы отверстіемъ 0,60 и 0,80 саж. не раньше, какъ черезъ 10 дней послѣ полного окончанія звена, а трубы отверстіемъ въ 1 саж. и 1,25 саж.

черезъ 15 дней. Для раскружаливанія свода достаточно было развинтить косяки кружалъ, и тогда каждая часть кружала легко снималась съ своего мѣста и могла служить для слѣдующихъ звеньевъ трубы. Стоимость куб. саж. бетонной кладки системы Монье обошлась около 500 руб.»

Приведемъ еще составленное инженеромъ Подольскимъ описаніе работъ по устройству *жельзо-бетонныхъ сводовъ* виадука черезъ станціонные пути въ Тифлисѣ, съ пролетами въ 12 метр. и съ стрѣлою подъема въ 2 м. Кружальные ребра, числомъ 7, были расположены на взаимномъ разстояніи въ 1,54 м. и состояли каждое изъ трехъ рядовъ двухъ-вершковыхъ досокъ, шириною 6 верш.; кружаламъ былъ приданъ въ ключъ запасъ подъема въ 7 сант. на осадку (въ дѣйствительности осадка оказалась 7,5 сант.). Для опалубки были употреблены 1½, вершк. доски. Къ крайнимъ кружальнымъ ребрамъ были прибиты шаблоны, имѣвнїе назначеніемъ поддерживать арматуру, а также служили и боковыми гранями формы для лицевыхъ стѣнокъ свода во время бетонированія. На шаблонахъ вычерчены были двѣ кривыя, соотвѣтствующія положенію центровъ верхнихъ и нижнихъ поперечныхъ прутьевъ арматуры; на шаблонахъ вычерчивались и прямыя, нормальныя къ кривымъ, для размѣтки центровъ поперечныхъ проволокъ. Въ точкахъ пересѣченія кривыхъ съ прямыми просверливались дыры для поперечныхъ прутьевъ, а по опалубкѣ кружалъ вычерчивались линїи направленія продольныхъ стержней. Кромѣ крайнихъ закруженныхъ шаблоновъ были установлены еще два промежуточныхъ подвижныхъ шаблона; въ этихъ шаблонахъ были также высверлены дыры для поперечныхъ прутьевъ. По установкѣ промежуточныхъ шаблоновъ, натягивали черезъ всѣ четыре шаблона поперечные стержни, на нихъ укладывались продольныя и въ мѣстахъ пересѣченія связывались тонкой проволокой. Вязаніе каркасовъ и бетонированіе производилось одновременно лишь въ промежуткѣ между двумя шаблонами и на длину около 1,5 м. Для удержанія подвижныхъ шаблоновъ были прибиты къ нимъ подпорки, упирающіяся на опалубку; на шаблонахъ укладывались поперечныя доски, на которыя становились рабочіе. Бетонированіе производилось одновременно съ двухъ сторонъ по направленію отъ пятъ свода къ ключу. Растворъ подносился на носилкахъ, забрасывался на каркасъ, гдѣ онъ разравнивался и проталкивался сквозь отверстія сѣтки до опалубки жельзными пестами 3×3 ст. По окончаніи перваго участка до верху бетонъ утрамбовывался деревянными колотушками и затѣмъ рабочіе передвигались далѣе и продолжали работу до полного смыканія арки въ ея ключъ.

Черезъ два дня по окончаніи бетонированія средняго звена, когда бетонъ достаточно окрѣпъ, подвижные шаблоны передвигались въ обѣ стороны на 1,5 м., затѣмъ укладывались продольныя прутья, которые



связывались съ уложенными ранѣе поперечными стержнями и работа продолжалась, какъ описано выше. По окончаніи бетонирования каждаго звена ви́шняя поверхность покрывалась слоемъ песка въ 15 см. и поливалась водою для защиты отъ солнечныхъ лучей. На кружалахъ сводъ оставался три недѣли.

Здѣсь уместно будетъ упомянуть объ *основныхъ техническихъ требованіяхъ при устройствѣ железобетонныхъ сооружений*. Желѣзо должно быть очищено отъ грязи, жира и ржавчины. Число стыковъ проволоки слѣдуетъ по возможности уменьшать; сварка не рекомендуется; стыки не слѣдуетъ располагать въ опасныхъ мѣстахъ, въ особенности гдѣ напряжение желѣза велико. Стыки толстыхъ прутьевъ, или проволокъ предпочтительнѣе соединять муфтами; стыки тонкихъ проволокъ, заходящихъ одна за другую на длину не менѣе 10—20 см. обматываются проволокой. Толщина слоя бетона, покрывающаго арматуру, не должна быть менѣе 1,5 см. Загибы прутьевъ дѣлаются въ нагрѣтомъ состояніи. Точка пересѣченія прутьевъ обвязываются проволокой; разстояніе между прутьями дѣлается около 10—30 см. Предпочтительнѣе употреблять большее число прутьевъ малаго сѣченія—избѣгая малое число прутьевъ большого сѣченія. Цементъ, песокъ, гравій и щебень должны обладать качествами, предъявляемыми для обыкновеннаго бетона. Размѣры щебня или гравія не должны быть болѣе 1,5—2,0 см. и во всякомъ случаѣ должно свободно проходить въ промежуткахъ между проволоками. Составъ бетона долженъ быть не ниже 1 ц. + 1,5 п. + 3 гравія. Временное сопротивленіе бетонныхъ кубиковъ 30 см. въ сторонѣ, послѣ 28 дней храненія во влажномъ пескѣ, не должно быть менѣе  $150 \frac{\text{кпл.}}{\text{см.}^2}$ .

Бетонъ долженъ быть лишь на столько сырмь, чтобъ соответствовалъ влажной землѣ. Количество бетона, приготовленнаго заразъ, должно быть таково, чтобъ оно могло быть израсходовано не позже, какъ черезъ часъ по затвореніи. Трамбовать слѣдуетъ лишь до тѣхъ поръ, пока на поверхности не выступитъ влажность, пока на бетонѣ не покажется «испарина». Болѣе продолжительное трамбованіе можетъ вызвать нарушеніе схватыванія и разединеніе составныхъ частей бетона. Толщина слоя послѣ трамбованія не должно быть болѣе 10 см.

При производствѣ работъ слѣдуетъ избѣгать перерывовъ; если они неизбежны, то передъ началомъ работъ ранѣе сдѣланный бетонъ слѣдуетъ очистить и смочить и довольно сильно трамбовать первые слои, а также полезно употреблять для нихъ болѣе жирный растворъ. Рекомендуется во время перерыва покрывать бетонъ мокрыми мѣшками. Слѣдуетъ стараться, чтобъ бетонируемая полоса свода была закончена въ теченіе дня; поэтому ширина такой полосы уменьшается вмѣстѣ съ увеличеніемъ пролета.

Необходимо трамбовать по направлению вдоль кривой давленія; если это затруднительно при пологихъ сводахъ, то во всякомъ случаѣ направление слоевъ не должно совпадать съ направлениемъ дѣйствія внутреннихъ продольныхъ силъ.

Бетонированіе при температурѣ ниже  $-5^{\circ}$  С не допускается. При сильныхъ жарахъ слѣдуетъ покрывать бетонъ сырымъ пескомъ.

Вѣсъ желѣзныхъ трамбовокъ долженъ быть около 12 — 15 кил.; сѣченіе—обыкновенно квадратное, отъ 10 до 18 см. въ сторонѣ. Для верхнихъ слоевъ употребляютъ узкія, плоскія трамбовки. При небольшихъ сооруженияхъ пользуются иногда деревянными трамбовками.

Подмости и опалубка должны быть устроены достаточно жесткими. Не рекомендуется пользоваться арматурой Melan'a, какъ подмостями. Верхняя поверхность опалубки тщательно остругивается, и во избѣжаніе прилипанія бетона доски смазываются мыломъ, или покрываются минеральнымъ масломъ, известковымъ молокомъ, а также бумагой, холстомъ и цинковыми листами. Для того, чтобъ опалубка не могла коробиться подъ влияніемъ обильной сырости—доски располагаются съ промежутками въ 5—7 мм., перекрываемыми холстомъ.

Опалубка стоекъ устраивается во всю высоту лишь съ трехъ сторонъ; съ четвертой стороны она устраивается частями по мѣрѣ производства работъ.

Боковыя второстепенныя части опалубки или ящичковъ для отливки бетона могутъ быть сняты черезъ пять дней; опалубка, поддерживающая своды, въ зависимости отъ величины пролета, времени года, колеблется отъ двухъ педѣлъ до мѣсяца и болѣе. При осадкѣ кружала слѣдуетъ избѣгать сотрясеній и проч. Въ теченіе 15 дней по окончаніи трамбованія должны быть приняты мѣры противъ быстраго высыханія бетона. Пока бетонъ окончательно не затвердѣетъ, запрещается нагрузка свода. До открытія по мосту движенія онъ долженъ быть подверженъ пробной нагрузкѣ.

*Раскружаливаніе сводовъ.* Послѣ задѣлки ключа свода выводятъ забутку не болѣе, какъ до высоты шва перелома; послѣ этого приступаютъ къ раскружаливанію свода.

Относительно времени раскружаливанія мнѣнія строителей разнорѣчивы. Одни совѣтуютъ тотчасъ по замкнутіи свода начинать раскружаливаніе, особенно если сводъ сложепъ на медленно твердѣющемъ растворѣ; другіе, напротивъ того, предлагаютъ освобождать кружала не раньше того времени, какъ растворъ достаточно окрѣпнетъ. Но каждый изъ названныхъ пріемовъ представляетъ свои неудобства, а именно: при первомъ—разстраивается относительное положеніе клиньевъ, а при второмъ—является невозможность осадки свода безъ образованія трещинъ въ слабыхъ частяхъ свода. Поэтому иногда поступаютъ такъ, что сначала оса-

живаютъ сводъ на величину, меньшую предполагаемой осадки, и, продержавъ его въ такомъ положеніи въ теченіе отъ 4-хъ до 6-ти недѣль, смотря по состоянію погоды, приступаютъ къ окончательному отдѣленію кружалъ.

По мнѣнію Дюнои оставленіе свода на кружалахъ ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть вредно для свода; по крайней мѣрѣ не было отъ этой причины случаевъ обрушенія свода; отъ слишкомъ послѣдшаго раскружаливанія—обрушеніе перѣдко имѣло мѣсто; наименьшій промежутокъ времени для оставленія свода на кружалахъ составляетъ, по мнѣнію того же инженера, около мѣсяца, при величинѣ отверстія свыше 10 саж.; при меньшихъ отверстіяхъ—срокъ этотъ можетъ быть сокращенъ.

Кирпичные своды, при сравненіи съ каменными, требуютъ вообще болѣе продолжительнаго времени для оставленія ихъ на кружалахъ. Для этихъ послѣднихъ сводовъ состояніе погоды имѣетъ существенное вліяніе на быстроту отвердѣнія раствора и на величину осадки свода. Такъ напр. при постройкѣ моста чрезъ р. Аллеръ, близъ Вердена, съ 29 пролетами по 14 метр. каждый, замѣчено между прочимъ, что по раскружаливаніи всѣхъ сводовъ 15 дней спустя послѣ замкнутія свода, осадка сводовъ была различная, смотря по тому—при какой погодѣ происходила работа. А именно, если работа производилась въ сухое время—осадка составляла въ среднемъ 24 мм.; при перемѣнной погодѣ—46 мм.; при сырой погодѣ—49 мм., а при постоянно-дождливой погодѣ—79 мм.

Осадка кружалъ можетъ производиться помощью одного изъ нижеуказанныхъ приспособленій.

а) *Прокладки* (чураки, обрубки—черт. 152). Установленные между постоянной и подвижной частью прокладки подрѣзываются снизу съ одного края до тѣхъ поръ, пока отъ давленія кружала онѣ не опрокинутся. Способъ этотъ теперь оставленъ.

б) *Клинья*. Самый обыкновенный способъ раскружаливанія состоитъ въ примѣненіи для того деревянныхъ клиньевъ, расположеніе которыхъ измѣняется, смотря по обстоятельствамъ. Проще всего расположить по два клина подъ каждою стойкою (черт. 141) между подвижною и постоянными платформами. Клинья употребляются также для осаживанія отвѣсныхъ стоекъ вмѣстѣ съ врубленными въ нихъ подкосами. Для мостовъ малыхъ отверстій и для трубъ этотъ способъ примѣняется всего чаще. Осаживаніе производится ударами тяжелаго молота по тонкому концу клина. Клинья должны быть приготовлены изъ твердаго лѣса; въ противномъ случаѣ они вѣдаются одинъ въ другой. Перѣдко отъ удара оба клина выскакиваютъ, или трепіе настолько велико, что приходится ихъ вырубать топоромъ, помѣщая сбоку новые клинья, смазанные мыломъ.

в) *Составные брусья*, соединенные зубомъ и клиньями. Между двумя

составными брусьями помѣщается обыкновенно зубчатый клинъ. Ослабивъ предварительно шпоночные клинья и загоняя средній клинъ въ ту или другую сторону, можно по произволу осадить или поднять кружала. Уголь наклоненія зубьевъ долженъ быть менѣ угла тренія, чтобы при неисправномъ состояніи шпоночныхъ клиньевъ не могло уже произойти скольженія. Съ этой цѣлью средній клинъ составляютъ изъ двухъ половинокъ съ наклонными въ противоположную сторону гранями и между обѣими половинами загоняютъ перпендикулярно къ нимъ клинья, которые сохраняются во время производства работъ. Предъ раскружаливаніемъ свода эти клинья выбиваются (черт. 153 и 153').

Въ Ватерлооскомъ мосту раскружаливаніе производилось равномернымъ пониженіемъ всей платформы посредствомъ *общаго зубчатаго клина*, помѣщеннаго между обѣими платформами. При выбиваніи этого клина обѣ платформы сближались. Подобный же способъ былъ примѣненъ при раскружаливаніи арокъ Ново-Лондонскаго моста (черт. 153"). Употребленіе клиньевъ вообще невыгодно тѣмъ, что выбиваніе ихъ сопровождается сотрясеніемъ, нарушающимъ правильность и прочность кладки.

г) *Полотняные мѣшки и металлическіе цилиндры, наполненные пескомъ* (черт. 154). Въ первый разъ мѣшки съ пескомъ были употреблены Бодемулѣномъ. Подвижная часть кружалъ поддерживалась прокладками, между которыми были помѣщены мѣшки съ сухимъ пескомъ. Когда края прокладокъ были подрѣзаны, подвижная часть кружалъ осѣдала на мѣшки; по открытіи затѣмъ отверстія трубки, соединенной съ мѣшкомъ, равномерное истеченіе песку сопровождалось таковымъ же опусканіемъ кружалъ.

Неудобство послѣдняго способа состояло въ томъ, что песокъ отъ сырости не могъ высыпаться; а слѣдовательно и самая осадка шла неравномерно. Для устраненія этого Лагренѣ измѣнилъ конструкцію мѣшковъ слѣдующимъ образомъ: деревянная трубочка, снабженная краномъ, скрѣплялась съ наполненною водою гуттаперчевою или каучуковою трубкою; все это заключалось въ парусинный мѣшокъ, наполненный пескомъ (черт. 155). При открываніи крана вода вытекаетъ, что и составляетъ первую степень раскружаливанія, и затѣмъ, когда верхняя платформа плотно сядетъ на мѣшки, послѣдніе могутъ быть окончательно опорожнены для отдѣленія кружалъ.

Затѣмъ Бодемулѣнъ предложилъ новое видоизмѣненіе этого приѣма, получившее наибольшее примѣненіе. Песокъ насыпается ровными слоями въ желѣзный цилиндръ съ приклепаннымъ къ нему такимъ же дномъ; цилиндръ можетъ быть и чугуннымъ. Въ стѣнкахъ цилиндра имѣются отверстія, окруженные металлическими трубочками, которыя по произволу можно закрывать. На поверхность песка опирается металлическая или дубовая втулка, стянутая бугелемъ. Другой конецъ втулки подпираетъ

кружальное ребро (черт. 156). Цилиндр устанавливается на неподвижной платформе, а верхняя платформа опирается на втулку. Желая осадить кружало—необходимо открыть отверстия в трубочках, и песок высыпается. Весьма важно предохранить песок в цилиндре от сырости; съ этою целью заделывают плотно цементным раствором промежутки между втулкой и цилиндром и весь прибор обертывают просмоленным холстом. Диаметр цилиндра около 8 дюймов, высота около 10 дюймов; высота песчаного заполнения 8 дюймов. Если  $l$ —отверстие свода в метрах,  $e$ —расстояние между кружальными ребрами,  $n$ —число втулок, то искомый диаметр втулки:

$$d_{\text{втул.}} = 2l \sqrt{\frac{e}{n}}.$$

Толщина стѣнки цилиндра:  $0,01 d$ ; диаметр боковых отверстій—  $0,09 d$ ; во всякомъ случаѣ диаметр отверстія долженъ быть не менѣе толщины стѣнки—иначе песокъ не можетъ высыпаться; лучше придавать отверстию наклонное направлѣніе.

Песчаные цилиндры устанавливаются одновременно съ кружалами.

д) *Домкраты*. Дюпои предложилъ раскружаливать своды помощью домкратовъ, т. е. помощью винтовъ достаточнаго діаметра, помѣщаемыхъ между обѣими платформами. Такимъ пріемомъ кружала не только могутъ быть опущены, но и приподняты вверхъ. Винтъ опирается на чугунную подушку, прикрѣпленную къ нижней платформѣ; посаженная на винтъ гайка неразрывно соединена съ горизонтальнымъ прогономъ кружалъ. Вращеніемъ винта въ ту или другую сторону, гайка, а вмѣстѣ съ ней и кружальныя ребра опускаются или поднимаются. Различные типы домкратовъ показаны на черт. 157 и 158. Домкраты ставятся не задолго до раскружаливанія; во все остальное время между неподвижной и подвижной платформами находятся клинья, которые легко освободить, приподнявъ кружала домкратами.

е) *Катки*. Къ кружаламъ прикрѣпляются стойки, снабженныя на концѣ катками (черт. 159), опирающимися на винтовую поверхность. Вращеніемъ винтовой поверхности достигается пониженіе кружала.

ж) *Эксцентрики* (черт. 160). Для возможности болѣе точной установки эксцентрика, сваи срѣзываются наклонно, и эксцентрикъ удерживается на должной высотѣ клиньями и закрѣпляется въ своемъ положеніи цилиндрическимъ вкладышемъ.

Всѣ упомянутыя выше способы раскружаливанія—благодаря цѣльности кружальной фермы—допускаютъ только одинаковое, повсемѣстное пониженіе кружала. А такъ какъ въ ключѣ сводъ садится болѣе, чѣмъ въ пятахъ, то, когда нижняя часть свода освободится отъ кружалъ, верхняя

будетъ еще держаться на нихъ, что можетъ вызвать стремленіе рамень свода опрокинуться или сдвинуться внутрь. Поэтому, по мнѣнію пѣкоторыхъ инженеровъ, желательно имѣть такой способъ раскружаливанія, который позволялъ бы давать кружаламъ въ произвольномъ мѣстѣ любую осадку. Это достигается—примѣненіемъ винтовъ, расположенныхъ по направлению подпорокъ около криволинейныхъ косяковъ. На черт. 161, 161' и 161'' показано это приспособленіе. Въ косякахъ кружала врѣзана чугунная подушка, въ которую опирается головка болта; другой конецъ болта входитъ въ гайку, врѣзанную въ насадку подпорки. Конецъ подпорки и косякъ обжаты двумя деревянными подушками, препятствующими отклоненію подпорки въ стороны; стяжные болты проходятъ только чрезъ подпорку, вслѣдствіе чего они не препятствуютъ свободному движенію подпорки. Поворачивая ключемъ гайку болта, можно осадить или поднять кружала въ любомъ мѣстѣ.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены пѣкоторыя данныя относительно осадки сводовъ:

Названіе мостовъ и способы рас- кружаливанія.	Годъ сооруженія.	Матеріалъ свода.	Кружала.		Размѣры свода.		Раскружаливаніе.		Осадка со- ставляла.		
			Типъ.	Запасъ подъема. метр.	Пролетъ. метр.	Стрѣла подъема. метр.	Началось по введеніи свода спустя дней.	Продолжалось или окончилось спустя дней (по 10 час.).	Во время кладки. метр.	По раскру- жаливаніи. метр.	Всего. метр.
1. <i>Камня подъ каж- дымъ камнемъ.</i>											
а) Польскій мостъ . . . . .	1772	Штучный камень.	упруг.	0,40	39,00	9,20	18	19	0,360	0,260	0,62
б) Мостъ Дора въ Ту- ринѣ . . . . .	1823	Гранитъ.	пост.	0,26	45,00	5,5	20	5	—	0,15	0,19
в) Мостъ Честеръ . . . . .	1834	Песчан- никъ.	пост.	—	61,00	12,81	—	—	0,00	0,065	0,065
2. <i>Обыче зубчатые камня.</i>											
Лондонскій мостъ . . . . .	1824	Гранитъ.	пост.	—	46,35	9,00	—	—	—	0,063	0,025
3. <i>Камня подъ опор- ными точками.</i>											
Аллерскій мостъ близъ Вердена . . . . .	1862	Кирпичъ.	пост.	0,05	14,00	2,00	14	—	0,025	0,050	0,075
4. <i>Мяжки съ пескомъ</i>											
Виадукъ Port de Pile . . . . .	1848	Кирпичъ.	пост.	0,09	31,00	11,00	25	—	0,045	0,075	0,120
5. <i>Цилиндры съ пес- комъ.</i>											
Тильзитскій мостъ въ Лонѣ . . . . .	1862	Штучн.	пост.	0,05	22,84	2,75	40	—	0,00	0,00	0,00
Мостъ черезъ р. Дракъ . . . . .	1874	Ополотый камень.	пост.	—	52,00	7,40	42	0,03	—	—	0,004
Виадукъ (Aulne) . . . . .	1866	Штучн.	упруг.	—	22,00	11,00	24	—	0,090	0,015	0,015

Въ заключеніе приводимъ описаніе нѣкоторыхъ изъ существующихъ *каменныхъ, бетонныхъ и железо-бетонныхъ мостовъ*. Начнемъ съ *каменнаго* моста, изображеннаго на черт. 148, 148', 148" и 148<sup>'''</sup>. По наружному виду мостъ принадлежитъ къ типу арокъ со скрытыми устоями (à siffes perdues). Видимое отверстіе—23 метр.; стрѣла—2,8 метр.; величина пролета въ плоскости основанія 41 м. Въ виду незначительности движенія ширина моста 2,5 метр. На 2 метра ниже горизонта низкихъ водъ оказался скалистый грунтъ, а надъ нимъ песокъ и гравій. Котлованы вырыты до горизонта низкихъ водъ—съ одиочнымъ уклономъ, а ниже—помощью деревянной обдѣлки. Притокъ воды составлялъ 0,2 куб. фута въ 1 сек.; вода откачивалась обыкновенными насосами. Нижняя часть скрытаго устоя основана на бетонѣ изъ 1 ч. цемента, 3 ч. песку и 6 ч. щебня. На бетонномъ основаніи выведена кладка, на подобіе сводчатой, изъ грубо околотыхъ камней на растворѣ изъ 1 ч. цемента и 3 ч. песку.

Кружальные подмости опираются частью на сван, частью на каменные столбы. Кружала вычерчивались на досчатомъ полу и тутъ же пригонялись всѣ врубки и проч. Кружала поддерживались чугунными ящиками съ пескомъ, съ квадратнымъ основаніемъ; длина стороны 10 дюймовъ; высота песчаного слоя 5 дюймовъ; тщательно промытый и высушенный песокъ прикрытъ былъ отъ дождя металлической дощечкой. Избытокъ песку, рассчитанный на сжатіе, составлялъ слой въ 5 мм. До начала кладки кружала были нагружены клиньями свода въ теченіе 10 дней, причемъ наибольшая мѣстная осадка оказалась въ 3 мм.

Штучные камни свода приготавливались изъ валуновъ, съ временнымъ сопротивленіемъ 9,5 килл. на кв. мил. Пятовые камни уложены на подпятные помощью свинцовыхъ прокладокъ толщиною 20 мм. и шириною 50 сант. Способъ прикрѣпленія свинцовыхъ прокладокъ къ камнямъ указанъ въ предыдущей главѣ. Положивъ пятовый камень на свинцовую прокладку,—законопачивали всѣ швы паклей и смазывали ее цементомъ, чтобы предохранить пустой шовъ отъ грязи, пыли и проч. Въ ключѣ арки помѣщена такимъ же образомъ свинцовая плитка шириною 35 сант. и толщиною 20 мм. Кладка свода производилась помощью двухъ мостовыхъ крановъ при сохраненіи постоянной толщины шва въ 15 мм., что достигалось деревянными прокладками размѣровъ: 50 × 15 мм. Уложивъ рядъ камней во всю ширину моста, тщательно промывали швы, затѣмъ законопачивали паклей наружные, нижніе и боковые швы на глубину 3 сант. и заливали достаточно густымъ растворомъ изъ 1 ч. цемента и 1½ ч. песку, просовывая въ то же время въ шовъ продолговатую кельму. Последніе пять рядовъ замковыхъ камней одновременно заливались растворомъ. Восемь камешчиковъ при такомъ же числѣ чернорабочихъ окончили работу въ 7¼ дней.

Металлическія втулки чугуныхъ цилиндровъ съ пескомъ были соединены съ электрическимъ звонкомъ такимъ образомъ, что всякая незначительная осадка кружалъ давала о себѣ знать въ помѣщеніи для рабочихъ и въ копторѣ. Этимъ избѣгнута была необходимость имѣть дорого стоящій постоянный надзоръ. Расходъ на первоначальное устройство электрическихъ звонковъ не превысилъ 60 рублей.

По заполненіи растворомъ швовъ камней вблизи замка, кружала оставались неослабленными въ теченіе 15 дней.

Первая осадка кружалъ произведена одновременно 21 рабочими, выпустившими заразъ равное количество песку въ одинаковые по объему сосуды. Количество извлеченнаго такимъ образомъ песку соотвѣтствовало каждый разъ пониженію втулки на 3 мм. Всего сдѣлано одновременно 6 послѣдовательныхъ выпусковъ песку; вершина свода съ верховой стороны понизилась на 19,5 мм., а съ низовой—на 15,5 мм. Черезъ 13 дней произведена новая осадка кружалъ—въ три пріема, причемъ общее пониженіе ключа свода составляло уже 30 и 26 мм. Черезъ 7 дней послѣдовало полное освобожденіе отъ кружалъ; осадка свода оказалась въ 42,5 и 38 мм. Въ теченіе слѣдующихъ четырехъ недѣль выведена пад-стройка надъ сводомъ и вообще законченъ весь мостъ, что сопровождалось дальнѣйшимъ увеличеніемъ осадки свода, достигнувшей 59 и 52,5 мм.

Пустые швы со свинцовыми прокладками въ пятахъ и въ ключѣ свода обнаружили при послѣдовательной осадкѣ свода измѣненіе своей ширины, причемъ въ пятахъ ширина шва на *наружной* поверхности свода *увеличилась* съ 29 до 30,3 мм. на одной пятѣ и съ 32 до 32,2 мм. на другой пятѣ; ширина того же шва на *внутренней* поверхности свода уменьшилась съ 12 до 10,5 мм. и съ 18 до 15,7 мм. Въ замковомъ швѣ обратно—ширина шва на наружной поверхности *уменьшилась* съ 17 до 14,3 мм. и *увеличилась* на внутренней поверхности свода съ 24 до 24,7 мм.

На черт. 148' изображенъ *арочный бетонный трехшарнирный мостъ* черезъ рѣку Дунай близъ Инцигкофена \*); арка съ тремя шарнирами (черт. 148'). Подобно тому, какъ каменные арочные мосты послужили прототипомъ для первыхъ металлическихъ арочныхъ мостовъ (сводъ изъ чугуныхъ пустотѣлыхъ ящичковъ), такъ въ настоящее время типы металлическихъ арочныхъ мостовъ съ тремя шарнирами и со сквозной стѣнкой повліяли на соотвѣтственное видоизмѣненіе каменныхъ арочныхъ мостовъ, особенно съ примѣненіемъ бетона,—весьма упругаго матеріала. Однимъ изъ такихъ примѣровъ можетъ служить вышепоименованный мостъ подъ обыкновенную дорогу. Величина пролета между осями шарнировъ 43 м.;

\*) Zeitschrift für Bauwesen, 1896 г.



стрѣла подъема 4,38 м.; ширина моста между перилами 3,8 м.; ширина арки въ ключѣ 3,6 м.; въ пятахъ—4,6 м. (черт. 148'а), что сдѣлано для приданія мосту большей устойчивости относительно давленія вѣтра.

Пролетныя части состоятъ изъ трехшарнирной бетонной арки переменной высоты, на которой на известномъ протяженіи отъ пять расположенъ рядъ бетонныхъ стоекъ (бычковь), связанныхъ въ продольномъ направленіи сводиками (черт. 148'а); каждый изъ бычковь состоитъ въ свою очередь изъ трехъ отдѣльныхъ стоекъ (бетонныхъ), числомъ всего 36, связанныхъ вверху плоскимъ бетоннымъ перекрытіемъ, на которомъ уже расположена проѣзжая часть полотна (черт. 148'б, в). Для уменьшенія объема кладки въ устояхъ примѣненъ типъ скрытыхъ устоевъ (pont à culées perdues), и обратнымъ стѣнкамъ придана наименьшая длина, соответствующая уклону откосовъ въ конусахъ въ  $\frac{1}{2}$ . Выборъ трехшарнирной арки оправдывается тѣмъ, что арка статически опредѣлимая, а поэтому возможно ограничиться поперечными размѣрами безъ соответствующаго запаса; осадка арки при раскружаливаніи и влияніе измѣненія температуры не сопровождаются появленіемъ трещинъ или по крайней мѣрѣ появленіемъ дополнительныхъ напряженій. Проѣзжая часть надъ ключемъ арки устроена на перекинутыхъ съ одной полуарки на другую балкахъ изъ желѣза Зоре (черт. 148'е). Для того, чтобы верхняя часть арки непосредственно подъ полотномъ моста могла перемѣщаться отъ измѣненія температуры, она опирается на стѣнки устоя помощью катковъ; во избѣжаніе же излома сводика въ первомъ промежуткѣ отъ пять, когда концы сводика приподнимутся, что будетъ имѣть мѣсто при осѣданіи ключа арки (при пониженіи температуры), сводикъ усиленъ задѣлашными въ него 4-мя рельсами длиною 0,9 м. (черт. 148'е). При опредѣленіи поперечныхъ размѣровъ арки подвижная нагрузка была принята въ 400 кил. на кв. метръ и сосредоточенная нагрузка отъ четырехъ колесъ шоссейнаго катка вѣсомъ всего 15 тон.

Сравнительные расчеты показали, что въ данномъ случаѣ нельзя было ограничиться повѣркой напряженія лишь при загрузеніи арки полностью или только одной полуарки; необходимо было опредѣлить для cadaго разсматриваемаго сѣченія невыгодные участки загрузки. Такъ, на примѣръ, разбивъ полуарку на 13 равныхъ частей, оказалось, что для сѣченія 6 разность ординатъ двухъ кривыхъ давленія при загрузкѣ полностью и одной полуарки составляла 0,176 м., а при болѣе точномъ способѣ расчета, при загрузкѣ до раздѣльнаго сѣченія отъ той или другой опоры—0,351 м. Слѣдовательно, если задаться требованіемъ, чтобы нигдѣ не было вытягиванія, то въ этомъ сѣченіи арка должна бы имѣть высоту по первому способу расчета въ  $3 \times 0,176 = 0,528$  м., а по второму въ:  $3 \times 0,351 = 1,053$  м. Задавшись въ этомъ сѣченіи высотой арки въ 1,1 м.,

оказалось, что наибольшее напряжение на сжатіе составляет  $14,6 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$ , а на вытягиваніе  $0,4 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$ . Остальные сѣченія были подобраны такъ, чтобы эти напряжения не были превзойдены. Такъ какъ можно было ожидать нѣкотораго треска въ шарнирахъ, что имѣло бы послѣдствіемъ появленіе изгибающаго момента, а потому и напряжения, то расчетная высота арки близъ ключа была увеличена до 0,70 м., а около пяты до 0,78 м. Для того, чтобы чугунная подушка не вышла значительныхъ размѣровъ и для приданія сооруженію большей легкости, концы арки около ключа и пяты были сръзаны, скошены; такимъ образомъ, въ плоскости соприкасанія съ чугунной подушкой высота арки опредѣлилась въ ключѣ въ 0,60 м., а въ пятахъ 0,68 м. Это повлекло за собою увеличеніе напряженія на сжатіе въ плоскостяхъ соприкасанія съ подушкой, которое увеличилось еще и по другой причинѣ, такъ какъ между каждой парой смежныхъ чугунныхъ подушекъ (черт. 148' *з*), длиною въ 68 с., оставленъ былъ промежутокъ въ 8 сант. Напряжение на сжатіе повысилось отъ этихъ двухъ причинъ въ ключѣ до  $17 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2} \left[ 42,5 \frac{\text{атм.}}{\text{сент.}^2} \right]$ , а въ пятахъ до  $12,4 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  безъ вѣтра и  $16,5 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  съ вѣтромъ. Значительное напряжение близъ шарнировъ отчасти вознаграждается тѣмъ, что растворъ для этихъ частей арки составленъ съ большимъ содержаніемъ цемента. При опредѣленіи размѣровъ фундамента наибольшее давленіе при неравномѣрномъ сжатіи назначено въ  $3 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  для скалистаго грунта и  $1,44 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  для гальки. Коэффициентъ тренія бетона по галькѣ принять въ  $f = 0,60$ . Въ стальныхъ шарнирахъ напряжение на кв. дюймъ диаметральнаго сѣченія составляетъ  $90 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  въ пятахъ и  $84 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  (безъ вѣтра) и  $112 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  въ ключѣ (съ вѣтромъ). Напряжение въ подушкѣ на изгибъ составляетъ  $50 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  въ ключѣ и  $38 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  и  $51 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$  въ пятахъ. Нижняя и верхняя подушки ничѣмъ не отличаются отъ подушекъ металлическихъ мостовъ, за исключеніемъ лишь того, что нижняя и верхняя грани снабжены выступами для лучшаго сопряженія съ бетонной массой.

Употребленный для работъ цементъ обладалъ въ среднемъ сопротивленіемъ разрыву послѣ 7 дней затворенія въ  $7,28 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2} \left[ 18,2 \frac{\text{атм.}}{\text{см.}^2} \right]$ ; предѣлы 17,26 атм. и 21,72 атм., а послѣ 28 дней въ  $9 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2} \left[ 22,77 \frac{\text{атм.}}{\text{см.}^2} \right]$ , предѣлы 21,58 атм. и 22,5 атм.].

Для лицевыхъ частей арки употреблялся цементъ, подкрашенный охраю (6%), что почти не выразилось уменьшеніемъ сопротивленія разрыву, а, именно, оказалось:  $72 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2} \left[ 18 \frac{\text{атм.}}{\text{см.}^2} \right]$  и  $8,2 \frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2} \left[ 20,5 \frac{\text{атм.}}{\text{см.}^2} \right]$ .

Приготовленные на мѣстѣ работъ образцы бетона различнаго состава, кубики размѣромъ 25 см. въ сторонѣ, подвергались испытанію на раз-

дробленіе. Опыты показали, что образцы, составленные изъ раствора, для котораго песокъ былъ взятъ на мѣстѣ работъ, дали болѣе высокіе — на 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—результаты по сравненію съ образцами, приготовленными на нормальномъ пескѣ. Имѣвшійся на мѣстѣ работъ песокъ заключалъ въ себѣ лишь 16<sup>0</sup>/<sub>0</sub> нормального песку; 42<sup>0</sup>/<sub>0</sub> были болѣе крупныхъ размѣровъ, а остальные 42<sup>0</sup>/<sub>0</sub> имѣли болѣе мелкое зерно. Обозначая буквами: *ц*—цементъ, *м*—мелкую гальку, размѣромъ до 2 см.; *Т*—гальку размѣромъ отъ 1 до 5 см.; *ш*—щебень размѣромъ 4—6 см., мы получимъ слѣдующее измѣненіе состава бетона въ пропорціяхъ:

- Бычки . . . . . 1 ц. : 4 п. : 8 Г.  
 Фундаментъ . . . . . 1 ц. : 3 п. : 6 Г.  
 Сводъ въ главныхъ частяхъ и проѣзжая часть 1 ц. : 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> п. : <sup>1</sup>/<sub>2</sub> м. : 4 щ.  
 Сводъ вблизи шарнировъ . . . . . 1 ц. : 2 п. : <sup>1</sup>/<sub>2</sub> м. : 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> щ.  
 Сводъ въ соприкасаніи съ подушками . . 1 ц. : 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> п. : <sup>3</sup>/<sub>4</sub> м. : <sup>3</sup>/<sub>4</sub> щ.  
 Лицевая часть . . . . . 1 ц. (съ охрою) и 2 п.  
 Тротуарныя плиты . . . . . 1 ц. : 2 п. : 3 Т.

Результаты испытанія указаны въ слѣдующей таблицѣ:

№№	СОСТАВЪ.	Число дней по приготовленіи.	Съясне въ квдр. санти- метрахъ.	Удельный вѣсъ.	Временное со- противленіе при раздробле- ніи въ атм.	Примѣчанія.
1 и 2	1 ц. : 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> п. : 5 щ. . . . .	213	494	2,31	259	Числа выражаютъ средніе результаты. При приготовленіи образцовъ №№ 5— 12 была сильная жара.
3 и 4	1 ц. : 3 п. : 6 Г. . . . .	213	444	2,32	198	
5 и 6	1 ц. : 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> п. : <sup>3</sup> / <sub>4</sub> м. : <sup>3</sup> / <sub>4</sub> щ. . . . .	100	408	2,25	259	
7	1 ц. : 2 п. : <sup>1</sup> / <sub>2</sub> м. : 2 щ. . . . .	170	438	2,29	324	
8—12	1 ц. : 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> п. : <sup>1</sup> / <sub>2</sub> м. : 4 щ. . . . .	160	640	2,29	181	

Такимъ образомъ, если взять для свода наиболѣе невыгодный резуль-  
 татъ 181  $\frac{\text{атм.}}{\text{см.}^2}$  или 72,4  $\frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$ , то при допущенномъ напряженіи въ 17  $\frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$   
 имѣемъ коэффициентъ запаса всего 4,26. Если держаться напей обыкно-  
 венной нормы запаса для камней и бетона, т. е. 10, то для бетона упо-  
 мянутыхъ свойствъ и состава коэффициентъ допускаемаго напряженія не  
 слѣдовало бы назначать свыше 7  $\frac{\text{пуд.}}{\text{дюйм.}^2}$ . Составъ подъ №№ 5 и 6, упо-  
 требляемый для частей свода при соприкасаніи съ подушками, имѣетъ  
 болѣе высокое сопротивленіе; хотя по сравненію съ №№ 1, 2 и 7 чи-  
 сленное значеніе одинаково, но слѣдуетъ взять въ расчетъ, что въ пер-  
 вомъ случаѣ бетонъ испытывался спустя 200 дней послѣ приготовленія,  
 а въ послѣднихъ 213 и 170 дней.

Бетонъ приготовляли ручнымъ способомъ. Въ каждомъ творильномъ ящикѣ можно было приготовить въ день до 36 куб. м. бетона, на что требовалось 5 рабочихъ для перемѣшиванія, 3—для подноски и подвозки матеріала и 3 для бетонирования.

На кружалахъ, представлявшихъ въ планѣ (черт. 148'з) упиреніе къ пятамъ и съ увеличеннымъ на 153 мм. подъемомъ, расположена была опалубка изъ 2-хъ дюймовыхъ досокъ, длина которыхъ настолько превосходила ширину свода, что къ нимъ можно было прикрѣпить помощью подкосовъ и проволокъ двѣ вертикальныя стѣнки (опалубки) (черт. 148'ж). Вблизи пять къ кружаламъ были приклепаны особыя деревянныя подушки (черт. 148'е), на которыя опирались чугунныя пятовья подушки арки. Эти деревянныя подушки имѣли, кромѣ того, своимъ назначеніемъ удержать части бетоннаго свода отъ сползанія внизъ впредь до упора чугунной подушки объ устой арки. Ключевая подушка расположена была также заблаговременно на кружалахъ. Бетонированіе производилось, начиная отъ обѣихъ пятахъ, оставивъ незабетонированнымъ промежутокъ въ 25 см. между чугунной подушкой и устоемъ. Одновременно съ этимъ средняя часть кружалъ на длину 6 метр. была загружена мѣшками съ пескомъ; всего было положено груза 40 тоннъ, причемъ вершина кружалъ опустилась на 12 мм. Весь сводъ по длинѣ былъ разбитъ на нѣсколько частей длиною 1—1,3 м., въ видѣ клиньевъ, занимавшихъ всю ширину моста; въ предѣлахъ каждаго клина бетонъ располагался тонкими горизонтальными слоями, около 15 см. Дойдя до шва или сѣченія № 6, около шва перелома, оставили промежутокъ въ 1,2 м. и продолжали далѣе бетонированіе до ключа. Затѣмъ задѣланы были бетономъ промежутки, оставленные въ пятахъ; устроено соприкасаніе съ ключевой подушкой и въ заключеніе задѣланы бетономъ промежутки въ 1,2 м., оставленный около шва перелома.

Полная осадка кружалъ опредѣлена въ 35 мм., а спустя 8 дней она увеличилась еще на 11 мм. Бетонированіе свода продолжалось 7 дней. Особенное вниманіе было обращено на установку шарнировъ, которые веѣ должны находиться на одной линіи, и, кромѣ того, оси всѣхъ трехъ шарнировъ должны быть взаимно-параллельны. Если бы шарниры не были расположены на одной линіи, то одновременное вращеніе было бы невозможно. Это обстоятельство исключаетъ, повидимому, примѣненіе шарнировъ къ косымъ бетоннымъ мостамъ. Одинъ общій длинный шарниръ также неудобенъ, такъ какъ при значительной длинѣ онъ изгибается, и въ сводахъ при вращеніи могутъ появиться вслѣдствіе этого дополнительныя напряженія. Для кладки бычковъ были установлены во всю высоту бычковъ щиты, укрѣпленные проволочными канатами. Для всѣхъ наружныхъ частей примѣнялся цементъ, окрашенный охрой. Ма-

теріаль підвозилися на ручних вагончикахъ. Мостовое полотно было устроено по снятіи кружалъ, которыя были сняты 5 недѣль спустя послѣ замкнутія свода. Осадка свода наблюдалась особыми указателями, увеличивавшими показаніе въ 10 разъ (черт. 148'е). Осадка кружалъ производилась помощью чугунныхъ цилиндровъ, наполненныхъ пескомъ (черт. 148'з). Послѣ осадки ближайшихъ къ пятамъ поршней цилиндра на 1 см., ключъ приподнялся на 2,5 мм. Осадка поршней всѣхъ цилиндровъ на 1 см. вызвала осадку ключа на 5 мм.; слѣдующая осадка на 1 см. сопровождалась осадкой ключа на 2,5 мм.; всего на полномъ освобожденіи кружалъ ключъ свода опустился на 56 мм.; въ теченіе 3 мѣсяцевъ осадка ключа увеличилась до 83 мм., послѣ чего дальнѣйшая осадка прекратилась.

Спустя 8 недѣль послѣ замкнутія свода происходило испытаніе моста. Сначала былъ пропущенъ порожній шосейный катокъ вѣсомъ 75 цент. Когда грузъ находился въ первой трети арки, ключъ приподнялся на 0,1 мм.; при прохожденіи катка надъ ключемъ ключъ опустился на 0,6 мм., постоянная осадка опредѣлилась въ 0,1 мм. Во второй разъ былъ пропущенъ катокъ вѣсомъ 130 цент.; исчезающій прогибъ опредѣлили въ 0,1 мм., постоянной осадки не было. При нагрузкѣ моста грузомъ 300 кил. на кв. метръ исчезающій прогибъ оказался въ 0,6 мм., постоянный—нуль.

Подвижная равномерная нагрузка снималась частями, начиная отъ одной изъ опоръ, такъ что при испытаніи былъ осуществленъ наиболѣе невыгодный способъ загрузки арки для всѣхъ ея сѣченій.

Всего потребовалось для сооруженія моста 634 куб. метра бетонной кладки, причемъ расходы опредѣлились по частямъ слѣдующимъ образомъ:

основаніе . . . . .	7700 мар.
кружала . . . . .	3200 »
бетонированіе. . . . .	10700 »
асфальтъ и желѣзо . . . . .	5000 »
	<hr/>
	26600 мар.
администрація и пр. . . . .	2600 »
	<hr/>
	29200 мар.

или около 15.000 руб., т. е. на кв. метръ полотна — 175 мар.; на кв. метръ боковой поверхности — 60 мар. (считая прямоугольникъ, стороны котораго — высота моста отъ подошвы и длина между задними гранями фундамента); на куб. метръ кладки—46 мар. или, примѣрно, на куб. саж. кладки около 230 рублей.

Увеличивъ ширину моста вдвое, т. е. сдѣлавъ его нормальной ширины въ 3,8 саж., мы получили бы стоимость моста при величинѣ пролета

въ 43 м., около 20 с. въ 30.000 рублей, что, очевидно, значительно дешевле однѣхъ металлическихъ пролетныхъ частей.

На черт. 148<sup>''</sup> изображенъ *трехшарнирный желѣзобетонный мостъ* черезъ р. Suald вь Испаніи. Авторъ проекта Ribéga назвалъ систему моста своимъ именемъ, но повидимому она напоминаетъ систему Melan'a.

Величина одного изъ пяти пролетовъ 35 метр., подъемъ 3,5 м., полная ширина 7 метр., тротуары на консоляхъ. Арка однообразнаго сѣченія по шпрингѣ моста и состоитъ изъ бетоннаго массива, усиленнаго сквозными металлическими трехшарнирными арками, разставленными на взаимномъ разстояніи 1,66 м.; верхній и нижій пояса арки составлены изъ парныхъ уголковъ  $100 \times 100 \times 10$  мм., соединенныхъ стойками изъ уголковъ  $80 \times 80 \times 8$  мм. и раскосами  $80 \times 8$  мм.; высота арки въ ключѣ 40 см., въ пятѣ 50 см., а по серединѣ 60 см. Шарниры задѣлааны въ бетонные камни. Толщина арки въ ключѣ — 50 сант., въ пятахъ — 60 сант. и на разстояніи четверти пролета 70 сант.; металлическія балки соединены поперечными связями. На желѣзобетонныя стойки толщиной 18 сант. въ стropѣ и разставленныя на взаимномъ разстояніи 1,5 м. и 1,66 м. опираются желѣзобетонныя поперечныя балки — сѣченія  $18 \times 25$  сант.; діаметръ проволоки —  $d = 28$  мм. Продольныя балки сѣченія  $15 \times 20$  сант., діаметръ проволоки — 36 мм.; толщина проволоки въ сѣткѣ плоскаго перекрытія 9 мм.; проволоки расположены на взаимномъ разстояніи въ 13 сант. Стоимость моста 196 франковъ за 1 кв. м. перекрытой поверхности.

На черт. 148<sup>'''</sup> — изображены нѣкоторыя детали *желѣзобетоннаго моста* черезъ р. Vogmida вь Италіи. Пролетъ 18 м.; подъемъ 2,1 м. Ширина моста 7,6 м. Арка однообразнаго сѣченія по шпрингѣ; толщина арки въ ключѣ — 30 сант., въ пятахъ 50 — сант. Металлическая арматура въ аркѣ состоитъ изъ двухъ рядовъ проволокъ толщиной 16 мм., на взаимномъ разстояніи въ 20 сант. и удаленныхъ отъ наружной поверхности на 2 сант.; обѣ проволоки соединены проволоками толщиной 5 мм., имѣющими нормальное и наклонное направленіе. Въ средней части арки сохрaнена только одна нижняя проволока. Продольныя проволоки продолжаютъ вьнутрь устоя, усиленнаго сѣтью проволокъ толщиной 20 мм. на взаимномъ разстояніи въ 50 сант. На арку опираются стойки сѣченія  $30 \times 30$  сант., усиленныя четырьмя проволоками діаметромъ  $d = 12$  мм. и связанными по высотѣ хомутами черезъ каждыя 40 сант. Вертикальныя проволоки стоекъ вьпущены въ массивъ арки и поперечныхъ балокъ. Продольныя и поперечныя балки, расположенныя на одинаковомъ разстояніи 1,46 м. другъ отъ друга, имѣютъ вьнизу 4 проволоки діаметромъ  $d = 20$  мм., а вьверху — 3 проволоки діаметромъ  $d = 14$  мм.; оба ряда проволокъ не находятся непосредственно одинъ надъ другимъ, а нѣсколько въ сторонѣ, что позволило примѣнить особаго рода хомуты си-

стемы Maciachini—автора проекта. Плиты толщиной 16 сант. и усилены стѣткой изъ проволоки въ  $d=16$  мм., расположенныхъ на взаимномъ разстояніи въ 20 сант. по обоимъ направленіямъ. Арматура устоя состоитъ изъ горизонтально и вертикально расположенныхъ прутьевъ діаметромъ 20 мм. Пробная нагрузка въ 900  $\frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  въ одномъ случаѣ и сосредоточенная отъ двухъ фуръ всего въ 18 тоннъ въ другомъ случаѣ дала весьма благоприятные результаты. Стоимость всего сооруженія 17.580 фр.

На черт. 148<sup>IV</sup> изображенъ *жельзобетонный* мостъ системы Hennebique въ Chatellerault чрезъ р. Vienne; наибольшій пролетъ  $l=50$  метр.; два остальные по 40 м.; стрѣла подъема 4,8 и 4 м. Ширина моста 8 м., въ томъ числѣ тротуары на консоляхъ по 1,5 м. Опоры составляютъ одно цѣлое съ аркой, причеиъ продольныя проволоки арки проходятъ сквозъ тѣло быка (черт. 148<sup>IV</sup> с). Арка состоитъ изъ сплошной части толщиной 0,25 м. въ ключѣ и 0,35 м. въ нятѣ, усиленной четырьмя утолщеніями высотой 0,29 м. въ ключѣ и въ 0,56 м. въ пятахъ. Въ каждомъ изъ утолщеній помѣщено 12 проволокъ, по четыре парныхъ проволоки въ рядъ внизу и по четыре одиночныхъ проволоки вверху; верхній и нижній ряды соединены хомутами Hennebique. Арматуры арокъ связаны какъ съ арматурой сплошной части свода, такъ и съ арматурой устоевъ и быковъ. Продольныя балки усилены шестью проволоками—четыре внизу и двѣ вверху. Поперечныя балки (черт. 148<sup>IV</sup> б) меньшей высоты по сравненію съ продольной балкой; плиты толщиной всего 0,15 м. и усилены однимъ рядомъ проволокъ; въ сплошной части арки имѣются двѣ одиночныя проволоки, расположенныя въ одинъ рядъ. Устой—также изъ жельзобетона—имѣетъ двѣ обратныя стѣнки и два тонкихъ контрфорса криволинейнаго очертанія; контрфорсы принимаютъ на себя распоръ двухъ среднихъ арокъ и передаютъ его на сплошное жельзобетонное основаніе. Боковыя стѣнки устоевъ имѣютъ поперечные контрфорсы. Засыпка землей увеличиваетъ устойчивость устоя. Быки представляютъ въ разрѣзѣ брусъ равнаго сопротивленія и состоятъ изъ жельзобетонныхъ ящиковъ, наполненныхъ тощимъ бетономъ. Эти ящики усилены продольными жельзобетонными стѣнками, помѣщенными противъ арокъ. Толщина быка въ уровнѣ пяты 2 м.; толщина жельзобетонной стѣнки 12 сант. Допущенное напряженіе 10  $\frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$  для жельза и 15  $\frac{\text{кил.}}{\text{см.}^2}$  для бетона. Полная стоимость моста 175.000 фр. или 162 фр. на кв. м. перекрытой поверхности.

На рис. 141 показанъ оригинальный жельзобетонный арочный мостъ съ затяжкой и съ ѣздою по низу чрезъ р. Seille въ Лотаринги. Арка шириною 500 мм. и высотой 400 мм. состоитъ изъ 28 проволокъ, расположенныхъ преимущественно около верхней и нижней грани, а также и около боковыхъ граней; всѣ эти проволоки соединены поперечными связками. За проволоки наружныхъ рядовъ зацѣпляется 7 проволокъ подвѣ-

сокъ толщиною 24 мм.; изъ числа этихъ проволокъ наружныя переходятъ непосредственно въ проволоки нижняго ряда поперечной балки; къ этимъ же послѣднимъ прикрѣпляются внутреннія проволоки подвѣсокъ; поперечная балка имѣеть внизу два яруса проволокъ—одинъ прямой, а другой изогнутый; вверху—одинъ ярусъ проволокъ. Между поперечными балками зажаты желѣзобетонныя продольныя балки. Для уменьшенія распора на опоры арка имѣеть желѣзобетонную затяжку, состоящую изъ 26 проволокъ толщиною 16 мм.; проволоки затяжекъ соединяются съ проволоками арки. На затяжки и на двѣ продольныя балки опираются желѣзобетонныя плиты, составляющія нижнюю часть мостового полотна. Устои также желѣзобетонныя, причемъ верхняя часть обратныхъ стѣнокъ сдѣлана длиннѣе, чѣмъ въ средней и нижней части, что допустимо, такъ какъ желѣзобетонъ можетъ сопротивляться изгибу.

Описанный примѣръ представляетъ уже примѣненіе желѣзобетонныхъ конструкцій къ фермамъ со сквозной стѣнкой — арочной или балочной системы. Для такихъ фермъ наиболѣе пригодна конструкція Визинтини и Консидера. Первая изъ нихъ представляетъ собою элементы прямоугольнаго сѣченія—изъ бетона и продольныхъ проволокъ, расположенныхъ въ двухъ рядахъ. Изъ такихъ элементовъ Визинтини составляетъ рѣшетчатую или раскосную бетонную ферму, состоящую изъ верхнихъ и нижнихъ поясовъ и раскосовъ; элементы, подвергающіеся сжатию, не всегда снабжаются арматурой, по этого слѣдуетъ избѣгать ввиду того, что въ подобной фермѣ всѣ элементы ея взаимно соединены жесткимъ образомъ; поэтому, при изгибѣ фермы появляются въ узлахъ сгибающіе моменты, что дѣлаетъ включеніе арматуры неизбѣжнымъ. Отдѣльныя рѣшетчатыя балки, шириною около 0,50 мет., изготовляются на заводѣ и могутъ быть соединены въ одну балку по двѣ или по три балки, поставленныя рядомъ вплотную или же балки могутъ быть поставлены во всю ширину моста; балки взаимно соединяются металлическими шпонками, вставляемыми въ верхней части фермы съ заливкой цементнымъ растворомъ. По этой системѣ построено два моста черезъ р. Zchorrau въ Германіи при величинѣ пролета въ 17 м. и 10 м. Въ первомъ изъ нихъ уложены двѣ двойныя балки шириною каждая по  $2 \times 0,50 \text{ м.} = 1 \text{ м.}$  съ промежуткомъ въ 0,80 м. На балки уложенъ досчатый настилъ, образующій проѣзжую часть шириною 2,50 м.

Конструкція Considère (со спиральной обмоткой и обязательно съ продольными проволоками) повидимому болѣе пригодна для такихъ фермъ, такъ какъ арматура расположена не по оси, а по периметру. Для обнаруженія слабыхъ сторонъ своей конструкціи въ примѣненіи къ фермамъ со сквозной стѣнкой, Considère построилъ модель балочки параболической фермы съ нижнимъ горизонтальнымъ и верхнимъ криволиней-



нымъ поясами, со стойками и нисходящими раскосами. Длина модели составляла 20 м. при высотѣ въ 2,3 м. и шириною 2,5 м., что соотвѣтствуетъ Фасадъ и планъ.

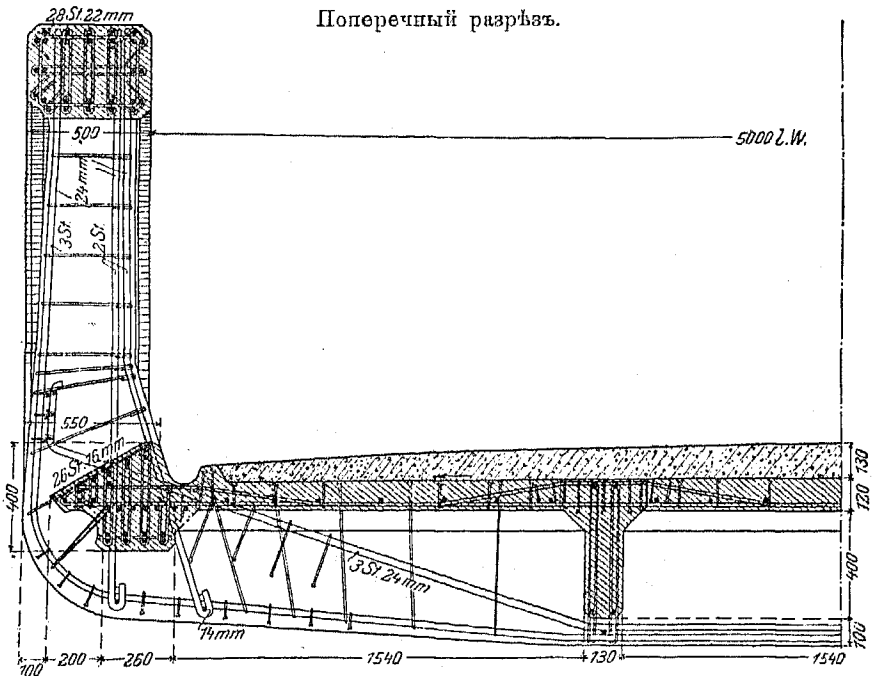
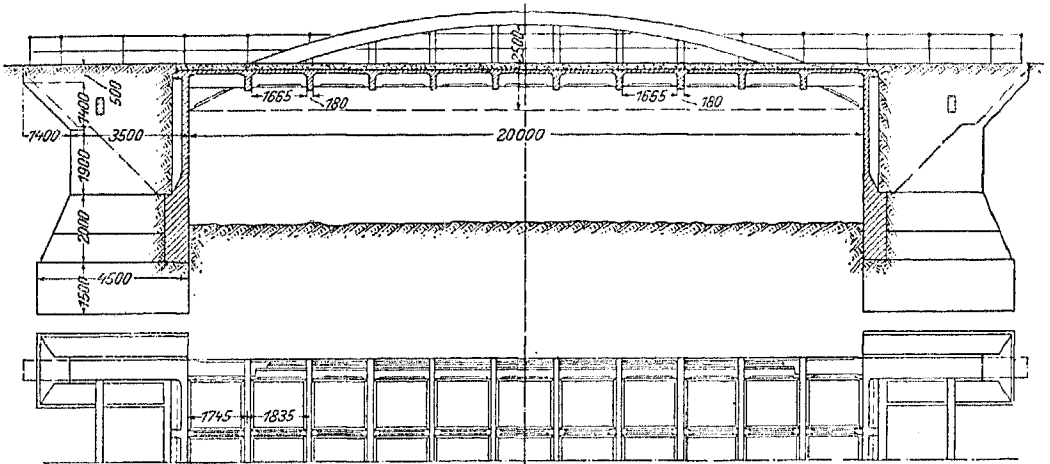


Рис. 141. — Железобетонный мостъ черезъ р. Seille въ Потарингн.

ствовало  $\frac{1}{3}$  величины составленнаго имъ проекта (не осуществленнаго пока) моста пролетомъ въ 60 м. Въ такомъ же отношеніи были уменьшены и поперечные размѣры составныхъ частей фермы. Верхній и нижній

пояса имѣли призматическую форму восьмиугольнаго сѣченія; съ діаметромъ вписаннаго круга въ 25 сант.; въ верхнемъ поясѣ было восемь продольныхъ проволокъ діаметромъ 11 мм., расположенныхъ по периметру, а въ нижнемъ — 37 проволокъ, діаметромъ 13,3 мм., расположенныхъ равномерно во всей толщѣ пояса, при взаимномъ разстояніи между проволоками въ 3 см.; въ обоихъ поясахъ была винтообразная обмотка изъ проволоки діаметромъ 9,55 мм. Раскосы и стойки были прямоугольнаго сѣченія 12×15 см., съ четырьмя проволоками діаметромъ 15 мм.; проѣзжая часть состояла изъ поперечныхъ балокъ высотой 20 см. съ шестью проволоками и изъ желѣзобетоннаго покрытія, толщиной 7 см. Въ средней части фермы верхніе пояса были связаны распорками. Проволоки стоекъ при соединеніи съ проволоками нижняго пояса были загнуты въ видѣ крючьевъ, чего, вслѣдствіе недосмотра, не было сдѣлано при соединеніи ихъ съ проволоками верхняго пояса и что было причиной того, что разрушеніе модели произошло нѣсколько раньше, чѣмъ можно было ожидать. Испытаніе производилось 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> мѣсяцевъ спустя послѣ окончанія работъ. Собственный вѣсъ моста составлялъ 25 тоннъ; нагрузка рельсами измѣнялась отъ 10 тоннъ до 241 тонны, съ напряженіемъ во всѣхъ панеляхъ поясовъ отъ 17,3  $\frac{\text{кнл.}}{\text{см.}^2}$  на ядро сѣченія, ограниченнаго спиралью, до 460  $\frac{\text{кнл.}}{\text{см.}^2}$ . При нагрузкѣ въ 60 тоннъ — струѣла прогиба составляла  $\frac{1}{2000}$  пролета. При нагрузкѣ въ 180 тоннъ были замѣчены первые признаки разрушенія; въ вытянутыхъ частяхъ замѣчены были волосныя трещины; при нагрузкѣ въ 200 тоннъ — трещины увеличились и слой бетона, окружавшій обмотку, началъ лупиться; при 241 тоннахъ — мостъ разрушился. Въ первой панели верхняго пояса лопнула спираль и бетонъ раздробился; вытянутые пояса остались почти безъ поврежденія; болѣе замѣтныя поврежденія замѣчены были въ раскосахъ и стойкахъ съ обыкновенной продольной арматурой.

Желѣзобетонная конструкція примѣнена и къ фермамъ системы Vierendeel'я. Такъ напр. къ этой системѣ можно отнести построенный въ Англии въ Surfleet желѣзнодорожный (легкаго тина) мостъ съ ѣздою по низу, пролетомъ въ 16,8 м., съ верхнимъ криволинейнымъ поясомъ. Верхній поясъ — таврового сѣченія, вышиною 40 см., и шириною 45,7 см., при толщинѣ стѣнки въ 12,7 см. и толщинѣ верхней полки въ 22,9 см.; въ верхней части восемь проволокъ діаметромъ 47,6 мм., а въ стѣнкѣ внизу — двѣ проволоки діаметромъ 19 мм. Нижній поясъ почти такого же сѣченія. Стойки или стержни крестообразнаго сѣченія, съ прутьями діаметромъ 25 мм. Такъ какъ въ узлахъ проявляются значительные моменты, то въ стойкахъ, кромѣ вертикальныхъ прутьевъ, имѣются еще взаимноперекрещивающіяся діагональныя проволоки съ концами, задѣланными

въ поясахъ. Поперечныя и продольныя балки высотой 43,2 м. съ арматурой, связанной съ арматурой стоекъ; на ребра полотна опираются железобетонныя плиты, толщиной 12,7 сант. \*).

## Х.

### Деревянные пролетныя части.

Фермы пролетныхъ частей моста, устраиваемыя изъ дерева, принадлежатъ къ двумъ типамъ: а) къ фермамъ, не производящимъ горизонтальнаго распора (балочныя — изъ сплошныхъ прогоновъ, балочныя — со сквозной стѣнкой и проч.) и б) къ фермамъ съ горизонтальнымъ распоромъ прямого направленія (подкосныя, арочныя).

Пролетныя части моста, какъ извѣстно, состоятъ изъ двухъ частей: 1) изъ проѣзжей части и 2) изъ фермъ или главныхъ прогоновъ моста.

Устройство проѣзжей части одинаково, къ какой бы системѣ ни принадлежали фермы моста; поэтому разсмотримъ сначала устройство ея, а затѣмъ перейдемъ къ описанію устройства собственно фермъ мостовъ въ каждой изъ упомянутыхъ системъ.

Проѣзжая часть состоитъ изъ *мостового полотна* (верхней и нижней части) и изъ *реберъ* мостового полотна (продольныя, поперечныя балки), передающихъ фермамъ моста грузъ проѣзжей части.

*Верхняя часть* мостового полотна подвергается непосредственному дѣйствію подвижнаго груза (верхній досчатый настиль, щебеночный слой, шашки торцевой мостовой и проч. — въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу; рельсы — въ желѣзнодорожныхъ мостахъ).

*Нижняя часть* мостового полотна принимаетъ давленіе отъ верхней части и передаетъ его *ребрамъ* мостового полотна (нижній досчатый настиль — въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу; шпалы, продольные лежни — въ желѣзнодорожныхъ мостахъ).

#### Устройство проѣзжей части въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу.

Верхняя часть полотна моста устраивается изъ досокъ или пластинъ, изъ щебеночнаго слоя, изъ каменной или торцевой мостовой, а нижняя часть полотна — исключительно изъ досокъ или изъ пластинъ.

*Досчатое полотно.* Въ случаѣ устройства полотна изъ досокъ или пластинъ ограничиваются однимъ или двумя рядами досокъ — въ зависи-

\*) Очень подробныя свѣдѣнія о желѣзобетонныхъ конструкціяхъ помѣщены въ трудѣ ниж. Подольскаго: „Желѣзобетонныя мосты и виадукъ“, Москва, 1906 г. и Kersten'a „Der Eisenbetonbau“.

мости отъ размѣра движенія. При *одиночномъ* настиль — пластины или доски всегда располагаются перпендикулярно къ направлению движенія, опираясь непосредственно или на главные прогоны моста (рис. 142), если разстояніе между прогонами не превосходитъ 2,75 — 4 ф., или на вспомогательные прогоны (ребра полотна) (рис. 143), если разстояніе между главными прогонами настолько велико, что доски или пластины обыкновенно употребляемыхъ размѣровъ не въ состояніи выдержать дѣйствующую на нихъ нагрузку.

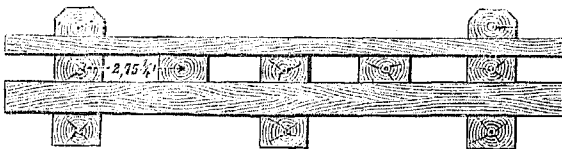


Черт. 142.

Разстояніе между продольными прогонами дѣлають отъ 2,75—4 ф., считая это разстояніе между осями, а промежутки между осями поперечинъ дѣлаются отъ 5 до 8 футъ.

Толщина досокъ или пластинъ измѣняется отъ 4,0 до 7,5 дюймовъ. Вспомогательные прогоны при прямоугольномъ сѣченіи имѣютъ въ основаніи 8" или 9", а въ высоту 10"—12". Поперечины имѣютъ въ основаніи 8" — 10", а въ высоту 10" — 14". Вообще вспомогательные прогоны изготовляются изъ 6,5 — 8 вершковаго лѣса, а поперечины изъ 8—9 вершковаго лѣса.

При значительномъ разстояніи между главными прогонами можно иногда обойтись и безъ вспомогательныхъ продольныхъ прогоновъ, располагая настиль на поперечинахъ вдоль моста. Но такого расположения слѣдуетъ всегда избѣгать, въ виду того, что при неплотной пригонкѣ настила колеса экипажей могутъ попадать въ щели.



Черт. 143.

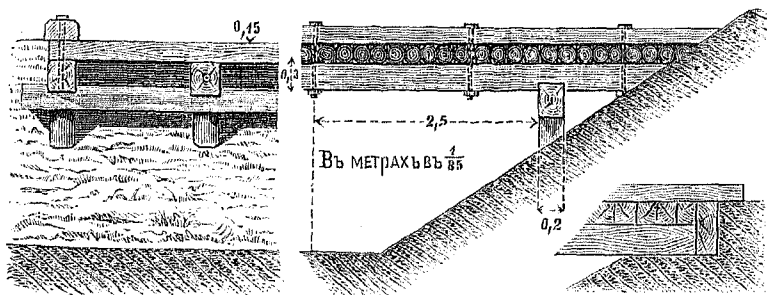
Доски или пластины при одиночномъ настиль укладываются обыкновенно вплотную съ притеской кромкой. На неширокихъ мостахъ съ небольшимъ движеніемъ досчатое полотно удерживается двумя прижимными брусьями, расположенными надъ крайними прогонами, причемъ предполагается, что длина пластины равняется ширинѣ моста. Прижимные брусья прикрѣпляются къ прогону нагелями или завершенными шпильями или болтами (рис. 144). При значительной ширинѣ моста, допускающей одновременный проѣздъ экипажей по двумъ направлениамъ, стыки пластинъ и досокъ, приходящіеся по оси моста, перекрываются прижимнымъ брусомъ, который служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ и барьернымъ брусомъ.

Въ небольшихъ мостахъ концы прижимныхъ брусевъ врубаются шипомъ въ наклонные надолбы, зарытые въ землю (черт. 162 и 163).

Въ небольшихъ мостахъ концы прижимныхъ брусевъ врубаются шипомъ въ наклонные надолбы, зарытые въ землю (черт. 162 и 163).

Въ небольшихъ мостахъ концы прижимныхъ брусевъ врубаются шипомъ въ наклонные надолбы, зарытые въ землю (черт. 162 и 163).

Въ мостахъ съ болѣе дѣятельнымъ движеніемъ каждая доска прикрѣпляется къ прогонамъ нѣсколькими гвоздями или нагелями. Въ случаѣ употребленія пластинъ—выпуклая сторона ихъ обращена къ низу. Во избѣжаніе поперечнаго перемѣщенія настила полезно, при пересѣченіи пластинъ или досокъ съ прогонами, вынимать въ этихъ послѣднихъ небольшие четверти, а въ доскѣ дѣлать соотвѣтственныя вырубкы около



Черт. 144.

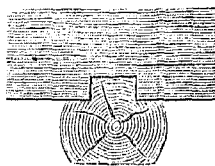
$\frac{1}{2}$ " —  $\frac{3}{4}$ " (рис. 145). Выемка четверти необходима для того, чтобы въ промежуткѣ между двумя прогонами доска сопротивлялась по возможности неослабленнымъ сѣченіемъ. Иногда же эту четверть не вынимаютъ, какъ показано на рис. 146.

При значительномъ движеніи выгоднѣе устраивать полотно моста изъ *двухъ рядовъ досокъ*, располагая верхній рядъ по тому же направленію, или перпендикулярно къ нижнему ряду.

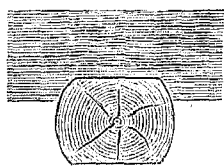
Верхній рядъ досокъ имѣетъ цѣлью предохранить нижній рядъ отъ изнашиванія.

Продольное или поперечное расположеніе досокъ мало вліяетъ

на болѣе или менѣе быстрое изнашиваніе ихъ, хотя при поперечномъ направленіи замѣчается меньшее изнашиваніе. При поперечномъ направленіи кромки очень скоро обминаются, причѣмъ полотно въ продольномъ сѣченіи моста получаетъ волнообразный видъ; при продольномъ направленіи доска изнашивается нѣсколько быстрѣе; изнашиваніе это распространяется равномерно во всю длину доски, но не одинаково по ширинѣ ея. Средняя часть доски, какъ менѣе твердая, изнашивается болѣе кромокъ, такъ что здѣсь образуются продольные желобки, затрудняющіе поперечный стокъ воды. При продольномъ направленіи ѣзда значительно спокойнѣе. Во время гололедицы поперечный настилъ съ другой стороны представляетъ большія неудобства сравнительно съ продольнымъ настиломъ.



Черт. 145.

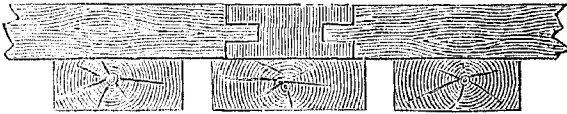


Черт. 146.

Верхній рядъ укладывается вплотную, а нижній рядъ съ промежутками въ  $\frac{1}{2}$ "—1" дюйма, для удобства стока воды и просушки полотна. Оконопатка нижняго ряда вредна.

Толщина досокъ верхняго ряда измѣняется отъ 1,5 до 3 дюймовъ, смотря по породѣ лѣса и дѣятельности движенія.

Дубовыя доски считаются наиболѣе пригодными; сосновыя и еловыя быстро изнашиваются и, сдѣлавшись шероховатыми, затрудняютъ усгѣш-  
ный стокъ воды.



Черт. 147.

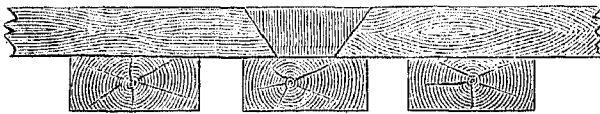
Что касается размѣра нижняго ряда досокъ, размѣровъ и разстоянія попере-  
речинъ и вспомогатель-  
ныхъ продольныхъ прого-  
новъ, то здѣсь слѣдуетъ повторить то же, что и при одиночномъ настилѣ.

Размѣры нижняго ряда дѣлаются нѣсколько менѣе, чѣмъ при оди-  
ночномъ настилѣ.

Размѣры нижняго ряда дѣлаются нѣсколько менѣе, чѣмъ при оди-  
ночномъ настилѣ.

Каждая доска верхняго ряда прикрѣпляется къ нижнему ряду нѣ-  
сколькими гвоздями. Иногда для удобства стока дождевой воды проѣз-  
жей части придаютъ выпуклую форму, что требуетъ выгиба досокъ верх-  
няго поперечнаго ряда.

Во избѣжаніе выгиба верхняго ряда досокъ по цилиндрической по-  
верхности удобнѣе дѣлать полотно двухскатнымъ, располагая стыки по-  
перечныхъ досокъ по



Черт. 148.

оси моста, что по-  
зволяетъ производить  
ремонтъ обѣихъ по-  
ловиць полотна мо-  
ста, не прекращая

движенія. При расположеніи верхняго и нижняго ряда вдоль моста можно  
одинаково удобно сохранить двухскатную и выпуклую форму. Иногда же  
не принимаютъ никакихъ мѣръ для стока воды, рассчитывая на проса-  
чиваніе воды въ щели, между отдѣльными досками или въ высверлен-  
ныя отверстія. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ между досками нижняго ряда  
оставляютъ также промежутки въ  $\frac{3}{4}$ "—1".

Для того, чтобы концы досокъ верхняго ряда (при расположеніи до-  
сокъ вдоль моста, а также и поперекъ, при отсутствіи средняго прижим-  
наго бруса)—не могли приподняться въ стыкахъ, вслѣдствіе случайнаго  
отсутствія гвоздя или нагеля—иногда обдѣлываютъ концы досокъ шипомъ,  
входящимъ въ шпунтъ поперечной или продольной прижимной доски  
(рис. 147), или же концы досокъ верхняго настила срѣзываются наклонно  
и удерживаются отъ поднятія одной общей доски съ соответственнымъ

наклоннымъ срѣзомъ (рис. 148). Обыкновенно такой способъ закрѣпленія концовъ досокъ употребляется при верхнемъ продольномъ рядѣ только въ началѣ и въ концѣ мостового полотна; въ средней же части полотна концы досокъ прибиваются двумя гвоздями, и стыки часто располагаются въ перевязку. При двойномъ продольномъ настиль—въ началѣ и въ концѣ мостового полотна кладется равный по толщинѣ двойному настилу брусъ съ такимъ же наклоннымъ срѣзомъ (рис. 149).



Рис. 149.

Мостовое полотно изъ *щебеночнаго* слоя примѣняется весьма часто (рис. 150) по своей

дешевизинѣ. Нѣтъ надобности дѣлать очень толстый слой—во избѣжаніе излишней нагрузки, а слѣдовательно и размѣровъ прогоновъ моста и нижняго настила, т. е. нижней части мостового полотна. Кромѣ того, при ремонтѣ моста пришлось бы снимать толстый слой щебня. Наименьшая толщина слоя принимается въ 2,0—4,5 дюйма. Для удобства стока воды утолщаютъ слой по срединѣ на  $\frac{1}{50}$  ширины моста. Такъ, напри- мѣръ, при ширинѣ моста въ 16', толщина по срединѣ составила бы отъ 5 до 7 дюймовъ; наибольшая же толщина около 10 дюймовъ.

*Каменная мостовая* не практична въ томъ отношеніи, что своею тяжестью излишне обременяетъ мостъ и препятствуетъ быстрому высыхашію досчатаго настила,

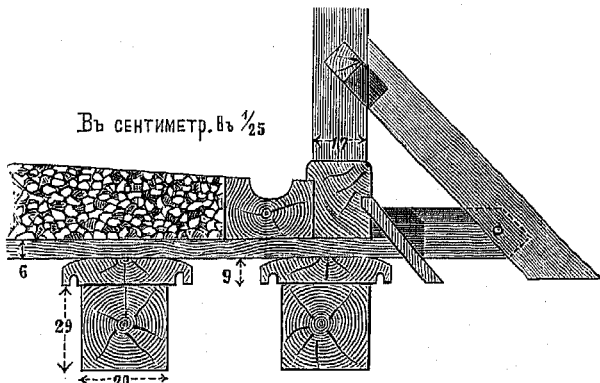


Рис. 150.

если только доски не покрыты водонепроницаемымъ слоемъ. Въ прежнее время употребляли для этой цѣли слой глины толщиною въ 2,5—3,5 дюйма. Такая мостовая устраивается только въ городахъ—ради красоты. Подъ камнями располагается слой песку, и верхней поверхности полотна моста придаютъ выпуклую форму.

*Торцовая мостовая* предпочтительнѣе предыдущей по своей легкости. Хотя эта мостовая по ремонту значительно дороже каменной мостовой, но, принимая во вниманіе большіе размѣры составныхъ частей моста для послѣдней мостовой, — выгода остается на сторонѣ торцовой мостовой (рис. 151).

Осмоленные торцы (шашки) мостовой, высотой 5" — 8", устанавливаются прямо на настил, а иногда—на слой песку, толщиной 2"—при употреблении при этом двойного нижнего настила. При песчаном подстиль—поверхность мостовой недостаточно ровная, но при этом полу-

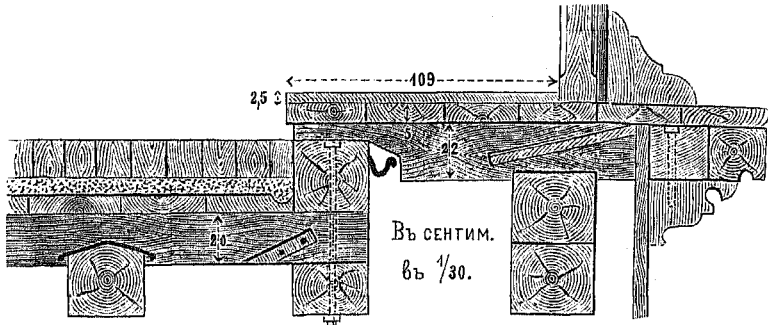


Рис. 151.

чается та выгода, что шашки могут быть неодинаковой высоты, которая уравнивается большей или меньшей толщиной слоя песку; затѣмъ, перевернувъ износившіяся шашки, ихъ можно снова употребить въ дѣло. Нѣкоторые держатся того мнѣнія, что употребленіе шашекъ въ открытыхъ мостахъ неудобно, потому что отъ дѣйствія дождя онѣ разбухаютъ

и разстраиваютъ полотно моста \*). На неширокихъ мостахъ съ небольшимъ гѣшеходнымъ движениемъ *тротуары* не устраиваются (черт. 97).

Для того, чтобы тротуаръ былъ всегда чистымъ, полезно располагать его выше проезжей части дюймовъ на 6—9. Въ этомъ случаѣ для обра-

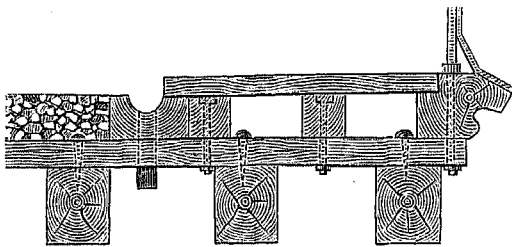


Рис. 152.

зованія полотна тротуара нельзя уже пользоваться нижнимъ рядомъ досокъ, а устраиваютъ особое полотно изъ продольныхъ (черт. 152) или поперечныхъ досокъ (рис. 152 и 153).

Въ первомъ случаѣ доски опираются на особые короткія поперечные бруски, непревосходящіе длиною ширину тротуара (рис. 154).

\*) Въмѣсто шестигуольныхъ торцовъ употребляютъ теперь нерѣдко деревянные бруски шириною около 3 д., длиною—12 д. и высотой 7 д., располагаемые на нижнемъ настиль перпендикулярно къ направленію движенья. Между рядами остаются промежутки въ 1 д., въ которые вставляются на ребро дюймовыя доски; сквозь эти доски и бруски забиваютъ наклонно гвоздь, которымъ мостовая прикрѣпляется къ нижнему настилу; верхняя часть дюймовыхъ промежутковъ засыпается пескомъ, гравіемъ и мелкимъ щебнемъ.



Устраивая полотно тротуара изъ поперечныхъ досокъ, подъ досками помѣщаютъ продольные бруски, которые располагаются или на пижнемъ досчатомъ настилѣ (черт. 26), что нельзя признать удачнымъ, въ виду возможности ремонта пижняго настила, или — на продольныхъ прого-нахъ моста, а при значительномъ разстояніи между ними — на особыхъ поперечипахъ.

Въ мостахъ шириною до 16 ф., съ одиночнымъ или двойнымъ досчатымъ настиломъ, или же при щебеночномъ слоѣ незначи-тельной толщины — для *отвода* воды обык-новенно ограничиваются тѣмъ, что просверливаютъ въ доскахъ нѣсколько отверстій. При болѣе значительной ширинѣ моста, а также при щебе-ночномъ слоѣ значительной толщины и при каменной мостовой — верх-ней поверхности придаютъ уклонъ въ обѣ стороны. Если нѣтъ возвы-шающагося тротуара, то вода стекаетъ черезъ край, или устраивается деревянный или каменный лотокъ (черт. 97). При существованіи возвы-шающагося тротуара располагаютъ лотокъ около тротуара (черт. 99), или тротуаръ отдѣляется отъ проѣзжей части продольною щелью, или, не ограничивая проѣзжую часть брусомъ, тротуаръ настолько возвышаютъ надъ нею, что вода сте-каетъ какъ съ тротуара, такъ и съ проѣзжей ча-сти — черезъ край полот-на (рис. 154).

Лоткамъ придается уклонъ въ  $\frac{1}{400}$ ; вода выводится къ обоимъ кон-цамъ моста, а при значительной длинѣ моста спускается въ нѣсколькихъ мѣстахъ внизъ черезъ особыя длинныя трубы (черт. 99).

Кромѣ обезпеченія быстрого стока воды необходимо предохранять дорого стоящія и трудно ремонтируемыя части моста (прогоны) отъ непосредственнаго доступа къ нимъ воды. Для этой цѣли служатъ: осмолка древесной смолой, окраска, обшивка досками или листовымъ желѣзомъ и плотная пригонка досокъ полотна. Поверхъ прогоновъ располагаютъ осо-

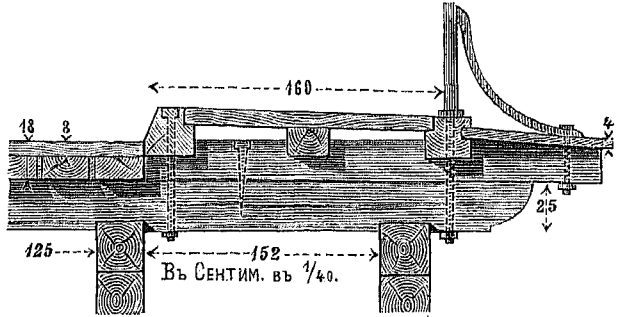


Рис. 153.

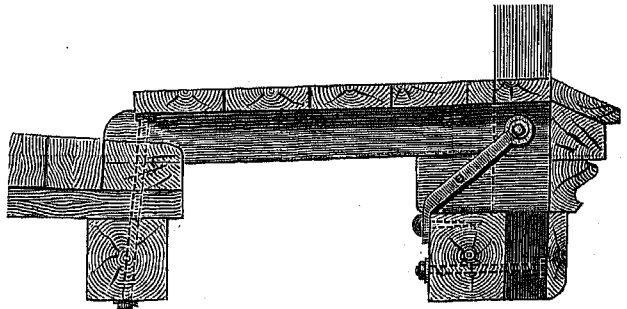


Рис. 154.

быя доски со свѣшивающимися концами, предохраняющія прогонъ отъ доступа воды (черт. 97); иногда верхнюю грань прогона обтесываютъ для скорѣйшаго стока воды по двумъ взаимно-пересѣкающимся плоскостямъ.

*Ребрами полотна* могутъ быть и *главные прогоны*, если толщина досокъ и разстояніе между прогонами позволяютъ непосредственную укладку досокъ на прогонахъ. Обыкновенно это имѣетъ мѣсто при разстояніи между главными прогонами отъ 3 до 4 футовъ.

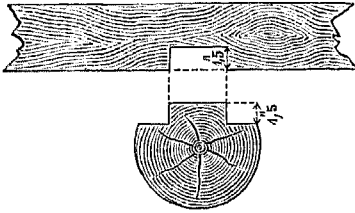


Рис. 155.

При пересѣчѣніи поперечинъ съ главными прогонами или продольныхъ прогоновъ съ поперечинами, слѣдуетъ принять мѣры, чтобы не было относительнаго перемѣщенія.

Наиболѣе дѣйствительнымъ средствомъ служить взаимная врубка, которая должна быть сдѣлана съ наименьшимъ ослабленіемъ сѣченія. Съ этою цѣлью при врубкѣ поперечины въ главный прогонъ или вспомогательнаго продольнаго прогона въ поперечину необходимо дѣлать врубку не во всю ширину бруса, оставляя присѣкъ около  $1\frac{1}{2}$ —2 дюймовъ, какъ показано на рис. 155; въ нижнемъ брусѣ вынимается соотвѣтственная четверть; при этомъ меньше ослабляется нижній брусъ, а верхній брусъ можно даже считать неослабленнымъ, такъ какъ перерѣзанныя волокна не будутъ на вѣсу

**Устройство проезжей части въ мостахъ подъ желѣзную дорогу.**

Въ рѣдкихъ случаяхъ рельсы прикрѣпляются непосредственно къ прогонамъ моста. Это встрѣчается только при такъ называемыхъ открытых мостикахъ отверстіемъ до 0,50 саж.

Вообще же рельсы прикрѣпляются или къ поперечинамъ, или къ продольнымъ лежнямъ. Первое представляетъ преимущество въ отноше-

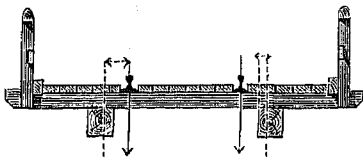


Рис. 156.

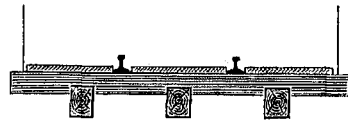


Рис. 157.

ніи большей обезпеченности противъ возможности уширенія пути вслѣдствіе того, что фибры поперечины перпендикулярны къ длинѣ рельса, и поэтому костыль, нажимаемый рельсомъ, упирается въ торцы волоконъ и, слѣдовательно, представляетъ большее сопротивленіе перемѣщенію.

Въ *поперечинахъ* дѣлаются зарубки съ уклономъ въ  $\frac{1}{20}$ , соотвѣтствующимъ коничности обода колесъ подвижнаго состава.

Если при незначительномъ пролетѣ достаточно по одному прогону подь рельсъ, то можно разстояніе между прогонами сдѣлать равнымъ разстоянію между рельсами, или лучше, для большей устойчивости—раздвинуть прогоны нѣсколько шире, напримѣръ, на 6 ф. съ каждой стороны. При большихъ пролетахъ иногда располагаютъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, 2 и 3 прогона подь рельсъ. Различныя расположенія показаны на рис. 156—160.



Рис. 158.



Рис. 159.

Каждая поперечина прикрѣпляется къ прогону двумя болтами, во избѣжаніе сдвигапія отъ сотрясеній. Толщина болтовъ измѣняется отъ <sup>3</sup>/<sub>4</sub> до 1 дюйма. Гайка помѣщается обыкновенно вверху для удобства подвинчиванія. Шляпка болта дѣлается квадратной и врѣзывается въ дерево, во избѣжаніе вращенія при завинчиваніи.

Поперечины врубаютъ въ прогонъ на глубину до 1 или 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюймовъ, соблюдая при врубкѣ тѣ же предосторожности, которыя были указаны при врубкѣ поперечинъ въ мостахъ подь обыкновенную дорогу. Взаимное разстояніе между гранями шпаль составляетъ обыкновенно не болѣе 8 дм. \*).



Рис. 160.

Въ случаѣ прикрѣпленія рельса къ *продольнымъ лежняамъ*, врубленнымъ въ свою очередь на 1 или 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюйма въ поперечины, лежни располагаются обыкновенно такимъ образомъ, что нижняя грапь—горизон-

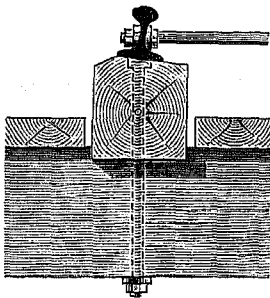


Рис. 161.

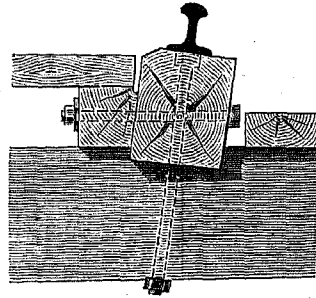


Рис. 162.

тальна, а боковыя — вертикальны (рис. 161), причеиъ верхней грани придають уклонъ внутрь въ <sup>1</sup>/<sub>20</sub>. Вмѣсто этого лежень можно врубать наклонно въ поперечину (рис. 162), что, повидимому, болѣе устойчиво.

\*) При такомъ частомъ расположеніи поперечинъ не требуется устройство досчатого настила для удобства прохода путевой стражи.

Относительно взаимной врубки слѣдуетъ упомянуть то же, что сказано выше.

Лежни прикрѣпляются къ поперечинѣ болтами диаметромъ около 1 дюйма; гайка помѣщается снизу, а головка, приходящаяся подѣ пятою рельса, врѣзывается въ лежень (рис. 163 и 164).

Стыки, очевидно, располагаются надѣ поперечиной; соединеніе дѣлается врубкой въ полдерева (рис. 163), или лучше въ притыкъ (рис. 164) со скобкой.

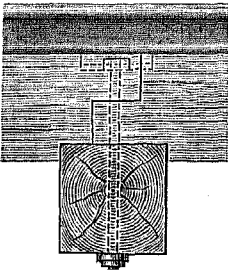


Рис. 163.

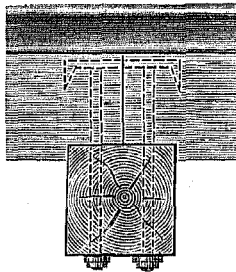


Рис. 164.

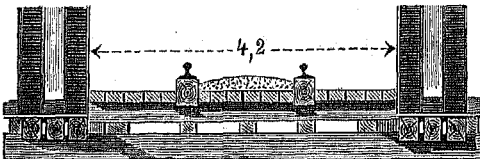
Во избѣжаніе уширенія пути, уложеннаго на продольныхъ лежняхъ, требуется, чтобы на мостахъ выше 10-ти саженъ рельсы были связаны желѣзными тяжами \*).

Для удобства прохода путейыхъ сторожей по такимъ мостамъ устраиваютъ еще до-

счатый настилъ изъ трехъ досокъ между рельсами и изъ ряда досокъ по обѣ стороны рельсовъ, или доски укладываются съ промежутками до 1—1,5 дюйма; толщина досокъ 2—2,5 дюйма.

Заграницей досчатый настилъ вблизи рельсовъ устраивается иногда изъ толстыхъ досокъ, такъ какъ онъ имѣетъ тогда еще другое назначеніе,

а именно чтобы, въ случаѣ схода поѣзда съ рельсовъ, предотвратить провалъ поѣзда, причемъ толщина досокъ дѣлается не менѣе 5,5—7,5 дюйма.



Въ метрахъ, въ  $\frac{1}{100}$  нат. Вел.

Рис. 165.

Досчатый настилъ прикрѣпляется непосредственно къ поперечинамъ, будутъ ли рельсы

прикрѣплены къ поперечинамъ, или къ продольнымъ лежнямъ (рис. 165). Иногда, впрочемъ, настилъ (въ данномъ случаѣ уже поперечный) прикрѣпляется къ особымъ продольнымъ брускамъ (рис. 166).

Лучшимъ средствомъ противъ загоранія досокъ и поперечинъ отъ искръ, падающихъ изъ поддувала паровоза, слѣдуетъ признать пропитываніе досокъ и поперечинъ хлористымъ цинкомъ или креозотомъ; покрытие досокъ щебнемъ затрудняетъ осмотръ моста при проходѣ по нему.

Для предупрежденія схода поѣзда съ рельсовъ прибавляютъ вдоль моста контръ-рельсы, съ внутренней стороны колеи.

\* ) Наше Министерство п. с. отдаетъ предпочтеніе укладкѣ пути на поперечинахъ.

Во избѣжаніе дороговизны контръ-рельсъ замѣняется толстымъ продольнымъ лежнемъ, привинчиваемымъ болтами къ шпаламъ; продольный предохранительный брусъ помѣщается на разстояніи 2,5" отъ путевого рельса. Какъ контръ-рельсы, такъ и предохранительные бруссы полезно продолжать за мостъ по полотну, по крайней мѣрѣ на 20 саж. и сводить ихъ въ одну точку но оси пути, что можетъ служить приспособленіемъ для направленія на рельсовую колею поѣзда, сошедшаго съ рельсовъ передъ мостомъ.

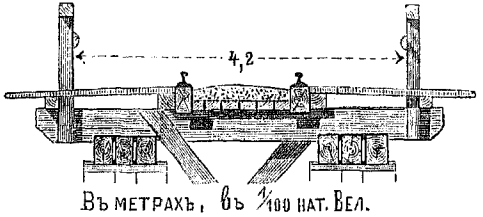


Рис. 166.

Если не приняты мѣры противъ схода поѣзда, то необходимо предупредить послѣдствія схода съ рельсовъ приспособленіями противъ возможности провала колесъ и противъ схода поѣзда съ моста (въ сторону).

Для первой цѣли сближаютъ поперечины до взаимнаго разстоянія въ 8 д. между гранями поперечинъ, или, при большемъ разстояніи между поперечинами, помѣщаютъ около рельсовъ съ обѣихъ сторонъ по двѣ или

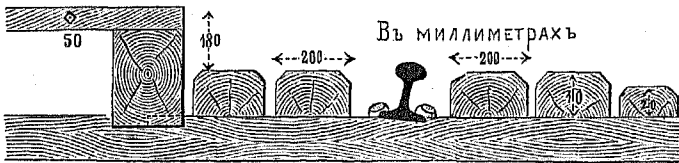


Рис. 167.

по три толстыхъ доски шириною 8", толщиной отъ 5"—7,5" (рис. 167); во второмъ случаѣ прикрѣпляютъ съ внѣшней стороны на разстояніи 12 д. отъ рельса наружный охранный брусъ, возвышающійся надъ рельсомъ не болѣе 2 1/2 д. и продолженный за предѣлы моста въ расходящемся направленіи.

### П е р и л а .

Перила назначаются для предохраненія отъ паденія съ моста, а также для украшенія.

Перила устраиваются изъ дерева, желѣза и чугуна, или изъ того и другого.

Деревянные перила состоятъ изъ трехъ главныхъ частей: изъ *стоекъ* или *надолбовъ*, *поручней* и изъ *заполненія* между ними.

*Стойки* или *надолбы* составляютъ существенную часть периль. Главное вниманіе должно быть обращено на соединеніе ихъ съ пролетною частью моста. Соединеніе должно быть настолько прочно, чтобы преду-

предить возможность опрокидыванія ихъ во внѣшнюю и внутреннюю стороны при навалкѣ толпы людей или даже экипажей. При малой высотѣ прогоновъ стойки врубаются шипомъ въ прижимный или упорный брусъ (рис. 168), или въ поперечину (рис. 169), а при большой высотѣ прогоновъ онѣ соединяются съ прогономъ въ видѣ полусхватокъ.

Въ первомъ случаѣ для большей связи пропускаютъ иногда болты черезъ сквозной шипъ стойки и черезъ брусъ и, кромѣ того, скрѣпляютъ болтами упорный брусъ съ прогономъ моста, пропуская болты по обѣ стороны поперечины. Иногда стойка скрѣпляется непосредственно съ прогономъ моста помощью двухъ желѣзныхъ планокъ, съ винтовой нарѣзкой на одномъ изъ концовъ, имѣющихъ цилиндрическую форму (черт. 41). Цилиндрическая

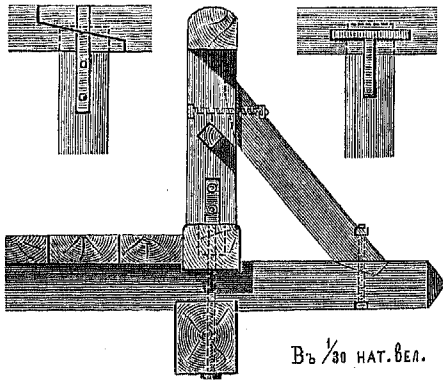


Рис. 168.

Въ  $\frac{1}{30}$  NAT. ВЕЛ.

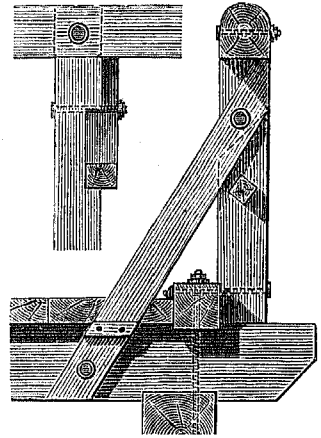


Рис. 169.

Въ  $\frac{1}{25}$  NAT. ВЕЛ.

часть планки пропускается сквозь упорный или прижимный брусъ и сквозь прогонъ фермы.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу и въ желѣзнодорожныхъ мостахъ нѣкоторыя поперечины дѣлаются длиннѣе, и въ свѣпывающейея конецъ упирается подкосъ, врубленный другимъ концомъ въ стойку (рис. 166).

Для предупрежденія опрокидыванія стоекъ во внутрь устраиваются иногда и внутренне подкосы (рис. 169). Эти подкосы, хотя и служатъ охраною для стоекъ отъ колесъ экипажей, но съ другой стороны они стѣсняють свободное обращеніе пѣшеходовъ. Если наружные подкосы соединены съ поперечиной и стойкой болтами (рис. 168), то они одновременно препятствуютъ опрокидыванію стоекъ во внутреннюю сторону.

Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, гдѣ нѣтъ вышесказаннаго неудобства, полезно, въ видахъ уменьшенія длины шпаль, помѣщать подкосы съ внутренней стороны, соединяя ихъ, кромѣ того, болтами, или устраивать ихъ въ видѣ полусхватокъ.

Какъ сказано выше, при большой высотѣ прогоновъ можно стойку соединять съ прогономъ на подобіе полусхватки. Иногда употребляютъ тотъ же приемъ и при низкихъ прогонахъ,

прибѣгая къ нѣкоторымъ дополнительнымъ скрѣпленіямъ. Такъ, на примѣръ, на рис. 152 дополнительное скрѣпленіе состоитъ изъ наклонной скобы, а на рис. 170 указано скрѣпленіе стойки болтомъ къ двумъ поперечинамъ, обжимающимъ стойку. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ стойки периль устраиваютъ весьма часто изъ желѣза; нижняя часть обдѣлапа въ цилиндрическую форму и снабжена винтовой нарѣзкой; цилиндрическая часть пропускается сквозь шпалу (рис. 171).

Вершина стоекъ перекрывается общей насадкой, называемой *но-*

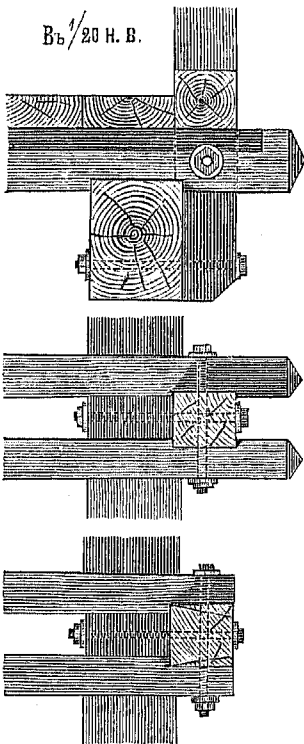


Рис. 170.

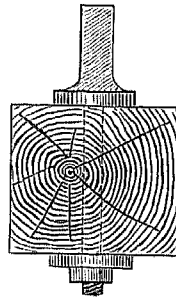


Рис. 171.



Рис. 172.

*ручнемъ*, въ которую врубается стойка шипомъ. Скрѣпленіе поручня со стойкой дѣлается помощью болтовъ (рис. 172), или скобъ (рис. 166); въ стыкахъ поручни соединяются въ притыкъ (рис. 166), или зубомъ. На-

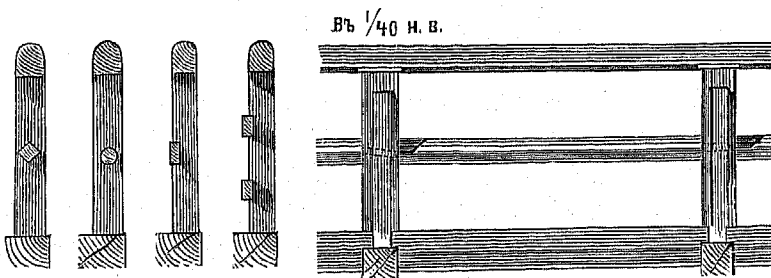


Рис. 173.

ружной поверхности поручня придаютъ призматическую или цилиндрическую форму; на извѣстномъ протяженіи снимаютъ фаску или придаютъ другую, болѣе красивую форму. На нѣкоторыхъ изъ нашихъ желѣзно-

дорожных мостах поручни замѣняетъ канатъ, пропущенный въ отверстія, сдѣланныя въ желѣзныхъ стойкахъ.

Въ городскихъ мостахъ *заполненіе* между стойками должно быть достаточно плотно и часто. Въ мостахъ внѣ городовъ, а также въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, въ частомъ, плотномъ заполненіи нѣтъ необходимости. Наиболѣе простое заполненіе состоитъ изъ круглаго, квадратнаго бруска, впущеннаго шипомъ въ середину стоекъ (рис. 173), или же врѣзаются плоскіе бруски. Эти простыя заполненія употребляются въ мостахъ внѣ городовъ и въ желѣзнодорожныхъ мостахъ. Другое, болѣе красивое заполненіе для городскихъ мостовъ показано на рис. 174.

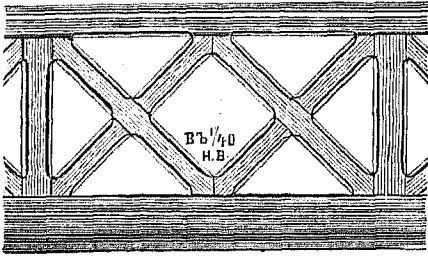


Рис. 174.

Высота перилъ дѣлается отъ 3 ф. до 3,5 ф., считая отъ верхней поверхности полотна. Разстояніе между стойками — въ городскихъ мостахъ—отъ 5 ф. до 8 ф., а въ мостахъ внѣ городовъ отъ 1 саж. до 1½ сажени. Толщина стоекъ и поручня дѣлается отъ 5,5 до 7,5 дюймовъ. Ширина и толщина подкосовъ отъ 4—5,5 дюймовъ; толщина длинныхъ брусковъ—отъ 3,5—5 дюймовъ.

Фермы моста (главные прогоны). Балочныя фермы изъ сплошныхъ брусевъ.  
 а) Простые балочныя прогоны. — Разстояніе между прогонами. — Расположеніе прогоновъ на крайнихъ опорахъ. — Оопряженіе мостового полотна съ полотномъ дороги. — Расположеніе прогоновъ на промежуточныхъ опорахъ.

Балочныя фермы изъ сплошныхъ брусевъ раздѣляются на *простыя балочныя*, на *балочныя съ подбалкой* и на *фермы изъ составныхъ прогоновъ*.

Подъ названіемъ *простыхъ балочныхъ фермъ* слѣдуетъ понимать прогоны, состоящіе изъ одиночныхъ, рядомъ расположенныхъ балокъ, опирающихся непосредственно на опоры.

Какъ примѣръ общаго расположенія частей простыхъ балочныхъ мостовъ, приведемъ нормальный типъ, утвержденный нашимъ Министерствомъ Путей Сообщенія для мостовъ небольшихъ отверстій (черт. 162). Прогоны моста изъ одиночныхъ брусевъ опираются на насадки свайныхъ опоръ и расположены непосредственно надъ сваями. Настиль состоитъ изъ одиночнаго поперечнаго ряда пластинъ, прижатыхъ по концамъ прижимнымъ брусомъ. Въ этотъ же брусъ врублены стойки периль; нижній конецъ подкоса периль врубленъ между двумя смежными пластинами. Концы прижимного бруса и поручня периль врублены въ наклонныя стойки, врытыя въ грунтъ; въ стойкѣ имѣются гнѣзда для принятія шиповъ, нарубленныхъ на концахъ прижимного бруса и поручня.



Другой примѣръ представляетъ типъ моста на Маршанско-Сызранской желѣзной дорогѣ (черт. 8). Подъ каждымъ рельсомъ имѣется по два прогона, пзъ брусевъ, обтесанныхъ на четыре канта. Прогонны опираются на два мауэрлата, положенные на верхней грани каменной опоры; между смежными мауэрлатами оставлена каменная стѣнка. Для того, чтобы балласть не осыпался, торцы прогоновъ обшиты во всю высоту доской; поверхность прогоновъ расположены шпалы. Промежуточную стѣнку между мауэрлатами полезно вывести выше, почти до подошвы рельсовъ, оставивъ гнѣзда для укладки прогоновъ; въ этомъ случаѣ нѣтъ надобности обшивать доской торцы прогоновъ.

Прогонны обыкновенно обтесываются па четыре канта (рис. 175), а внѣ городовъ и во временныхъ мостахъ только съ одной, или двухъ сторонъ (рис. 176).

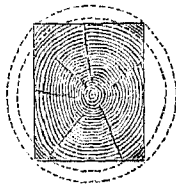


Рис. 175.

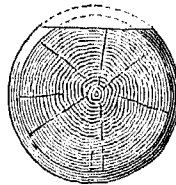


Рис. 176.

Для предохраненія прогоновъ отъ дѣйствія дождевой воды слѣдуетъ покрывать ихъ за два раза

древесной смолой, или масляной краской. Нижнюю грань не слѣдуетъ покрывать краской, для лучшаго высыханія прогоновъ.

Въ мостахъ поды обыкновенную дорогу разстоянiе между прогонами дѣлается одинаковымъ по всей ширинѣ моста. Иногда, впрочемъ, сближаютъ два среднихъ прогона, для болѣе удобнаго ремонта обѣихъ половинъ моста, а также шире разставляютъ прогоны поды тротуаромъ, или употребляютъ для этого менѣе крупный лѣсъ.

Чѣмъ больше разстоянiе между прогонами, тѣмъ меньше число ихъ, но зато тѣмъ болѣе ихъ размѣры и размѣры мостового полотна.

Наиболѣе употребительное разстоянiе между балками отъ 2,75 фута до 3,5 ф. и 4 ф. При толстомъ настилѣ, или при вспомогательныхъ поперечинахъ разстоянiе между главными прогонами увеличиваютъ до 5 ф., на что для мостовъ отверстiемъ не болѣе 2-хъ сажень обыкновенно достаточно бываетъ 7-ми верхковый лѣсъ.

Въ мостахъ поды желѣзную дорогу кладутъ отъ *двухъ* до *шести* прогоновъ поды каждый путь. При двухъ балкахъ эти послѣднiя располагаются непосредственно поды рельсами, и если имѣются поперечины, то лучше располагать ихъ нѣсколько въ сторонѣ, дюймовъ на шесть (рис. 154). При трехъ балкахъ слѣдуетъ дать имъ такое взаимное расположенiе, чтобы давленiе на всѣ эти прогоны было одинаковое (рис. 155). Въ случаѣ четырехъ и шести прогоновъ располагаютъ два или три прогона поды рельсъ (рис. 156, 158 и черт. 8). При деревянныхъ свайныхъ

устоях прогоны помѣщаются на поперечныхъ насадкахъ, покрывающихъ сваи (черт. 162), а при отсутствіи поперечныхъ насадокъ прогоны на-  
рубаются на сваи. При каменныхъ устояхъ, для передачи давленія на  
большую площадь, прогонъ нарубается на мауэрлатъ, положенный на  
обрѣзѣ устоя (черт. 8 и рис. 177).

Для предупрежденія бокового или продольнаго движенія дѣлаются  
соотвѣтственныя врубки, какъ въ прогонѣ, такъ и въ мауэрлатѣ и на-  
садкѣ. Глубина врубокъ около 1—1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> дюймовъ. Для того, чтобы врубка  
не ослабляла прогона, она дѣлается съ приѣскомъ. Глубокой врубки въ  
мауэрлатѣ и въ насадкѣ слѣдуетъ избѣгать, въ виду того, что во врубкѣ  
прогонъ начинаетъ загнивать и, слѣдовательно, быстрѣе разрушается,

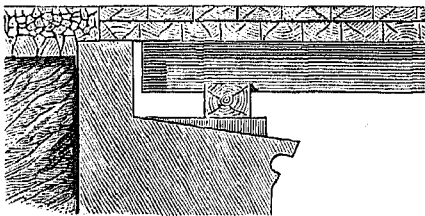


Рис. 177.

чѣмъ въ остальной части. Обыкновенно мауэрлатъ дѣлается квадратнымъ въ 0,7 высоты прогона. Во избѣжаніе гніенія нижней части мауэрлата, обрѣзъ устоя дѣлають съ уклономъ, оставляя горизонтальныя площадки на болѣе или менѣе значительномъ протяженіи, только подъ прогонами.

Вообще слѣдуетъ принимать мѣры, чтобы концы прогоновъ не подвергались гніенію. Съ этою цѣлью при деревянныхъ устояхъ торцы обшиваются досками; полезно также окружить концы прогоновъ щебнемъ для скорѣйшаго отведенія дождевой воды.

При каменныхъ устояхъ принимаютъ тѣ же мѣры, если сзади прогона не имѣется стѣнки. Въ противномъ случаѣ оставляють между стѣнкой и торцомъ прогона свободное пространство отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 2-хъ дюймовъ (рис. 177).

Сопряженіе мостового полотна съ полотномъ желѣзной и обыкновенной дороги показано на черт. 162 и рис. 177.

Въ первое время, при неслежавшей еще землѣ, шпалы, находящіяся непосредственно впереди моста, значительно оеѣдають при проходѣ поѣзда. Во избѣжаніе образующагося такимъ образомъ перелома пути, вреднаго для прочности моста, полезно нѣсколько шпалъ впереди моста расположить на продольныхъ лежняхъ (черт. 63). Кромѣ принятія этой предохранительной мѣры, слѣдуетъ вообще наблюдать, чтобы насыпь около устоя выводилась съ утрамбовкою, а также полезно при обиліи мелкаго камня и щебня устраивать хотя основаніе насыпей изъ этого матеріала. Необходимо также имѣть въ виду, чтобы поперечная насадка послѣдняго ряда свай, находящихя уже въ откосѣ насыпи, не была бы въ землѣ, но чтобы нижняя грань ея была выше откоса насыпи по крайней мѣрѣ

на 1,5 фута. Свободный конецъ прогона, входящій въ ядро насыпи и имѣющій въ длину около 5—6 футъ, окружается щебнемъ, во избѣжаніе гніенія.

Если деревянные быки состоятъ изъ двухъ рядовъ свай съ двумя поперечными насадками, или если каменный быкъ допускаетъ укладку двухъ маурлатовъ (рис. 178), то прогоны располагаются въ притыкъ. Если же на быкѣ имѣется одна поперечная насадка, тогда прогоны размѣщаются, какъ показано на рис. 179. Последнее расположение можно еще примѣнять для мостовъ подъ обыкновенную дорогу; для желѣзно-

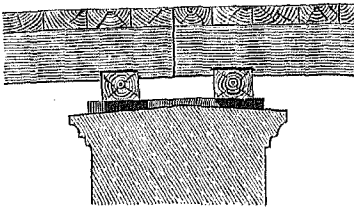


Рис. 178.

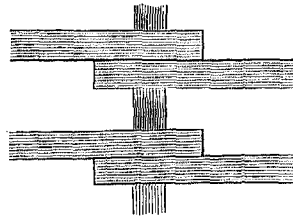


Рис. 179.

дорожныхъ мостовъ необходимо, чтобы прогоны составляли непрерывную прямую линію. Располагать непосредственно прогоны въ притыкъ при *одной* поперечной насадкѣ—опасно, такъ какъ при значительномъ прогибѣ конецъ прогона можетъ сойти съ насадки. Въ этомъ случаѣ необходимо помѣщать подъ стыкомъ особую подбалку \*) (о чемъ сказано будетъ ниже).

Балочныя фермы съ подбалкой. Значеніе подбалокъ. Различные виды подбалокъ. Сопряженіе подноса съ подбалкой и съ каменной и деревянной опорами. Двойныя и тройныя подбалки. Размѣры подбалокъ.

Сюда относятся:

- а) балочные прогоны съ одиночными подбалками;
- б) » » съ нѣсколькими подбалками;
- в) » » съ подбалками, подпертыми подкосами.

Примѣромъ такихъ мостовъ могутъ служить типы, утвержденные М-вомъ П. С. для мостовъ на шоссе (черт. 163 и 164).

При одиночной поперечной насадкѣ, покрывающей одинъ рядъ свай, помощью подбалки достигается надежная опорная плоскость (рис. 180).

Какъ въ данномъ случаѣ, такъ и если опора состоитъ изъ нѣсколькихъ рядовъ свай (рис. 181), подбалка позволяетъ или сдѣлать разрывной прогонъ неразрывнымъ, или же способствуетъ уменьшенію пролета.

\*) Подбалка полезна въ томъ отношеніи, что позволяетъ сростить прогоны зубомъ, что при отсутствіи подбалки невозможно сдѣлать, такъ какъ часть перерыванныхъ волоконъ будетъ на вѣсу и, слѣдовательно, балка не будетъ работать полнымъ сѣченіемъ.

Во всякомъ случаѣ подбалка должна быть соединена съ прогономъ болтами и кромѣ того еще шпонками, такъ какъ иначе эту послѣднюю нельзя разсматривать какъ неразрывную. При временныхъ сооруженіяхъ иногда ограничиваются одними болтами.

Значеніе подбалокъ становится еще болѣе ощутительнымъ, если концы ихъ подпереть подкосами (черт. 164). При этомъ съ достаточнымъ

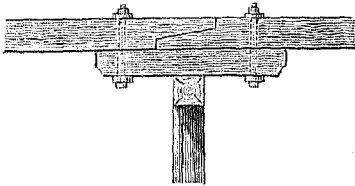


Рис. 180.

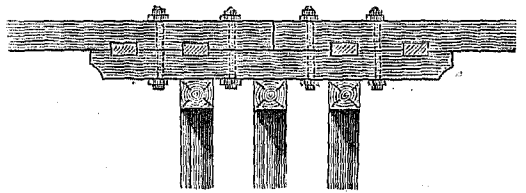


Рис. 181.

приближеніемъ можно принять, что, при неразрывномъ соединеніи прогона съ подбалкой, прогонъ представляетъ собою балку съ горизонтально-задѣланными концами, и кромѣ того достигается уменьшеніе пролета.

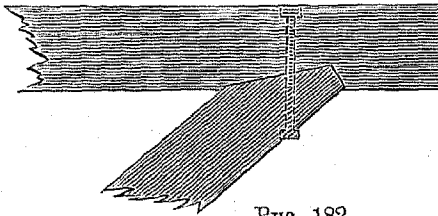


Рис. 182.

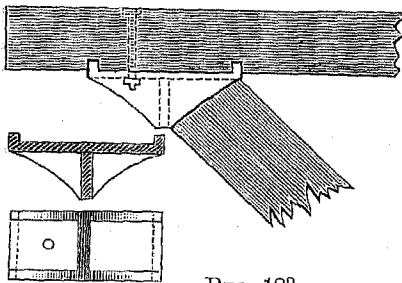
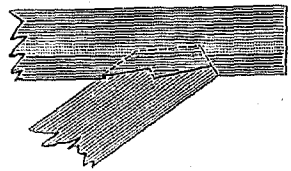


Рис. 183.

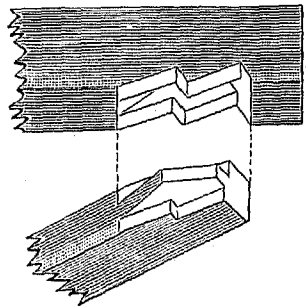


Рис. 184.

На рис. 182—186 показаны различные способы соединенія подкоса съ подбалкой. Двойной зубъ (рис. 184) можетъ быть примѣненъ, очевидно, только при весьма пологихъ подкосахъ. Соединеніе, показанное на рис. 186, имѣетъ то преимущество, что гнѣзда помѣщены съ наружной стороны и слѣдовательно пригонка частей не затруднительна.

На рис. 187 и 188 показано соединеніе подкоса со стойкой или со сваей. Вообще стараются всегда избѣгать глубокихъ врубокъ въ сваѣ, чтобы ее не ослаблять; поэтому соединеніе, показанное на черт. 132,

наиболѣе употребительное. Въ нѣкоторыхъ постоянныхъ мостахъ подкосы подбалокъ врубаютъ въ насадки особыхъ свай (рис. 189), что, очевидно, имѣетъ преимущество.<sup>1)</sup>

На рис. 190, 191 и 192 изображены сопряженія подкоса съ каменной опорой. Подкосъ упирается непосредственно на каменную кладку

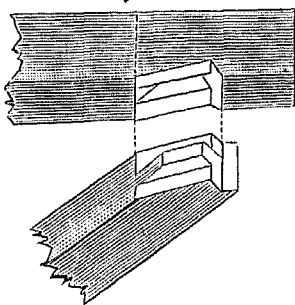
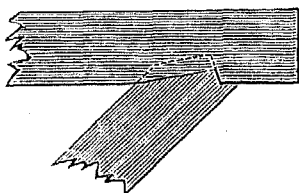


Рис. 185.

только при очень твердой облицовкѣ. При менѣе твердой облицовкѣ лучше передать давленіе на большую площадь посредствомъ деревянной или чугунной подушки, принявъ мѣры къ отведенію воды. Если подкосъ упирается внутрь кладки, то ос-

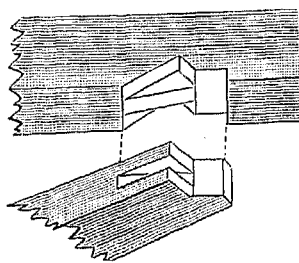


Рис. 186.

тавливаютъ всегда прозоры между боковыми краями подкоса и кладкой для свободнаго доступа воздуха.

Иногда встрѣчается устройство подбалокъ, показанное на рис. 193. Такое расположеніе оправдывается только въ томъ случаѣ, если высота одиночной подбалки выходитъ по расчету очень значительной. Для предупрежденія бокового выпучиванія — брусъ подбалокъ скрѣпляются особыми вертикальными полусхватками. Если всѣ отдѣльныя подбалки взаимно соединены болтами и шпонками, такую связь можно принять за одно цѣлое, причемъ получается жесткая подбалка, уменьшающая пролетъ. Но та же цѣль достигается съ меньшей тратой матеріала при одиночной подбалкѣ, подпертой подкосами.

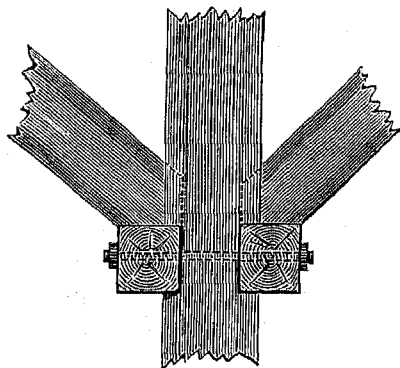


Рис. 187.

Подбалка на устояхъ только въ томъ случаѣ принесетъ пользу, если конецъ ея будетъ подпертъ подкосомъ; въ противномъ случаѣ она не имѣетъ значенія и помѣщается только для симметріи.

Наименьшая длина свѣшивающейся части подбалки—около  $\frac{1}{10}$  пролета. Поперечные размѣры подбалки, въ зависимости отъ назначенія ея, дѣлаются или равными сѣченію прогона, или же нѣсколько менѣе или болѣе, причѣмъ однако ширина подбалки должна быть равна ширинѣ прогона.

Балочные составные прогоны. Соединеніе помощью зубьевъ. Соединеніе шпонками. Размѣры шпононъ. Горизонтальныя и вертикальныя связи между прогонами.

Для того, чтобы балка, составленная по высотѣ изъ нѣсколькихъ брусевъ, могла работать какъ одна цѣльная балка, необходимо принять мѣры противъ возможности скольженія одного бруса по другому. Это достигается соединеніемъ брусевъ болтами, врубкой одного бруса въ другой прямоугольными или треугольными зубьями, соединеніемъ брусевъ шпонками и болтами, или же

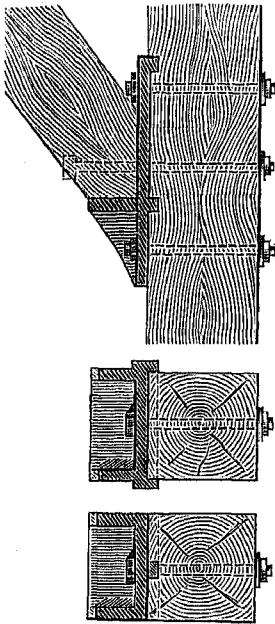


Рис. 188.

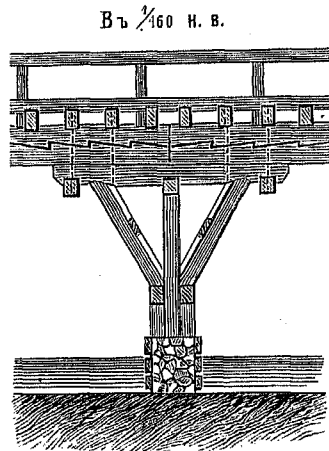


Рис. 189.

употребленіемъ вмѣсто шпонокъ толстыхъ прокладокъ, врѣзанныхъ въ оба бруса (черт. 63).

Наиболѣе употребительная форма зубьевъ — треугольная, причѣмъ очертаніе ихъ должно быть выбрано такъ, чтобы при сжатіи или вытягиваніи, (проявляющихся при изгибѣ), не было бы продольнаго сдвиганія.

Если зубья недостаточно тщательно пригнаны, подобная связь балокъ не достигаетъ своей цѣли. Въ этихъ видахъ нарѣзку зубьевъ дѣлаютъ послѣ того, какъ оба бруса выгнуты вверхъ; при соединеніи затѣмъ брусевъ, верхнія волокна нижняго прогона стремятся укоротиться, а нижнія волокна верхняго прогона, напротивъ того, удлиняются, чѣмъ и достигается плотное соприкасаніе зубьевъ обоихъ прогоновъ. Для пре-

дупреждения вдавливанія волоконъ зубевъ однихъ въ другіе, загоняють между зубьями дубовыя прокладки (рис. 194), Производя вышеупомянутый искусственный подъемъ, слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы стрѣла не превосходила  $\frac{1}{10}$  пролета; глубина вѣзки дѣлается обыкновенно около  $\frac{1}{10}$  всей высоты балки.

Шпонки располагаются между соединяемыми брусьями или нормально, или наклонно. Въ концевыхъ частяхъ прогона онѣ располагаются наклонно, а въ среднихъ — нормально, или же, что чаще всего встрѣчается, онѣ-

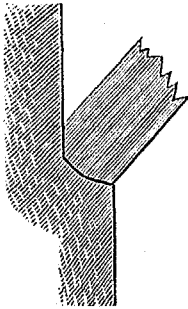


Рис. 190.

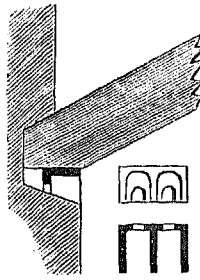


Рис. 191.

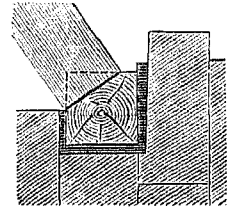


Рис. 192.

располагаются нормально по всему протяженію прогона. Между соединяемыми брусьями оставляютъ небольшой прозоръ, какъ для доступа воздуха, такъ и ради увеличенія момента сопротивленія сѣченія.

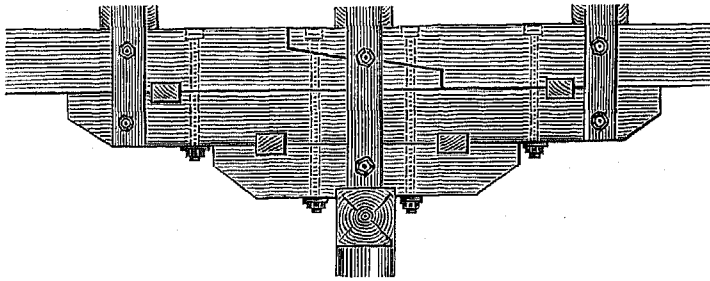


Рис. 193.

Шпонки дѣлаются изъ твердаго дерева (дуба), и при соединеніи трехъ, четырехъ балокъ стараются расположить шпонки такимъ образомъ, чтобы въ поперечномъ сѣченіи составной балки встрѣчалось не болѣе одной шпонки, для возможно - меньшаго ослабленія полезнаго сѣченія балки врубками. Болты, стягивающіе прогоны, могутъ одновременно служить и для прикрѣпленія шпаль къ прогону. Если болты проходятъ не сквозь шпонку, а внѣ ея, то между прогонами помѣщаются въ этомъ мѣстѣ тонкія дощечки какъ для увеличенія тренія между прогонами, такъ и для предупрежденія сближенія прогоновъ при завинчиваніи болтовъ, что

можетъ имѣть слѣдствіемъ скалываніе прогона. На рис. 195 показанъ типъ такого прогона.

Соединеніе шпонками во всякомъ случаѣ лучше соединенія зубьями, такъ какъ не требуется такой тщательной работы; затѣмъ при врѣзкѣ зубьевъ одного въ другой уменьшается полезная высота балки, между тѣмъ какъ при употребленіи шпонокъ высота, напротивъ, увеличивается.

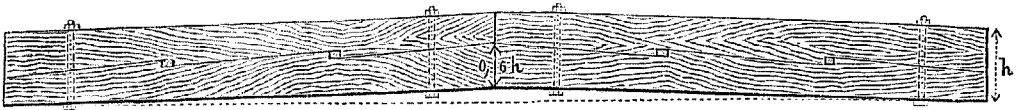


Рис. 194.

Если даже современемъ исчезнетъ плотное соприкасаніе между шпонками и брусьями, то при устройствѣ шпонокъ клиньями это обстоятельство можетъ быть всегда устранено. Шпонки дѣлаются обыкновенно не менѣе 2 — 3 дюйм. высоты, шириною около 5 дюймовъ при среднемъ взаимномъ разстояніи около 7 дюймовъ между гранями смежныхъ шпо-

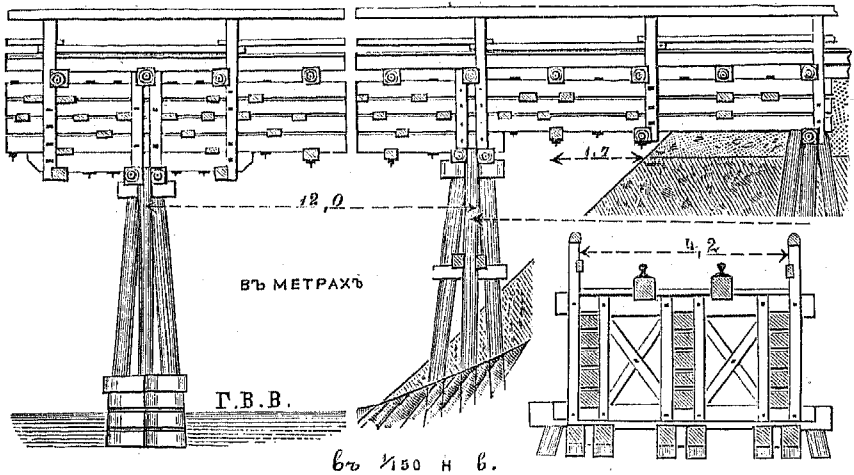


Рис. 195.

нокъ. Стяжные болты, діаметромъ около 1 д., помѣщаются обыкновенно въ промежуткѣ между двумя смежными шпонками. Если брусья не прилегаютъ плотно одинъ къ другому, то въ томъ мѣстѣ, гдѣ приходится стяжной болтъ, помѣщаютъ дубовую прокладку, препятствующую мѣстному изгибу брусевъ между двумя шпонками, что могло бы вызвать откалываніе перерубленныхъ волоконъ (черт. 141').

Для прикрѣпленія вертикальныхъ связей, прогоны обжимаются вертикальными схватками, къ которымъ прикрѣпляются болтами крестообразныя діагональныя вертикальныя связи (рис. 195 и 196). Эти связи рас-



полагаются какъ на опорахъ, такъ и въ остальныхъ частяхъ прогона чрезъ 6—10 футъ. Горизонтальныя связи состоятъ изъ распорокъ и раскосовъ; распорки врубаются въ прогонъ и соединяются съ нимъ болтами; раскосы же, обыкновенно досчатые  $2\frac{1}{2}$ —4 дюймовъ, врубаются также частью въ прогонъ и кромѣ того прикрѣпляются болтомъ къ распоркѣ (рис. 197 и 198).

Горизонтальныя діагональныя связи встрѣчаются обыкновенно только въ желѣзнодорожныхъ мостахъ.

Подкосныя фермы (съ распоромъ прямого направленіи).

Главные прогоны фермъ мостовъ этого типа подперты въ одной или въ нѣсколькихъ точкахъ подкосами, упирающимися другимъ концомъ въ опоры. Прогонъ подраздѣляется или на равное число частей, или же между ними существуетъ опредѣленное отношеніе. Средняя часть дѣлается въ этомъ случаѣ всегда болѣе остальныхъ частей. Такъ напримѣръ при подраздѣленіи на пять частей часто встрѣчается отношеніе: 11 . 15 : 20 : 15 : 11.

Въ наиболѣе простомъ типѣ подкосныхъ фермъ прогонъ подпертъ въ одной точкѣ двумя сходящимися подкосами (черт. 62

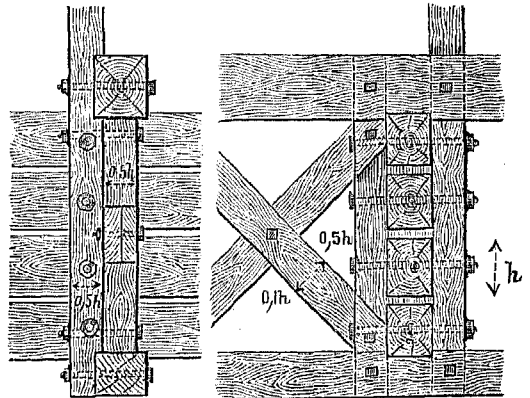


Рис. 196.

и 65). Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 62, имѣется четыре прогона подъ рельсовымъ путемъ; прогоны составлены изъ двухъ брусевъ и нарублены непосредственно на сваи; брусья стянуты болтами; вмѣсто шпорокъ употреблены поперечныя связи во всю ширину моста; для того, чтобы связи эти могли служить распорками, врубки сдѣланы какъ показано на рис. 199. Подкосы верхнимъ концомъ врублены въ общую поперечную подушку, а нижнимъ—частью въ сваю, частью въ поперечную схватку; подбалокъ надъ опорами не имѣется.

Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 65, три прогона подъ рельсовымъ путемъ; каждый прогонъ составленъ изъ трехъ брусевъ, соединенныхъ болтами и шпонками; подъ опорю имѣется подбалка, опирающаяся на насадки свай. Стыки брусевъ помѣщены въ предѣлахъ опоры, хотя и не въ одномъ сѣченіи; верхній конецъ подбалки упирается въ поперечную подушку, а нижній конецъ—въ вертикальную подушку, связанную шпонками и болтами со свайей. Въ виду значительной высоты

прогоновъ имѣются на опорахъ поперечныя крестообразныя связи между прогонами и наружныя подкосы, упирающіеся въ насадку. Подкосы обжаты висячими схватками и кромѣ того взаимно соединены поперечною схваткою.

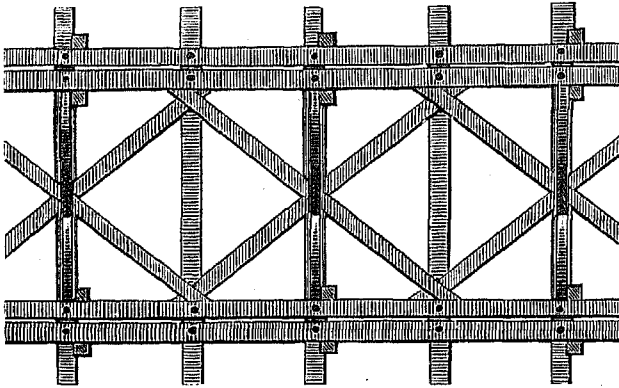


Рис. 197.

Для меньшаго ослабленія прогона, подкосы врубаются обыкновенно въ поперечный брусъ (черт. 65), врубленный въ прогонъ и прикрѣпленный къ нему болтомъ. Поперечный брусъ полезенъ еще въ томъ отношеніи, что служитъ связью между отдѣльными прогонами. Въмѣсто бруса

можетъ быть употребленъ чугунный башмакъ.

Если имѣется въ виду подпереть прогонъ въ двухъ точкахъ, тогда между подкосами помѣщается *ригель*, соединяемый обыкновенными съ прогономъ болтами и шпонками; подкосы врубаются или непосредственно въ ригель (черт. 9 и рис. 200), или въ поперечный брусъ или башмакъ, о которомъ упомянуто было выше (рис. 201). Если помѣщается ригель, тогда обыкновенно въ одномъ уровнѣ съ нимъ располагается на опорахъ подбалка, не подпертая (черт. 9), или подпертая особымъ подкосомъ (черт. 165).

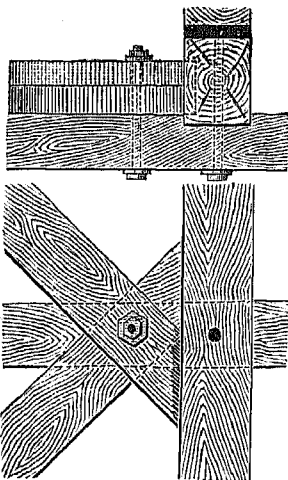


Рис. 198.

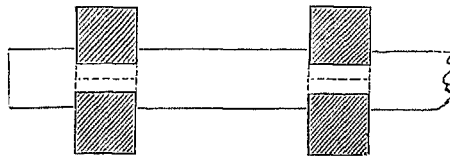


Рис. 199.

Въ примѣрѣ на черт. 9 прогоны помощью подбалокъ опираются на поперечныя насадки свайныхъ опоръ. Подъ среднюю часть прогона положенъ ригель, въ который врубленъ верхній конецъ подкосовъ. Стыкъ подкоса и ригеля обжаты короткой парной висячей схваткой. Кромѣ того имѣются висячія схватки, обжимающія прогонъ, подбалку и подкосъ;

нижній конецъ этихъ висячихъ схватокъ стянуть парными схватками, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ образуютъ поперечную связь для подкосовъ. Устой состоитъ изъ двухъ одиночныхъ рядовъ свай, перекрытыхъ попеременно насадками и подбалкой. Быки—изъ двухъ рядовъ свай, связанныхъ вверху насадками, а внизу парными схватками; между насадками и схватками помѣщены діагональныя схватки.

Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 165 концы подбалокъ подперты подкосами. Нижній конецъ подкоса, упирающагося въ ригель, врубленъ частью въ сваю, частью въ поперечную схватку; нижній же конецъ подкоса, соединеннаго съ подбалкою, врубленъ въ сваю, опираясь вмѣстѣ съ тѣмъ на нижній подкосъ. На прогонахъ расположены поперечины, а по нимъ двойной рядъ досокъ. Стойки перилъ врублены въ поперечины. Конецъ подбалки устоя подпертъ подкосомъ, упирающимся въ первый быкъ.

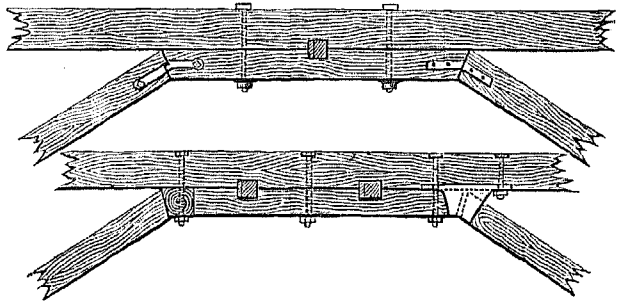


Рис. 200 и 201.

Прогонъ можно подпереть въ двухъ точкахъ, употребляя не одну, а двѣ пары подкосовъ, врубая каждую пару въ поперечный брусъ, соединенный болтами съ прогономъ (черт. 66). Въ приведенномъ примѣрѣ подъ рельсовый путь уложены только два ряда составныхъ прогоновъ, стянутыхъ болтами. Каждый изъ подкосовъ упирается въ самостоятельную стойку и схватку. Смежныя опоры связаны по высотѣ четырьмя рядами продольныхъ схватокъ, причемъ послѣдній рядъ служитъ главнымъ образомъ для того, чтобы предотвратить отклоненіе подкосовъ въ сторону; для той же цѣли сдѣланы отчасти и висячія вертикальныя схватки, соединенныя хомутомъ со схватками. Такое устройство имѣетъ ту выгоду сравнительно съ ригелемъ, что при односторонней нагрузкѣ пролета не происходитъ перекашиванія фермы, и поэтому это расположеніе встрѣчается преимущественно въ подкосныхъ мостахъ подъ желѣзную дорогу.

При большемъ числѣ подкосовъ, средняя пара подкосовъ обыкновенно врубается въ концы ригеля, а первая пара—въ подбалку; остальные врубаются непосредственно или въ прогонъ или во вторую подбалку, если таковая имѣется (черт. 166); иногда же помѣщается нѣсколько ригелей одинъ подъ другимъ, но различной длины.

Наиболѣе выгодное направленіе подкоса  $45^\circ$ , такъ какъ при этомъ наклоненіи требуется наименьшее количество матеріала. При нѣсколькихъ

подкосахъ, сходящихся у опоры въ одной точкѣ, очевидно наклоненныхъ подъ различными углами къ горизонту, предѣлами остаются  $25^{\circ}$  и  $55^{\circ}$ .

При большихъ пролетахъ подкосы выходятъ очень длинными; въ этихъ случаяхъ они дѣлаются ломаными (черт. 166) и такія фермы по конструкціи своей составляютъ уже переходъ къ арочнымъ фермамъ. Противъ стыковъ ломаныхъ подкосовъ необходимо помѣщать висячія схватки, во избѣжаніе возможности отклоненія подкосовъ въ сторону.

Такъ какъ подкосы подвергаются сжатію, то для уменьшенія свободной длины сжимаемой части полезно подраздѣлять всю длину на нѣсколько частей наклонными висячими схватками и горизонтальными поперечными схватками (черт. 165 и 166).

Въ типѣ, показанномъ на черт. 166, сопряженіе подкосовъ съ опорой сдѣлано слѣдующимъ образомъ. Нижній тройной рядъ свай сръзанъ не на одинаковую высоту, средній рядъ выше, причемъ крайнія сръзаны наклонно. Всѣ сваи стянуты схватками, а средній рядъ перекрытъ насадкой. Въ промежуткѣ между схватками и насадкой помѣщены сбоку съ обѣихъ сторонъ два ряда толстыхъ досокъ, сръзанныхъ наклонно и взаимно стянутыхъ болтами, проходящими черезъ сваи. Это сдѣлано для того, чтобы получить упоръ для закраинъ чугунной подушки, которая шире толщины свай. Такимъ образомъ чугунная подушка своею верхнею частью опирается на сваю и на досчатые схватки, а нижнею частью — исключительно на эти схватки.

Въ случаѣ каменныхъ опоръ давленіе отъ подкосовъ слѣдуетъ передать на возможно большую площадь, что достигается или помѣщеніемъ особаго мауэрлата, причемъ подкосъ непосредственно врубается въ мауэрлатъ, или помощью чугунной подушки. Подушка прикрѣпляется къ кладкѣ болтами; дно подушки снабжается продольными углубленіями для стока дождевой воды; между закраинами подушки и гранями подкосовъ оставляется небольшой промежутокъ для свободного доступа воздуху. Типъ деревянной подкосной фермы на каменныхъ опорахъ показанъ на черт. 166'.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу подвижная нагрузка распределяется на отдѣльные пролеты болѣе равномерно, чѣмъ въ мостахъ подъ желѣзную дорогу, поэтому въ первыхъ мостахъ почти не встрѣчаются продольныя схватки въ уровнѣ пяты подкосовъ, если только быки не очень высоки (черт. 166); между тѣмъ какъ въ мостахъ подъ желѣзную дорогу онѣ безусловно необходимы, особенно, если быки высокіе и состоятъ изъ небольшого числа рядовъ свай (черт. 66). Сопротивленіе опоры значительно увеличивается, если она раскосной системы (черт. 62 и 65).

На черт. 166<sup>II</sup>, 166<sup>III</sup> и 166<sup>IV</sup> показаны типы подкосныхъ мостовъ, примѣненныхъ на Раненбургъ-Данковской и Лебедянской вѣтвяхъ Рязанско-

Уральской желѣзной дороги. Черт. 166" представляет типъ обыкновеннаго подкоснаго моста со свайными опорами при величинѣ отдѣльнаго пролета въ 2,5 с. Опоры состоятъ изъ парныхъ коренныхъ свай и одиночной откосной—всего 6 свай въ опорѣ, стянутыхъ поперечными тремя горизонтальными и двумя діагональными схватками; вершины коренныхъ свай перекрыты насадкой, на которой расположенъ двойной прогонъ съ подбалкой и ригелемъ. Смежныя опоры связаны внизу—восемью, а вверху—четырьмя продольными схватками. Подкосы врублены нижнимъ концомъ въ поперечную схватку, а верхнимъ—въ поперечную подушку, врубленную въ свою очередь въ ригель. Детали врубокъ продольныхъ и поперечныхъ схватокъ въ коренныя сваи такъ проектированы, что, независимо отъ стяжныхъ болтовъ, невозможно относительное перемѣщеніе схватокъ. Кроме того, благодаря тому, что всѣ схватки врублены въ сваю, вертикальное давленіе отъ каждаго изъ подкосовъ передается на коренную сваю тремя врубками: двумя—помощью поперечныхъ схватокъ и одной—при посредствѣ продольной схватки.

На черт. 166''' показанъ типъ подкоснаго моста, опорами коего служатъ стойки, опирающіяся на врытые въ землю лежня. (Этотъ типъ примѣняется въ щебенистыхъ грунтахъ и вообще тамъ, гдѣ нельзя ожидать размыва грунта). Каждая опора состоитъ изъ четырехъ коренныхъ стоекъ и двухъ подкосовъ, врубленныхъ въ лежень и перекрытыхъ общей насадкой. Рядомъ со среднимъ лежнемъ уложены два боковыхъ лежня, въ которые врублены короткія стойки, перекрытыя насадкой; въ нее въ свою очередь опираются подкосы ригеля. Другую особенность этого типа представляютъ подкосныя рамы, замѣняющія подкосы съ подушкой; такое приспособленіе позволило заготовить части моста въ сторонѣ и привезти ихъ на мѣсто работъ отдѣльно собранными частями. Каждая опора связана поперечными діагональными полусхватками, а смежныя опоры связаны четырьмя продольными схватками. Прогонъ, подбалки и ригеля состоятъ изъ парныхъ досокъ:  $3,5'' \times 12''$ , стянутыхъ желѣзными скобами.

На черт. 166<sup>iv</sup> показанъ типъ моста при величинѣ отдѣльнаго пролета въ 3,5 с. Каждая изъ опоръ состоитъ въ нижней части изъ 12 коренныхъ свай (въ каждомъ изъ двухъ кустовъ по три сваи въ продольномъ и по двѣ сваи въ поперечномъ направленіи) и изъ 6 откосныхъ свай (по три въ кустѣ). Верхняя часть опоры состоитъ изъ 8 стоекъ (по четыре стойки на кустѣ), врубленныхъ въ двѣ промежуточные поперечныя схватки, помѣщенные въ уровнѣ меженнихъ водъ. Вершины трехъ коренныхъ свай сръзаны въ уровнѣ высокихъ водъ и перекрыты поперечными насадками, которыя одновременно служатъ схватками для стоекъ. Выше и ниже этихъ насадокъ помѣщены короткія продольныя схватки; надъ верхнимъ рядомъ короткихъ продольныхъ схватокъ помѣщенъ вто-

рой рядъ поперечныхъ скватокъ. Откосныя сваи связаны сверху двумя короткими продольными схватками и насадкой. Въ верхнюю часть стоекъ упираются парные длинные подкосы, нижній конецъ которыхъ врубленъ въ нижнюю поперечную схватку. Стойки приведены въ неизмѣняемую систему двумя упирающимися одинъ въ другой подкосами, пропущенными между стойками и врубленными нижнимъ концомъ въ среднюю верхнюю поперечную схватку. Подушки ригеля подпираются четырьмя подкосами, помѣщенными въ вертикальной плоскости и еще двумя наклонными подкосами, упирающимися нижнимъ концомъ около откосной сваи въ насадку.

Съ верховой стороны опоры защищены ледорѣзами. У крайнихъ опоръ ледорѣзъ представляетъ кустъ изъ 4-хъ свай, а впереди остальныхъ опоръ ледорѣзъ устроенъ изъ 4-хъ свай, перекрытыхъ наклонной насадкой и раскошенными подкосами. Рядомъ съ наиболѣе высокой свайе ледорѣза забиты двѣ короткихъ; сваи связаны внизу двумя парами схватокъ, изъ которыхъ верхняя пара, обжимающая переднюю сваю и заднія короткія, — имѣетъ расходящееся направленіе.

#### Подвѣсныя фермы.

Подвѣсныя фермы представляютъ ту выгоду, что онѣ очень мало могутъ быть подняты надъ горизонтомъ высокихъ водъ въ рѣкѣ, и что фермы моста такой системы не производятъ распора на опоры.

Въ каждомъ мостѣ для удобства проѣзда помѣщаютъ только отъ двухъ до трехъ фермъ такого вида, а именно двѣ—по краямъ и одну—по срединѣ моста. Прогонъ настила опираются на поперечныя балки, подвѣшенныя къ этимъ фермамъ. Раскосы въ этихъ фермахъ не должно дѣлать слишкомъ пологими, иначе въ нихъ будетъ проявляться весьма большое усиліе. Наименьшій предѣльный уголъ наклоненія раскосовъ  $25^\circ$ .

Въ небольшихъ мостахъ подъ желѣзную и обыкновенную дороги вышину подвѣсныхъ фермъ дѣлаютъ отъ 4 до  $4\frac{1}{2}$  футовъ, и тогда фермы служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ и перилами для моста. Но при вышинѣ отъ 10 фуг. и выше, фермы подвѣсной системы становятся уже мало устойчивыми и потому ихъ должно укрѣплять противъ бокового движенія. При вышинѣ фермы въ 16 и болѣе фуг., необходимо соединять всѣ фермы между собою поперечными связями, помѣщая послѣднія по верху фермъ. Для увеличенія сопротивленія фермъ моста противъ бокового выпучиванія, размѣщаютъ подъ половымъ настиломъ поперечныя связи въ видѣ крестовъ.

Самая простая подвѣсная ферма состоитъ изъ одной подвѣски *ак* и двухъ подкосовъ *s* и *s'* (черт. 167), или изъ двухъ подвѣсокъ: *ah* и *a'h'*, двухъ подкосовъ *s* и *s'* и ригеля *v* (черт. 168). Подкосъ соединяется съ

прогономъ врубкой зубомъ (черт. 169), помощью чугунаго башмака (черт. 170), или упираясь въ особую подушку (черт. 171), врубленную въ прогонъ и соединенную съ нею болтами. При соединеніи непосредственной врубкой, полезно помѣщать болтъ (черт. 169), для предупрежденія вращенія нижняго конца подкоса. При соединеніи подкосовъ съ подвѣской, слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы оси подкосовъ сходились на одной точкѣ (а), во избѣжаніе вращенія. Детали соединенія съ одиночной подвѣской показаны на черт. 172.

На черт. 173 показаны соединенія съ двойною подвѣской. Подвѣски обыкновенно дѣлаются изъ дуба, чтобы представить достаточное сопротивление смятію въ мѣстахъ врубки подкосовъ. Въмѣсто деревянныхъ подвѣсокъ часто употребляются желѣзные прутья.

Соединеніе помощью чугунныхъ башмаковъ показано на черт. 174.

Детали соединенія ригеля съ подвѣской изображены на черт. 175.

На черт. 176 представлены детали соединенія подвѣски съ прогономъ.

Если прогонъ стычной, то стыкъ долженъ быть расположенъ подъ подвѣской; но такъ какъ прогонъ подвергается, отъ дѣйствія подкосовъ, вытягивающему напряженію, то стыкъ долженъ быть перекрытъ деревянной или металлической накладкой, помощью шпонокъ и болтовъ. Накладка должна быть такъ расположена, чтобы она въ состояніи была сопротивляться изгибу такъ же, какъ и прогонъ; поэтому ее слѣдуетъ помѣщать *подъ прогономъ*, на подобіе подбалокъ.

На черт. 177 показанъ типъ подвѣснаго моста на Ярославско-Вологодской жел. дорогѣ. Ферма имѣетъ четыре металлическихъ подвѣски; горизонтальная затяжка—изъ четырехъ брусевъ; наружные подкосы составлены по ширинѣ изъ двухъ брусевъ, а внутренніе изъ одного. Крайнія подвѣски—одиночныя, пропущены сквозь затяжку и поперечную подушку, расположенную подъ затяжкой; верхняя часть подвѣски проходитъ сквозь дубовую подушку, въ которую упираются внутренніе одиночные подкосы. Средняя подвѣска—двойная, нижній конецъ которой такъ же закрѣпленъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ; верхній же конецъ пропущенъ сквозь поперечную подушку, общую для обѣихъ фермъ. Подушка имѣетъ подбалку и соединена наклонными полусхватками съ горизонтальными схватками, обжимающими наружные подкосы. Для большей устойчивости помѣщены еще наклонные ванты, соединяющіе верхнюю подушку съ нижней. Рельсовый путь уложенъ на продольныхъ лежняхъ, помѣщенныхъ поверхъ поперечинъ. Опоры состоятъ изъ двойного ряда свай, перекрытыхъ поперечными насадками и сропченыхъ въ уровнѣ поперечной схватки, помощью вертикально расположенныхъ накладокъ.

## ХІ.

# Деревянные пролетные части.

(ПРОДОЛЖЕНІЕ).

*Фермы системы Гау, Тауна, Лембке и арочные. Производство работъ.*

Общее описание фермъ системы Гау. Большая и малая панель. Прямые и обратные раскосы. Опорныя стойки. Подушки и ихъ очертаніе. Стяжные болты.

Фермы системы Гау, принадлежащія къ группѣ балочныхъ, состоятъ изъ двухъ поясовъ, раскошенныхъ крестами и стянутыхъ болтами или стяжками (черт. 59 и 60) и слѣд., по устройству сквозного заполнения между поясами, относятся къ типу *раскосныхъ* фермъ.

Верхній поясъ дѣлается преимущественно изъ деревянныхъ брусевъ, нижній же изъ досокъ, брусевъ, или изъ желѣзныхъ листовъ и полосъ. Сквозное заполненіе между поясами составляется изъ раскосовъ *A* и *B* (черт. 178), которые дѣлаются деревянные, и изъ стяжекъ *C*, состоящихъ или изъ деревянныхъ схватокъ, или изъ желѣзныхъ болтовъ. Иногда, впрочемъ, при деревянныхъ раскосахъ оба пояса бываютъ металлическіе.

Часть фермы между двумя стяжками называется *панелью*. *Большую панелью* называется часть фермы между двумя стяжками, проходящими въ началѣ и въ концѣ раскоса. Панели, расположенныя внутри большой панели, называются *малыми*. — Если въ каждой большой панели имѣется по одному кресту, то система называется *однораскосною*, или *объ одномъ перестыченіи*. Ферма, представленная на черт. 179, называется *двухраскосною*, или *о трехъ перестыченіяхъ* и т. д.

Раскосы *A* (черт. 178), верхніе концы которыхъ обращены къ серединѣ пролета въ разрывной фермѣ или къ сѣченію, удаленному на  $\frac{3}{8}$  пролета отъ крайней опоры въ двухпролетной неразрывной фермѣ, называются *прямыми*. Раскосы *B*—въ отличіе отъ предыдущихъ называются *обратными*. Прямыми раскосами передается опорамъ давленіе грузовъ, равномерно-расположенныхъ вдоль всей фермы, какъ напримѣръ, собственный вѣсъ фермы и проч., а назначеніе обратныхъ—участвовать въ передачѣ опорамъ давленія отъ неравномерно-расположенныхъ грузовъ, какъ напримѣръ, подвижныхъ грузовъ, а также, подраздѣляя прямые раскосы на части, увеличивать сопротивленіе ихъ боковому выпучиванію и уменьшать колебаніе поясовъ, проявляющееся при проходѣ подвижного груза.

Крайнимъ предѣломъ величины *пролета* считаютъ 35 саж., наибольшее же употребительная величина пролета: 20—25 саж.

*Высота* фермы дѣлается отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{10}$  пролета.



*Величина* панели опредѣляется высотой фермы и угломъ наклоненія раскоса, причемъ уголъ наклоненія въ  $45^\circ$  считается наиболѣе выгоднымъ.

Величина малой панели не превосходитъ обыкновенно 6 футь.

Раскосы вставляются свободно между поясами. Форма ихъ поперечнаго сѣченія—квадратъ, или малоотличающійся отъ него прямоугольникъ. Обратные раскосы дѣлаются всегда одинаковыхъ размѣровъ, равныхъ по величинѣ размѣрамъ наименѣе напряженныхъ прямыхъ раскосовъ.

Размѣры *прямыхъ* раскосовъ въ различныхъ частяхъ фермы неодинаковы; приближаясь къ опорамъ, — они увеличиваются. Чтобы не дѣлать всѣ раскосы различнаго сѣченія, ихъ подраздѣляютъ на серіи; въ каждой серіи всѣ раскосы имѣютъ одинаковые размѣры.

Прямые раскосы, для уменьшенія ихъ размѣровъ при большихъ пролетахъ, дѣлаются *двойными*, и между ними проходятъ обратные раскосы, съ промежутками для пропуска двухъ вертикальныхъ болтовъ, стягивающихъ пояса (черт. 60 и 179). Слѣдовательно, ширина пояса должна быть не менѣе суммы толщинъ двухъ прямыхъ и одного обратнаго раскосовъ, сложенной съ толщиной двухъ вертикальныхъ болтовъ.

Если размѣры пояса и раскосовъ такъ невелики, что достаточно помѣститъ одиночный прямой раскосъ, то, въ такомъ случаѣ, при встрѣчѣ съ обратнымъ, они врубаются одинъ въ другой, или въ полдерева, или, не желая ослаблять прямой раскосъ, обратный врубаютъ зубомъ (черт. 180), или же просто упираютъ въ прямой раскосъ съ двухъ сторонъ, причемъ всѣ три части соединяются желѣзными планками (черт. 181).

*Обратные* раскосы соединяются въ точкахъ пересѣченія съ прямыми—болтами (діаметромъ—отъ  $\frac{1}{2}''$  до  $\frac{3}{4}''$ ).

При двойныхъ прямыхъ раскосахъ ферма оканчивается тремя парами стоекъ (черт. 179), изъ которыхъ двѣ пары расположены въ боковыхъ граняхъ фермы, а третья — въ промежуткѣ между ними; между этими стойками также проходятъ вертикальные болты. Для приведенія стоекъ въ неизмѣняемую систему двѣ пары крайнихъ стоекъ *aa* соединяются между собою раскосами *dd*, образующими собою крестъ; стойка же промежуточной пары соединяется распоркою *e*.

Въ точкахъ, въ которыхъ раскосы упираются въ пояса, помѣщаются дубовыя *подушки* для того, чтобы волокна раскосовъ не вдавливались въ пояса. Наклонныя грани подушки должны быть перпендикулярны къ оси раскосовъ и равны ширинѣ ихъ. Прилегающая къ поясу грань и противоположная ей — дѣлаются горизонтальными. Иногда же, для увеличенія сопротивленія смятію и скалыванію, нижняя грань состоитъ изъ двухъ взаимно-пересѣкающихся наклонныхъ плоскостей (черт. 182).

Для очертанія подушки пользуются слѣдующимъ приемомъ: проводятъ на платформѣ линіи: *ab* и *a'b'* (черт. 183), означающія направленія оси

болтовъ. По направленію, перпендикулярному къ этимъ линіямъ, по обѣимъ сторонамъ точекъ:  $a$  и  $a'$  откладываютъ части:  $ac$ ,  $ad$ ,  $a'e'$  и  $a'd'$ , изъ которыхъ каждая равна половинѣ толщины болта—запасъ въ  $\frac{1}{4}$ " , и проводятъ линіи:  $ce$ ,  $fd$ ,  $c'e'$ ,  $d'f'$ . Берутъ линейку  $AB$  съ приложенными къ ней треугольниками  $L$ , изъ которыхъ означена ширина раскоса. Подвигая линейку вмѣстѣ съ треугольниками, пока они не займутъ положенія, показаннаго на чертежѣ, получаютъ направленіе  $gh$  и  $kl$  наклонныхъ граней двухъ подушекъ, послѣ чего легко уже дочертить остальные грани. Подушка имѣетъ форму, означенную на черт. 184. Въ крайнихъ же точкахъ фермы, куда упираются два раскоса (въ двухраскосной системѣ), подушки имѣютъ двѣ грани (черт. 179), перпендикулярныя къ каждому раскосу. Подушки врѣзываются до  $1\frac{1}{2}$  дм. въ пояса. Иногда вмѣсто дубовыхъ подушекъ дѣлаютъ чугуныя.

*Стяжками* служатъ болты, оканчивающіеся съ одной стороны шляпкой  $b$ , а съ другой — винтовой нарѣзкой. Подъ шляпку и гайку болта подкладываютъ чугуныя подгаечники, имѣющіе въ планѣ круглое очертаніе. Для предупрежденія возможнаго вдавливанія подгаечниковъ въ поясъ подъ ними подкладываются дубовыя подушки  $d$  (черт. 184)—цѣльныя по всей ширинѣ пояса.

Длина нарѣзки болта должна быть нѣсколько больше величины предполагаемаго подъема фермы, послѣ того какъ она осядетъ отъ дѣйствія нагрузки.

Нарѣзка болта, для удобства подвинчиванія, помѣщается обыкновенно наверху, такъ какъ внизу для сего пришлось бы дѣлать особый помостъ. Иногда употребляютъ болты съ нарѣзкой съ двухъ концовъ, причемъ болты можно вставлять сверху. Въ нѣкоторыхъ мостахъ, построенныхъ въ Австріи, необходимая натянутость болтовъ достигается посредствомъ муфты (черт. 185), помѣщенной по среднѣй фермы; это дѣлается для удобства подтягиванія, потому что при этомъ способѣ подтягиванія не нужно снимать крышку съ поясовъ. Хотя употребленіе муфты увеличиваетъ издержки, но зато устраняется необходимость въ помостѣ.

Поперечные размѣры болтовъ увеличиваются отъ середины пролета къ опорамъ; причемъ, подобно раскосамъ, они также разбиваются на серіи.

На черт. 179' и 179'' показаны типы однораскосныхъ фермъ Гау съ ъздою по низу и по верху, съ дубовыми и чугуныими подушками. Верхній и нижній пояса состоятъ изъ двухъ брусевъ, стыки которыхъ перекрываются желѣзными планками съ двумя парами внутреннихъ выступовъ (черт. 179''). Чугунная подушка имѣетъ на нижней грани два выступа, которые врѣзаются въ поясъ; верхняя часть подушки снабжена приливами, препятствующими боковому перемѣщенію двухъ прямыхъ и одного

обратнаго раскосовъ; для пропуска стяжного болта оставлено цилиндрическое отверстие. Опорная стойка состоитъ изъ двухъ парныхъ стоекъ, раскошенныхъ раскосами и стянутыхъ стяжными болтами, пропущенными между парными стойками. Назначеніе этихъ болтовъ — препятствовать поднятію концовъ верхняго пояса при загрузкѣ фермы. Проѣзжая часть состоитъ изъ поперечинъ, опирающихся на поясъ, поверхъ которыхъ расположенъ двойной досчатый настилъ.

**Досчатые пояса. Размѣры досокъ. Различные способы размѣщенія стыковъ. Примѣненіе горизонтальныхъ и вертикальныхъ шпонокъ для перенрытія стыковъ. Брусчатые пояса. Перекрытіе стыковъ металлическими накладками.**

Пояса фермъ составляются изъ *досокъ* или изъ *брусьевъ*; *доски* преимущественно употребляются для поясовъ, подвергающихся *вытягиванію*. Это дѣлается по приведеннымъ ниже соображеніямъ. Стыки составныхъ частей *вытянутаго* пояса обязательно должны быть перекрыты или металлическими планками, или деревянными накладками, и въ послѣднемъ случаѣ накладками — той же толщины и ширины, какъ и стыкаемая часть. Для сжатыхъ же поясовъ нѣтъ безусловной необходимости въ перекрытіи стыковъ брусьями такихъ же размѣровъ: передача давленія отъ одного изъ стыкаемыхъ брусьевъ на слѣдующій за нимъ брусъ можетъ совершаться непосредственно; употребляемыя иногда металлическія планки служатъ для предохраненія концовъ брусьевъ отъ отклоненія въ сторону. Поэтому, желая избѣгнуть значительной ширины вытянутаго пояса въ мѣстахъ сраста, — слѣдуетъ повысить коэффициентъ допускаемаго напряженія, а для этого необходимо имѣть увѣренность, что волокна бруса прямыя, непрерывныя во всю длину, не прерываются сучьями и проч. Очевидно, что въ доскѣ легче, чѣмъ въ брусѣ обнаружить присутствіе этихъ условій. Возможная же сучковатость бруса не особенно понижаетъ допускаемое напряженіе въ частяхъ, подверженныхъ сжатію. Поэтому *вытянутые* пояса составляются преимущественно изъ *досокъ*, а *сжатые* — изъ *брусьевъ*, хотя существуютъ примѣры, что при малыхъ пролетахъ вытянутые пояса тоже составлены изъ брусьевъ.

Наиболѣе употребляемая ширина досокъ — отъ 9 до 12 д. при толщинѣ — отъ 3 до 5 д.; длина досокъ — отъ 4-хъ до 6 сажень.

Какъ выше уже было сказано, въ вытянутыхъ поясахъ стыки надобно перекрывать накладками — металлическими или деревянными; преимущественно употребляются послѣднія. Въ этомъ случаѣ — удобною связью служатъ шпонки, шириною отъ  $3\frac{1}{2}$  — 4 д.; глубина вѣвки около 1 —  $1\frac{1}{2}$  д. при взаимномъ разстояніи около 10 д.

Доски ставятся обыкновенно стоймя, почему казалось бы, что шпонки должны быть исключительно вертикальныя. Въ дѣйствительности же

употребляютъ или горизонтальныя, или вертикальныя шпонки, что зависитъ отъ относительнаго расположенія стыковъ. Если стыки не всѣхъ досокъ въ одной линіи, то примѣняютъ горизонтальныя шпонки, причемъ таковыми служатъ подушки, въ которыя упираются раскосы, а въ крайнемъ случаѣ и дубовыя планки, помѣщаемыя подъ подгаечникъ и врѣзаемыя въ такомъ случаѣ на  $1 - 1\frac{1}{2}$  д. въ поясъ. На черт. 186 и 187 показано два типа досчатыхъ поясовъ. Доски стягиваются между собою болтами, которые располагаются въ шахматномъ порядкѣ, не менѣе трехъ въ каждой панели. Подъ гайки и головки болтовъ подкладываютъ подгаечники и подшляпники изъ чугуна, желѣза, и иногда изъ деревянныхъ досщечекъ. Диаметръ болтовъ обыкновенно дѣлается въ  $\frac{3}{4}$  д., но во избѣжаніе вдавливанія лучше дѣлать ихъ въ 1 д. На черт. 186 показанъ примѣръ расположенія стыковъ по одному въ каждой панели черезъ одну доску въ смежныхъ панеляхъ. На черт. 187 показанъ примѣръ, гдѣ одна половина досокъ стыкается въ одной панели, а вторая—въ другой панели на разстояніи половины длины доски. Слѣдовательно, въ томъ и другомъ случаѣ въ каждой панели работаетъ только одна половина наличнаго числа досокъ; остальная половина служитъ лишь накладкою для перекрытія стыковъ.

Если закрѣпленія, доставляемаго подушкой, какъ шпонкой, недостаточно, то номѣщаютъ еще добавочныя горизонтальныя шпонки, располагая ихъ между подушками. Онѣ не вызываютъ новаго ослабленія въ поясѣ, такъ какъ врубаются въ перерѣзанные уже волокна, не принятыя въ расчетъ при опредѣленіи полезнаго сѣченія пояса.

Въ разсмотрѣнныхъ нами поясахъ, въ каждомъ стыкѣ только половина досокъ сопротивляется, а другая служитъ какъ-бы связью между досками, и потому иногда выгоднѣе устроить соединеніе такъ, чтобы всѣ доски пояса участвовали въ сопротивленіи, связавши ихъ при помощи особыхъ *накладокъ*. На черт. 188 показанъ поясъ, составленный изъ четырехъ досокъ въ 4" толщины; стыки досокъ расположены въ одну линію, и въ этихъ мѣстахъ доски связаны деревянными накладками *b* при помощи вертикальныхъ шпонокъ *c* и болтовъ. Нижніе подушки *h* не врѣзываются, потому что и безъ того *закрѣпленій* достаточно; слѣдовательно, врѣзывая ихъ, мы только напрасно уменьшили бы сопротивленіе пояса *разрыву*. Горизонтальныя болты связи обыкновенно пропускаются сквозь доски, въ промежуткахъ между шпонками. Этотъ способъ перекрытія стыковъ имѣетъ однако то неудобство, что перерѣзается много волоконъ; такъ напр. для еоставленія пояса, имѣющаго 12" толщины и сопротивляющагося вытягиванію, надо употребить четыре доски въ 4", ибо въ каждой вырѣжется для шпонокъ по 1" и потому останется всего  $4" \times 3" = 12"$ .

Брусчатые пояса дѣлаются обыкновенно изъ брусевъ высотой отъ 10 до 12 д., и шириною отъ 6 до 8 д.

Въ поясахъ этого рода брусья располагаются въ одну линію, на нѣкоторомъ разстояніи одинъ отъ другого и въ стыкахъ (находящихся въ одномъ сѣченіи) соединяются желѣзными связями (черт. 189). Связи эти состоятъ изъ желѣзныхъ планокъ съ выступами, входящими въ брусья и замѣняющими шпонки. Желѣзные планки прикрѣпляются болтами. Болты, стягивающіе верхній и нижній пояса, пропускаются въ промежутки между брусьями. При такомъ устройствѣ пояса сырость не можетъ имѣть вліянія на брусъ, такъ какъ брусья не прикасаются взаимно по всей длинѣ; стыки же и все мѣсто, гдѣ находится желѣзная связь, покрываются желѣзнымъ листомъ, и это совершенно предохраняетъ поясъ отъ вліянія сырости.

Желѣзные цѣльные накладки съ двумя или четырьмя выступами, требующія особыхъ вальцовъ для прокатки, довольно дороги; чугуныя хотя и дешевле, но по своей хрупкости и малому сопротивленію вытягиванію не могутъ быть употребляемы; поэтому часто, для полученія дешевой желѣзной накладки, къ листу котельнаго желѣза приклепываютъ потайными заклепками полосы, соотвѣтствующія выступамъ (черт. 190). Врубки дѣлаются глубиною также около 1 д. Если при данной толщинѣ планки, высота ея, необходимая для сопротивленія разрыву, окажется менѣе высоты стыкаемой доски или бруса, тогда, для уменьшенія траты матеріала, можно выковать связь *неодинаковой высоты*, какъ показано на черт. 191, или поступить такъ, какъ изображено на черт. 192, приклепавъ къ полосѣ однообразной высоты—вертикальныя планки, сообразно высотѣ бруса.

Все сказанное до сихъ поръ относительно стыковъ и связей касается исключительно нижняго пояса, подверженнаго въ однопролетныхъ фермахъ вытягиванію. Скажемъ нѣсколько словъ относительно перекрытія стыковъ верхняго пояса, сжатаго—въ однопролетныхъ фермахъ.

Въ мостахъ объ одномъ пролетѣ верхній поясъ почти всегда составляется изъ брусевъ, такъ какъ черезъ сучья, часто встрѣчающіеся въ нихъ, давленіе передается такъ же точно, какъ и въ другихъ частяхъ бруса. Брусья имѣютъ то важное преимущество передъ досками, что они менѣе подвержены гніенію. Стыки въ верхнемъ поясѣ только незначительно уменьшаютъ сопротивленіе того бруса, въ которомъ они находятся, такъ какъ волокна одного бруса надавливаются на волокна другого. Въ виду этого стыки сжатаго пояса часто и не перекрываются, но только для уменьшенія вдавливанія помѣщаются дубовыя или чугуныя прокладки. Но во всякомъ случаѣ полезно и въ сжатомъ поясѣ перекрывать стыки металлическими планками, препятствующими отклоненію концовъ брусевъ въ сторону.

Нерѣдко и для верхнихъ поясовъ употребляются доски, какъ напр. въ многопролетныхъ фермахъ.

Различный составъ фермъ. Крышни надъ поясами. Обшивна фермъ во всю высоту, Расположеніе и устройство проѣзжей части въ мостахъ съ ѣздою по-верху, по-низу и по серединѣ. Горизонтальныя и вертикальныя связи. Детальное ихъ устройство. Наружныя нонсоли, замѣняющія вертикальныя связи въ мостахъ съ ѣздою по-низу.

При малыхъ пролетахъ каждый изъ поясовъ фермы состоитъ изъ одного бруса, причемъ стяжной болтъ проходитъ сквозь пояса, а оди-ночные прямой и обратный раскосы пересѣкаются въ одной плоскости (черт. 180—181).

При большихъ пролетахъ пояса состоятъ изъ двухъ, или трехъ брусевъ съ двойными стяжными болтами и прямыми раскосами.

Иногда же число брусевъ и болтовъ еще болѣе увеличивается.

Въ деревянныхъ американскихъ мостахъ, сильно подверженныхъ гніе-нію отъ сырости, забирающейся во врубки, весьма важно предохранить отъ нея хотя одни пояса. Для защиты нижняго пояса надъ нимъ дѣ-лаютъ покрытіе слѣдующимъ образомъ: къ раскосамъ прибавляются про-дольные бруски *a* (черт. 193), на которые кладутъ крышку, состоящую изъ дощечекъ, положенныхъ на эти брусья, а сверху покрытыхъ желѣз-ными листами. Въ крышкѣ сдѣланы отверстія для пропуска болтовъ и раскосовъ. Какъ съ наружной, такъ и съ внутренней стороны, пояса обшиваются досками, которыя проконопачиваются и осмаливаются, или же обшиваются желѣзными листами. Иногда, для облегченія осмотра, крышка дѣлается откидною, вращающеюся въ точкѣ *a*. Верхній поясъ при ѣздѣ по-верху нѣтъ надобности покрывать, ибо онъ закрытъ мосто-вымъ полотномъ. Противъ болтовъ оставляются отверстія, закрываемыя желѣзными крышками. Если же мостъ съ ѣздою по-низу, то является необходимость защитить и верхній поясъ, и тогда надъ нимъ тоже дѣ-лается крышка, состоящая изъ металлическихъ реберъ, перекрытыхъ же-лѣзными листами (черт. 194). Крышка можетъ вращаться на шарнирѣ, такъ что, въ случаѣ надобности, можно ее открывать. Иногда обшиваютъ ферму досками во всю высоту или устраиваютъ общее покрытіе моста во всю его ширину при помощи стропильныхъ фермъ, устанавливаемыхъ на верхнемъ поясѣ.

Проѣзжая часть располагается *по-верху*, *по-низу* или *по-серединѣ*. Детальное устройство проѣзжей части было уже описано. Здѣсь приве-демъ нѣкоторыя особенности, присвоенныя фермамъ системы Гау. Въ мо-стахъ съ ѣздою по-верху и по-низу поперечины располагаются поверхъ пояса, между узлами и по возможности ближе къ узламъ, если размѣры нижняго настила позволяютъ это сдѣлать. Поперечины прикрѣпляются

къ поясамъ особыми болтами, причемъ вырубка дѣлается въ поперечинѣ. На черт. 195 показанъ поперечный разръзъ пролетныхъ частей изъ трехъ фермъ съ ѣздою по-верху подъ обыкновенную дорогу. Поверхъ верхняго пояса расположена поперечина, притянутая болтами къ поясу; болты пропущены въ промежуткѣ между брусьями поясовъ и снизу подложены дубовыя прокладки. Для образованія поперечнаго ската къ поперечинѣ прибитъ треугольный брусокъ; настиль состоитъ изъ двухъ рядовъ досокъ, расположенныхъ вдоль моста; вода собирается въ желобъ деревяннаго упорнаго бруса, откуда стекаетъ внизъ по отводной желѣзной трубѣ. Тротуары состоятъ изъ досокъ, опирающихся на продольные бруски, положенные на поперечины. Для возможности осмотра моста имѣется помость, уложенный на поперечинахъ, поставленныхъ на нижній поясъ. Этими послѣдними поперечинами пользуются также для закрученія связей, расположенныхъ въ вертикальной плоскости, о чемъ будетъ сказано ниже.

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу съ ѣздою по-верху разстояніе между фермами зависитъ отъ высоты фермы (не менѣе  $\frac{2}{3}$  высоты). Если это разстояніе оказывается не болѣе 8 футъ, то рельсы прикручиваются непосредственно къ поперечинамъ. Въ противномъ случаѣ необходимо отъ этого отказаться, такъ какъ, въ виду значительнаго разстоянія между фермами, потребовались бы поперечины чрезмѣрнаго сѣченія, и потому, для возможности передачи давленія отъ одного колеса паровоза на нѣсколько смежныхъ поперечинъ располагають поверхъ этихъ послѣднихъ продольные брусья, а къ нимъ уже прикручиваютъ рельсы или непосредственно, или же на продольные лежни кладутъ короткія шпалы и къ нимъ прикручиваютъ рельсы. На черт. 196 представленъ поперечный разръзъ бывшаго Веребинскаго \*) моста на Николаевской желѣзной дорогѣ. Такъ какъ фермамъ этого моста былъ приданъ подъемъ въ 5,5 д., а рельсы проектировано было уложить по прямой горизонтальной линіи, то вдоль поперечинъ были положены накладки равной имъ ширины и толщиною отъ 1-го до 5-ти дюймовъ. На эти накладки положены подрельсные брусья *b* и охранные брусья *c*, сѣченіемъ 12"  $\times$  12", расположенные по среднѣ путей. Между продольными брусьями настлана досчатая палуба, и въ ней прорублены окна для подвигиванія сверху стержней фермъ; палуба сдѣлана была такъ, чтобы дождевая вода стекала отъ продольныхъ брусевъ, какъ показано на чертежѣ, къ желобкамъ, откуда вода проведена внизъ водосточными трубами *d*. Досчатая палуба была зашпаклевана и осмолена, и, кромѣ того, покрыта листовымъ желѣзомъ. Надъ окнами, сдѣланными въ досчатой палубѣ, желѣзные листы прорѣзывались, и края ихъ загибались у реберъ оконъ на

\*) Замѣненнаго нынѣ насыпью съ трубою.

1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> вершка вверхъ, для того, чтобы дождевая вода не могла стекать въ окна. Надъ окнами сдѣланы были желѣзные крышки.

Въ мостахъ съ *ъздою по-низу* устройство проѣзжей части ничѣмъ не отличается отъ предыдущей, за исключеніемъ лишь того, что въ виду значительнаго разстоянія между фермами, не менѣе 16 футъ (въ деревянныхъ мостахъ Николаевской дороги разстояніе между фермами допущено было въ 14 футъ), всегда оказывается необходимымъ прибѣгать къ продольнымъ лежнямъ (черт. 197) для передачи давленія на нѣсколько поперечинъ.

Въ мостахъ съ *ъздою по срединѣ* поперечины проѣзжей части при значительной ширинѣ ея состоятъ (черт. 199) изъ фермъ Гау, причемъ нижній поясъ поперечинъ опирается на нижній поясъ фермы, а верхній поясъ — на особыя схватки, обжимающія раскосы главныхъ фермъ (черт. 198). На черт. 199 показанъ поперечный разрѣзъ моста подъ три пути и подъ обыкновенную дорогу съ тремя фермами; средняя, какъ выдерживающая наибольшій грузъ (съ обѣихъ сторонъ), имѣетъ болѣе значительные размѣры. Во всѣхъ трехъ фермахъ средній брусъ верхняго пояса—двойной; верхній поясъ прикрытъ сверху крышкой изъ листового желѣза. Между продольными лежнями положены на поперечины скопеленные къ срединѣ бруски, перекрытые досками и желѣзнымъ листомъ; въ углубленіяхъ сдѣланы отверстія для стока дождевой воды.

Для удержанія фермъ въ параллельномъ и неизмѣняемомъ положеніи при дѣйствіи на нихъ бокового усилія, между ними располагаютъ *связи* въ горизонтальной и вертикальной плоскостяхъ. Горизонтальныя связи состоятъ изъ болтовъ и изъ раскосовъ, помѣщенныхъ діагонально между этими болтами. Связи эти помѣщаются между поясами фермъ.

Когда пролетная часть составлена изъ четырехъ фермъ, то связи располагаются между каждою парою фермъ отдѣльно. Среднія ребра соединяются между собою распорками и болтами или еще лучше—хомутами (черт. 200).

Раскосы *горизонтальныхъ связей* упираются въ дубовыя подушки *a* (черт. 201), которыя нѣсколько врѣзываются въ пояса. Раскосы держатся у подушекъ на вставныхъ шпихахъ; для большаго удобства сборки нарубаютъ также шипъ на раскосѣ и вставляютъ его въ гнѣздо, сдѣланное въ подушкѣ. Черезъ подушки *a*, врѣзанныя въ пояса крайнихъ фермъ, проходятъ болты, стягивающіе фермы. Подъ шляпки этихъ болтовъ, для предупрежденія вдавливанія ихъ въ пояса, нужно подкладывать подшляпники, состоящіе изъ сосновыхъ, или лучше, изъ дубовыхъ дощечекъ.

Для стягиванія фермъ и для нажатія раскосовъ на болтахъ помѣщаются муфты *b*.

Въ случаѣ трехъ фермъ (черт. 202), на средней фермѣ будутъ мѣста *a*, гдѣ встрѣтятся по четыре раскоса; для упора ихъ помѣщаются двѣ



подушки  $b$ , стянутыя малымъ болтомъ (черт. 203); каждый изъ нихъ служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ для связи досокъ пояса.

*Вертикальныя* связи въ мостахъ съ ѣздою по-верху состоятъ изъ раскосовъ. Онѣ помѣщаются противъ каждаго горизонтальнаго болта горизонтальныхъ связей нижняго пояса. На черт. 195 показано расположеніе вертикальныхъ связей при трехъ фермахъ. Раскосы  $a$ , идущіе отъ верхняго пояса средней фермы къ нижнимъ крайнимъ, упираются внизу частью въ подушки горизонтальныхъ связей и въ самый поясъ, частью же въ поперечные брусья нижняго помоста, къ которымъ они прикрѣпляются болтами  $c$ ; вверху же они упираются въ поясъ и въ поперечныя балки полотна. Между раскосами и верхнимъ поясомъ, въ точкѣ упора помѣщается для нажатія раскоса заклинка, состоящая изъ двухъ дубовыхъ клиньевъ  $d$ , забитыхъ узкими концами въ противоположныя стороны (черт. 195'). Раскосы  $b$  (черт. 195), идущіе отъ верхнихъ поясовъ крайнихъ фермъ къ нижнему поясу средней, въ верхнихъ точкахъ упираются въ поясъ и въ поперечины мостового полотна такъ же точно, какъ раскосы  $a$ , только безъ заковки; внизу же они упираются въ брусья  $n$  (черт. 195'') нижняго помоста и входятъ шипами въ пазы. Такимъ образомъ въ каждый брусъ  $n$  нижняго помоста у средней фермы упирается по два подкоса  $b$  и  $b_1$ . Между ними помѣщается заклинка  $e$ , загоня которую разомъ нажимаютъ оба раскоса, встрѣчающіеся въ этой точкѣ. Для того, чтобы при забиваніи заковки раскосы могли нѣсколько подаваться, въ пазы, въ которые входятъ шипы раскосовъ, оставляютъ зазоры.

Такъ какъ раскосы у нижнихъ поясовъ крайнихъ фермъ упираются въ подушки горизонтальныхъ связей, а вверху тѣ же раскосы для удобнаго помѣщенія заковки должны прямо упираться въ поясъ, то стяжные болты верхнихъ горизонтальныхъ связей не должны быть въ одной вертикальной плоскости съ соответствующими болтами нижнихъ связей, а нѣсколько въ сторонѣ. Диагональныя вертикальныя связи между фермами могутъ имѣть еще *другое расположеніе*, при которомъ соответственныя горизонтальныя болты верхнихъ и нижнихъ связей могутъ быть въ одной вертикальной плоскости. Въ этомъ случаѣ раскосы упираются въ подушки горизонтальныхъ связей, срѣзанныхъ перпендикулярно къ нимъ (черт. 195'''). Заклипки обыкновенно здѣсь не дѣлаются; нажимаютъ же раскосы завинчиваніемъ болтовъ. Въ точкѣ пересѣченія раскосовъ одинъ изъ нихъ прерывается и упирается въ другой шипами (черт. 195<sup>IV</sup>). Въ этомъ мѣстѣ можетъ быть помѣщена заклинка  $d$ ; при этомъ шипу, около котораго помѣщена заклинка, надо давать такую длину, чтобы, при забиваніи заковки, онъ не выпелъ изъ своего гнѣзда. Такъ какъ при этомъ расположеніи раскосы помѣщаются между двумя фермами отдѣльно, то

этотъ типъ весьма удобенъ, когда пролетная часть моста составлена изъ двухъ или четырехъ фермъ.

Въ мостахъ съ ѣздою по-низу очевидно нельзя помѣщать между фермами вертикальныхъ діагональныхъ связей.

Для замѣны вертикальныхъ діагональныхъ связей можно помѣщать у крайнихъ фермъ ванты, то есть желѣзные тяжи, прикрѣпленные однимъ концомъ къ верхнему поясу, а другимъ — задѣланные въ кладку быка или устоя (черт. 197). Къ поясу ванты прикрѣпляются помощью хомута, обхватывающаго поясъ; съ хомутомъ онѣ соединяются при помощи проушины и вилки. Ванты натягиваются муфтами. Такое устройство весьма мало помогаетъ устойчивости, ибо ванты могутъ быть помѣщены только у устоевъ и быковъ.

Значительное преимущество представляетъ слѣдующій типъ связей, помощью котораго достигается увеличеніе жесткости фермы относительно боковыхъ качаній на всемъ ея протяженіи. Дубовая подушка верхняго пояса (чертежи 204 и 205), въ которую упираются раскосы, и другая, расположенная надъ нею, сдѣланы чрезъ одинъ или два узла нѣсколько длиннѣе ширины пояса, причемъ выступающіе концы обтесаны на четыре канта. (Если же ферма допускаетъ помѣщеніе связей вверху, тогда короткія подушки замѣняются брусомъ во всю ширину моста). Соответствующая имъ нижняя подушка замѣнена тоже длиннымъ брусомъ, общимъ для обоихъ нижнихъ поясовъ фермы. Непосредственно подъ этимъ брусомъ помѣщенъ подъ поясами другой брусъ, соединенный съ первымъ болтами. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ подкосы главныхъ фермъ упираются въ брусъ, замѣняющій подушку, онъ обтесанъ, какъ обыкновенная подушка. Выступающія части верхнихъ подушекъ и нижнихъ поперечинъ обжаты двумя наклонными схватками, представляющими собою консоль.

Ферма Тауна. Простая и двойная ферма. Устройство рѣшетки и поясовъ.  
Нагели. Ферма Лембне.

Фермы состоятъ изъ досчатыхъ поясовъ и такихъ же раскосовъ и принадлежатъ къ группѣ балочныхъ фермъ, причемъ по устройству сквозного заполнения между поясами относятся къ типу *рѣшетчатыхъ* фермъ. Фермы бываютъ *простыя* и *двойныя*. Въ *простой* фермѣ *рѣшетка* между поясами *одиночная* и состоитъ изъ двухъ рядовъ досокъ отъ двухъ до трехъ дюймовъ толщины, шириною около 12-ти дюймовъ, и расположенныхъ крестообразно подъ угломъ, нѣсколько меньшимъ прямого, па взаимномъ разстояніи отъ двухъ до двухъ съ половиною разъ большею ширины доски. Во всѣхъ пересѣченіяхъ доски соединяются дубовыми нагелями, обыкновенно по два въ каждомъ пересѣченіи.

*Пояса простой* фермы состоятъ изъ досокъ, располагаемыхъ по обѣ

стороны рѣшетки и не менѣе двухъ съ каждой стороны. Они собираются изъ досокъ толщиною отъ 2-хъ до 3 д., причемъ каждый изъ поясовъ состоитъ по высотѣ изъ одного или двухъ рядовъ, располагаемыхъ на разстояніи  $1\frac{1}{2}$  фута одинъ отъ другого.

Иногда верхній поясъ состоитъ только изъ одного ряда, а нижшій— изъ двухъ рядовъ.

При пересѣченіи раскосовъ съ поясами забиваются четыре нагеля такой длины, чтобы они проходили сквозь толщину поясовъ и раскосовъ.

Крайніе ряды поясовъ располагаются вверху и внизу рѣшетки такъ, чтобы они захватывали всѣ концы досокъ рѣшетки (обыкновенно концы выступаютъ на 8—10 дюймовъ за предѣлъ крайнихъ реберъ поясовъ).

Въ двойной фермѣ рѣшетка двойная, причемъ число досокъ въ каждомъ ряду поясовъ увеличивается до шести, изъ которыхъ въ расчетъ полезной площади входятъ только три доски. Въ простой же фермѣ при четырехъ доскахъ въ одномъ ряду рассчитываютъ на сопротивленіе только двухъ досокъ, рассматривая остальныя двѣ, какъ накладки для прикрытія стыковъ. Для того, чтобы доски поясовъ не выпучивались, полезно нѣкоторые изъ нагелей, соединяющихъ поясъ съ раскосами, замѣнить болтами.

Высота фермъ составляетъ около  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{9}$  пролета. Обыкновенно по высотѣ фермы должно быть не менѣе трехъ параллелограммовъ, образуемыхъ пересѣкающимися досками. Отношеніе длины горизонтальной діагонали параллелограмма къ вертикальной измѣняется отъ 0,6 до 0,95.

Диаметръ нагелей измѣняется отъ  $1\frac{1}{2}$  дюйма до  $2\frac{1}{2}$  дм.; длина ихъ равна толщинѣ матеріала, черезъ который они должны проходить, оставляя 1 д. или  $1\frac{1}{2}$  дюйма запаса съ каждой стороны. Передъ забивкой обточенные нагели вывариваются въ горячемъ маслѣ и затѣмъ смазываются саломъ.

При установкѣ фермъ системы Тауна на устой, подъ нижніе пояса подкладываютъ подушки, въ которыхъ сдѣланы гнѣзда, куда входятъ концы раскосовъ. Вмѣсто этихъ гнѣздъ лучше дѣлать для раскосовъ сквозныя отверстія чрезъ всю подбалку для того, чтобы вода могла свободно стекать. Подъ подбалкою помѣщаются мауэрлаты. Длина части фермы, лежащей на устоѣ,—около одной сажени.

На чертежѣ 206 представлена часть фермы моста (на Ричмондъ-Питсбургской желѣзной дорогѣ) чрезъ рѣку Джэмсъ. Мостъ имѣетъ 19 пролетовъ отъ 140 ф. до 163 ф. Вышина быковъ—40 ф., толщина поверху—4 ф., ширина—18 ф. Пояса и раскосы состоятъ изъ досокъ  $12'' \times 3''$ . Верхній поясъ состоитъ изъ шести досокъ; оба нижніе пояса имѣютъ также по шести досокъ; высота клѣтки—6 фут., ширина—4 фут.

Связи устраиваются такъ же, какъ въ фермахъ мостовъ системы Гау.

Система Тауна, представляя весьма легкой и простой способ для скорой постройки мостовъ значительнаго пролета, имѣеть, однако, свои неудобства, которыя ставятъ систему Тауна далеко ниже системы Гау. Такъ напримѣръ, деревянные нагели, ссыхаясь, часто вываливаются изъ своихъ мѣсть. Кромѣ того, ферму невозможно приподнять, если она получить прогибъ.

На черт. 206'a, 206'б, 206'в и 206'г—показана примѣненная во многихъ случаяхъ въ Россіи ферма системы Лембке. Она представляетъ собою дальнѣйшее развитіе фермы системы Тауна. Раскосы сдвинуты вплотную и обшиты во всю высоту до поясовъ горизонтальными рядами досокъ. Пояса состоятъ изъ досокъ и по мѣрѣ приближенія къ серединѣ (въ разрывныхъ фермахъ) число ихъ увеличивается; стыки перекрываются досчатыми накладками. Въ данномъ примѣрѣ въ нижнемъ поясѣ—расположены во всю длину фермы двѣ доски и на нѣкоторомъ протяженіи еще двѣ доски. Показанная на эшорѣ третья доска длиною съ правой стороны въ 4 саж. и съ лѣвой въ 6 саж. служить для перекрытія двойного ступенчатаго стыка. Въ верхнемъ поясѣ наибольшее число досокъ съ лѣвой стороны—три, причемъ третій листъ служить для перекрытія ступенчатыхъ стыковъ перваго и втораго листа. Съ правой стороны помѣщены четыре доски; четвертая служить для перекрытія стыка. Какъ показываетъ эшора, концы третьей правой доски и третьей лѣвой служатъ также для перекрытія стыковъ. Прикрѣпленіе раскосовъ къ поясамъ и перекрытіе стыковъ поясовъ сдѣлано помощью нагелей діаметромъ  $1\frac{3}{4}$  дюйм. По длинѣ фермы поставлены на извѣстномъ разстояніи вертикальные парные брусчатые сжимы, стянутые болтами діаметромъ въ  $\frac{1}{2}$  д. Къ сжимамъ приболчены втулковые кресты. Въ данномъ примѣрѣ полотно моста поддерживается четырьмя фермами; деревянные поперечины поставлены на пояса, покрытые сверху кровельнымъ желѣзомъ.

Арочныя фермы. Раздѣленіе на подносныя и подвѣсныя арочныя фермы. Главныя части арочной фермы: арна, прогонъ, висячія схватки и подвѣски. Брусчатая и досчатая арна. Связи между фермами. Сопряженіе фермы съ опорами.  
Подвѣсная арочная ферма.

Въ зависимости отъ расположенія проѣзжей части относительно арки, разсматриваемыя фермы подраздѣляются на двѣ группы:

- а) На *подкосныя арочныя фермы*, мостовое полотно которыхъ расположено надъ аркой (черт. 10), подпирающей помощью схватокъ или стоекъ верхній прогонъ въ нѣсколькихъ точкахъ, подобно тому, какъ это имѣеть мѣсто въ обыкновенныхъ подкосныхъ фермахъ, и
- б) На *подвѣсныя арочныя фермы*, въ которыхъ мостовое полотно подвѣшено къ аркѣ (черт. 220).

Арочныя фермы первой группы примѣняются въ тѣхъ случаяхъ, когда по значительности пролета средшіе подкосы обыкновеннаго подкоснаго моста составляютъ съ горизонтомъ углы менѣе  $25^\circ$ , или когда необходимо увеличить свободное пространство подъ мостомъ. Употребляемыя также для этой цѣли подкосныя фермы, подкосы которыхъ расположены по периметру многоугольника, хотя менѣе сложны по конструкціи, но не обладаютъ достаточной жесткостью.

Фермы второй группы устраиваются въ томъ случаѣ, когда находятъ неудобнымъ или дорогимъ поднятіе мостового полотна на столько, чтобы пяты арки подкосно-арочнаго моста были выше горизонта высокихъ водъ.

Какъ показываютъ (черт. 10) и (черт. 220), всякая арочная ферма состоитъ изъ *арки, горизонтальнаго прогона и висячихъ схватокъ*, причемъ послѣднія служатъ для передачи на арку груза, принимаемаго прогономъ отъ проѣзжей части моста, включая и подвижную нагрузку. Въ подвѣсныхъ арочныхъ фермахъ (черт. 220) висячія схватки замѣняются вертикальными подвѣсками. Въ подкосныхъ арочныхъ фермахъ—верхній прогонъ въ большинствѣ случаевъ касается своею среднею частью вершины арки. Для уменьшенія нагрузки на арку часть груза передается непосредственно на опоры помощью подкосовъ, подпирающихъ прогонъ или концы подбалки (черт. 10).

Разстояніе между фермами подкосныхъ арочныхъ мостовъ дѣлается отъ 5 до 7 фут.; въ подвѣсныхъ же фермахъ это разстояніе зависитъ отъ ширины проѣзжей части, но во всякомъ случаѣ оно не менѣе 10—14 фут., такъ что при дѣятельномъ движеніи по мосту число фермъ не менѣе трехъ, съ отдѣльнымъ мостовымъ полотномъ для каждаго направленія движенія.

Наиболѣе употребительные пролеты для арочныхъ фермъ обыкновенной конструкціи—отъ 8 до 15 саж., хотя существуютъ примѣры большихъ пролетовъ, какъ напр. мостъ чрезъ р. Вейржъ (черт. 220) подъ обыкновенную дорогу съ величиною пролета въ  $36\frac{1}{2}$  саж.; при болѣе же сложной конструкціи величина пролета доходить даже до 43 саж., какъ напр. бывший желѣзнодорожный мостъ на Эрійской желѣзной дорогѣ въ Америкѣ.

Подъемъ арки дѣлается обыкновенно въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{7}$  до  $\frac{1}{10}$  пролета.

Обратимся теперь къ детальному описанію арочныхъ фермъ.

Арки обыкновенно располагаютъ по дугѣ круга, хотя въ предположеніи существованія нагрузки, равномерно распределенной по горизонтальной проекціи, найвыгоднѣйшая форма арки—парабола; но такъ какъ при пролетахъ около 10—15 саж. очертаніе по параболѣ мало отличается отъ дуги круга,—то для сокращенія труда останавливаются на дугѣ круга. При значительныхъ же пролетахъ, гдѣ очертанія по кругу

или по параболѣ уже замѣтно отличаются одно отъ другого—арку полагаютъ по параболѣ, какъ напр. въ мостѣ чрезъ р. Вепржъ (черт. 220).

Арка составляется изъ *брусевъ* или *досокъ*. Брусья располагаются по высотѣ въ два, три, четыре и пять рядовъ, смотря по пролету (черт. 207 и 210). Стыки косяковъ располагаютъ въ перевязку (черт. 208) и такъ, чтобы они соотвѣтствовали схваткамъ или хомутамъ, которыми стягивается арка. Чѣмъ длиннѣе косякъ, тѣмъ лучше,—менѣе стыковъ. Сосновые косяки бываютъ длиною до 3—4 сажень; дубовые косяки, хотя болѣе прочны, чѣмъ сосновые, но не такъ легко сгибаются; наиболѣе употребительная длина этихъ косяковъ 1,5—2 сажени.

На черт. 207 показанъ типъ арочнаго моста подь обыкновенную дорогу для пролета въ 10 саж. Мостъ состоитъ изъ семи арочныхъ фермъ на взаимномъ разстояніи 6 ф. одна отъ другой. Арка составлена изъ двухъ брусевъ, размѣромъ  $10\frac{1}{2} \times 10\frac{1}{2}$  д. и раздѣлена восемью висячими схватками на девять панелей. Размѣры висячихъ схватокъ  $8 \times 9$  дюймъ; онѣ стянуты по высотѣ нѣсколькими стяжными болтами. Между арками имѣются горизонтальныя связи въ видѣ парныхъ схватокъ, обжимающихъ висячія схватки поочередно въ уровнѣ верхней и нижней грани арки. Верхній прогонъ, опираясь на опоры и на арку, поддерживается на концамъ подбалкой, подпертой на обоихъ концахъ подкосами. На прогонахъ расположены поперечины, а на нихъ двойной досчатый настиль. Общая ширина моста между перилами 37 ф., причемъ для экипажей оставлено 28 ф. Граница проѣзда обозначена тремя прижимными брусьями. Косяки, арки и подкосы опираются непосредственно на подпятные камни твердой породы.

Вообще, какъ для прочности фермы, такъ и для крѣпости ея, вырубка и пригонка отдѣльныхъ частей должны быть весьма тщательны. Иногда въ дугѣ прокладываютъ листы бумаги, пропитанные кипящей смолой. Трещины и щели заливаютъ разными замазками. Напримѣръ, въ Нарвскомъ мосту употребляли для этого составъ изъ льняного масла, мѣла, зильберглета и кромѣ того каждый брусъ покрывался отъ двухъ до трехъ разъ горячимъ льнянымъ масломъ. Въ мостѣ черезъ рѣку Мшагу, для предохраненія мостовыхъ частей отъ сырости, надъ аркою устроенъ былъ вспомогательный нижній полъ, покрытый желѣзомъ, и съ него сырость отводилась особыми отверстиями. Эта мѣра принесла ожидаемую пользу и оправдалась долгимъ существованіемъ Мшагскаго моста.

Полезно части моста осмаливать или обугливать. Смолу слѣдуетъ употреблять древесную, которая хорошо впитывается въ дерево и тѣмъ предохраняетъ его отъ гніенія.

Окраска тоже защищаетъ дерево отъ сырости, а потому деревянные мосты вообще хорошо окрашивать; но лучше оставлять ихъ нѣкоторое

время, напримѣръ, въ продолженіе одного года, неокрашенными, чтобы дерево успѣло совершенно высохнуть, потому что къ сырому дереву краска дурно пристаётъ, или же слѣдуетъ оставлять неокрашенную нижнюю часть арки.

*Косяки* связываются по высотѣ стяжными болтами и висячими схватками (черт. 207 и 208); но этими схватками косяки связываются не прочно, такъ какъ при усушкѣ дуги образуются зазоры между дугой и схватками. Зазоръ по ширинѣ арки можетъ быть уничтоженъ плотнымъ завинчиваніемъ горизонтальныхъ болтовъ, помѣщенныхъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ въ парной висячей схваткѣ (черт. 207 и 208). Для уничтоженія же зазора по высотѣ арки, т. е. между верхнею и нижнею гранью арки и соотвѣтственными вырубками въ висячей схваткѣ, пользуются горизонтальными парными схватками, имѣющими собственно назначеніе связать фермы между собою. Но для того, чтобы можно было поперечными схватками нажать косяки одинъ на другой, употребляютъ соединеніе въ лапу (черт. 209); а именно, схватки, какъ висячія, такъ и поперечныя, связываются во врубкахъ по наклонной плоскости, и тогда при завинчиваніи болтовъ въ горизонтальныхъ схваткахъ эти послѣднія будутъ скользить по наклоннымъ срѣзамъ висячихъ схватокъ и нажимать косяки. Подъ горизонтальными схватками оставляется въ висячихъ схваткахъ (черт. 209) зазоръ въ  $1\frac{1}{2}$ ".

Здѣсь нужно замѣтить, что всѣ вырубкі должны дѣлать въ связяхъ, а не въ самой дугѣ, дабы не ослаблять ея, и онѣ не должны превосходить  $1\frac{1}{2}$ ". Длина свободныхъ концовъ должна быть отъ 1 ф. до  $1\frac{1}{4}$  ф. для достаточнаго сопротивленія скальванію. При большихъ пролетахъ кромѣ этой связи употребляютъ еще желѣзные хомуты или болты, помѣщенные въ промежуткѣ между висячими схватками.

*Хомутъ* (черт. 210) составляется изъ простой желѣзной волосы, обхватывающей дугу съ трехъ сторонъ; съ четвертой стороны привинчивается особая полоса. Болты же пропускаются сквозь косяки. Болты выгодны тѣмъ, что на нихъ идетъ менѣе желѣза, но зато сырость скорѣе проникаетъ въ дугу, и слѣдовательно она скорѣе гнѣетъ. Кромѣ того болты выгоднѣе еще тѣмъ, что препятствуютъ скольженію косяковъ одинъ по другому; хомуты же не препятствуютъ этому. Вообще въ малыхъ мостахъ выгоднѣе употреблять болты. При большихъ пролетахъ для уничтоженія скольженія загоняютъ между косяками шпонки.

Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 208, мостъ отверстіемъ въ 22,5 метра имѣетъ семь фермъ, составленныхъ по высотѣ изъ трехъ косяковъ. Стыки косяковъ расположены такъ, что они приходятся противъ висячихъ схватокъ, причемъ стыки только верхняго и нижняго косяка встрѣчаются въ одномъ сѣченіи. Каждая изъ десяти висячихъ схва-

токъ сопрягается врубкой въ лапу съ горизонтальными поперечными схватками въ уровнѣ верхней и нижней грани арки. Кромѣ этой связи косяки арки стянуты еще желѣзными хомутами, детальное устройство коихъ показано на черт. 210. Верхній прогонъ расположенъ такъ, что верхняя грань его касается вершины арки, т. е. прогонъ не продолжается по всему пролету. Конецъ прогона соединяется съ аркой помощью желѣзной скобы (черт. 208'), съ выступомъ на концахъ и привинченной къ прогону желѣзнымъ винтомъ. Другой конецъ этого прогона соединяется съ прогономъ смежнаго пролета на опорѣ врубкой замкомъ, при помощи планокъ и болтовъ (черт. 213), причѣмъ подъ стыкъ подложена подушка. Прогонъ въ мѣстѣ сраста скрѣпленъ болтомъ съ каменной кладкой опоры (черт. 218), что необходимо было сдѣлать, чтобъ получить неподвижную точку для прикрѣпленія къ ней металлическихъ діагональныхъ связей, расположенныхъ поверхъ поперечинъ (черт. 211 и 213), а именно всѣ поперечины на опорѣ скрѣплены болтами съ горизонтальнымъ прогономъ; на тѣ же болты насажены: планка, связывающая между собою обѣ поперечины, а затѣмъ надѣты и діагональныя связи. Деталь пересѣченія діагональныхъ связей показана на черт. 214, причѣмъ одна половина связей оканчивается вилкой, между вѣтвями которой проходитъ встрѣчная связь. Обѣ половины одной и той же связи соединяются чекой, позволяющей измѣнять длину связей. Для приведенія всѣхъ арокъ въ неизмѣняемую систему помѣщены восемь діагоналей, сходящихся поочередно у средней арки (черт. 208). Діагонали состоятъ по длинѣ изъ отдѣльныхъ частей, врубленныхъ въ предѣлахъ между двумя смежными арками въ висячую схватку и въ арку, и опираются вмѣстѣ съ тѣмъ на нижнія поперечныя схватки. Такимъ образомъ имѣются связи какъ въ уровнѣ проѣзжей части, такъ и между арками. Часть нагрузки вблизи опоры передается непосредственно на опоры помощью подбалки и подкосовъ. Проѣзжая часть состоитъ изъ поперечинъ, расположенныхъ частью на аркѣ, частью на горизонтальномъ прогонѣ, на взаимномъ разстояніи въ 1,5 метра. Поверхъ поперечинъ настланъ въ продольномъ направленіи нижній рядъ настила толщиной 110 мм. съ промежутками въ 30 мм., а по нему уже расположенъ двойной поперечный рядъ досчатого настила толщиной въ 30 мм. и 40 мм. Верхній рядъ настила (третій) толщиной 40 мм. тянется не во всю ширину моста; мѣстами, гдѣ предполагено движеніе колесъ, онъ замѣненъ продольными желѣзными полосами (пять полосъ) шириною 68 мм. съ промежутками въ 40 мм.; всего сдѣлано три колеи: двѣ колеи по бокамъ моста (черт. 208) для одноконной запряжки, съ желѣзными полосами, и одна средняя колея для парной запряжки съ верхнимъ деревяннымъ настиломъ. Во избѣжаніе коробленія досокъ отъ дѣйствія дождя и солнечныхъ лучей—ширина



досокъ нигдѣ не превышаетъ 250 мм., а также обращено особенное вниманіе на возможно частое размѣщеніе гвоздей (около 30 на кв. метръ). На черт. 215 показано детальное устройство чугунной подушки, на которую опирается нижній конецъ арки. Подушка не прилегаетъ плотно заднею гранью къ устою и имѣетъ полукруглыя отверстія, что способствуетъ выходу воды, скопляющейся вблизи пять арки, а также обезпечиваетъ и свободный доступъ воздуху.

*Досчатая дуга* составляется изъ досокъ, поставленныхъ на ребро или положенныхъ плашмя одна на другую (черт. 216). Арки изъ досокъ, поставленныхъ на ребро, имѣютъ тотъ недостатокъ, что сырость удобно забирается въ швы; дубовые нагели, соединяющіе смежныя доски, подвержены сильному напряженію отъ груза мостового полотна. Дуги, составленные изъ досокъ, положенныхъ плашмя, не имѣютъ этого недостатка.

Доски имѣютъ толщину 2,5—3 дюйма для удобнѣйшаго изгиба при длинѣ доски въ 3 сажени. Употребляются также 4" доски длиною въ 6 сажень. Ширина доски обыкновенно 10"—12"; дубовыя доски наиболѣе пригодны; ихъ скрѣпляютъ между собою нагелями, шпонками и стягиваютъ болтами, или хомутами. Высота дуги опредѣляется расчетомъ. Ширина дуги бываетъ въ 1, въ 1½, или въ 2 и 3 доски. Въ послѣднихъ трехъ случаяхъ стыки всегда располагаются въ перевязку такъ, чтобы не было въ одномъ сѣченіи болѣе одного стыка, причемъ для большаго зацѣпленія стыки располагаются черезъ доску. Доски соединяются между собою нагелями, которые еще расклиниваются; для лучшей связи располагаютъ у стыковъ по 2 дюймовыхъ дубовыхъ нагеля, а въ промежуткахъ по одному нагелю въ шахматномъ порядкѣ на разстояніи отъ 3-хъ до 4 дюйм. Нагели проходятъ обыкновенно черезъ три ряда досокъ; ихъ забиваютъ съ подмостей во время сборки арки, и потомъ доски стягиваются хомутами.

Доски, поставленные на ребро, имѣютъ обыкновенно длину не болѣе 1—1,5 саж., и необходимая кривизна сообщается имъ обтеской.

Выгоды досчатой дуги сравнительно съ брусчатой тѣ, что 1) стыки, при расположеніи ихъ по одному въ каждой панели, составляютъ меньшую часть сѣченія; поэтому сопротивленіе арки больше; 2) доски прочнѣе связываются между собою (посредствомъ нагелей) и 3) онѣ легко изгибаются, и потому нѣтъ надобности вырѣзывать или гнуть косяки и всегда можно составить дугу изъ цѣльныхъ досокъ. Но съ другой стороны доски скорѣе гниютъ, чѣмъ брусъ.

*Прогонъ* дѣлается одинаковой ширины съ дугою и обыкновенно составляется изъ одного бруса. Въ случаѣ большаго пролета, онъ дѣлается составнымъ, и расположеніе стыковъ (сопряженіе дѣлается зубомъ) зависитъ отъ расположенія схватокъ.

Въ стыкахъ брусья соединяются замкомъ и болтами; полезно располагать замокъ въ вертикальной плоскости. Иногда горизонтальный прогонъ прерывается около середины, причемъ прогонъ соединяется съ аркой особыми желѣзными планками, и верхняя грань арки обтесывается въ этой части пролета горизонтально (черт. 208).

*Часть надъ дугою* состоитъ изъ висячихъ схватокъ, обхватывающихъ дугу, расположенныхъ нормально къ дугѣ, или вертикально, или изъ стоекъ, опирающихся па дугу. Чтобы часть груза передать прямо на устой, дѣлаютъ подбалку съ однимъ или двумя подкосами. Висячія схватки связываются между собою по всей ширинѣ моста горизонтальными схватками, которыя, кромѣ того, служатъ для нажима косяковъ, составляющихъ дугу. Части, составляющія схватку, соединяются между собою болтами (черт. 207).

Когда части дуги хорошо связаны посредствомъ нагелей и хомутовъ, напр. если дуга досчатая, то вмѣсто схватокъ для уменьшенія количества вѣса можно употребить распорки или раскосы (черт. 217).

При подобномъ устройствѣ выпучиванію дуги отъ дѣйствія подвижного груза сопротивляются раскосы, причемъ давленіе передается въ постоянныя точки помощью болтовъ (или схватокъ) и раскосовъ, идущихъ къ этимъ точкамъ. Болты имѣютъ то преимущество передъ схватками, что схватки нельзя натягивать. Раскосы упираются въ дубовыя или чугуныя подушки. Болты пропускаются черезъ дугу; невыгода ихъ та, что сырость попадаетъ въ отверстіе и, задерживаясь, производитъ гніеніе; по при широкихъ дугахъ можно болты пропускать въ промежуткѣ, оставляемомъ между двумя частями дуги.

На черт. 217 показанъ одинъ изъ существующихъ въ Могилевскомъ округѣ арочныхъ мостовъ съ досчатой дугою. Опоры состоятъ изъ трехъ рядовъ свай, сращенныхъ въ одномъ уровнѣ врубкой секторами: срость перекрыть двойнымъ рядомъ схватокъ; по срединѣ высоты и вверху имѣется только одиночный рядъ схватокъ. Быки обшиты во всю высоту досками съ просвѣтомъ. На вершинѣ свай надѣта чугунная коробка, служащая одновременно для принятія давленія отъ верхнихъ стоекъ и отъ арки. Верхнихъ стоекъ числомъ двѣ, и онѣ приходятся въ промежуткѣ между сваями нижняго яруса. Чугунная подушка отлита такимъ образомъ, что въ ней имѣются: внизу—выемки глубиною 10 д. для помѣщенія шиповъ стоекъ нижняго яруса опоръ, а вверху—углубленія для шиповъ стоекъ верхняго яруса опоръ. По бокамъ подушка скошена соотвѣтственно очертанію пяты арки и имѣетъ закраины, причемъ для уменьшенія вѣса—подушка пустотѣлая. Арка состоитъ изъ шести рядовъ досокъ:  $12 \times 3$  д., положенныхъ плашмя. Кромѣ нагелей арка стянута желѣзными хомутами изъ полосъ  $1\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$  д. Полосы, соотвѣтствующія вертикальному ребру

хомута, имѣють по серединѣ уширеніе съ отверстіемъ, діаметромъ въ 3 д., въ которое проходитъ конецъ чугунной распорки, имѣющей приливы, на взаимномъ разстояніи въ 6 ф. Концы штыря распорки проходятъ сквозь арку, и на нихъ надѣвается гайка. Такимъ образомъ, благодаря присутствію гаекъ и внутреннихъ приливовъ въ видѣ мѣстныхъ утолщеній, — чугунная распорка можетъ дѣйствовать какъ стяжка и какъ распорка. Цѣлесообразнѣе было бы пропустить сквозь арку желѣзную стяжку, помѣщенную внутри чугунной трубчатой распорки.

*Связи между фермами* бываютъ нормальныя къ длинѣ фермы и діагональныя; первыя—для приведенія фермъ во взаимно параллельное положеніе, а вторыя—для приведенія въ неизмѣняемую систему.

Самыя простыя связи, употребляемыя при брусчатыхъ дугахъ, состоятъ изъ горизонтальныхъ, параллельныхъ между собою схватокъ; онѣ помѣщаются у висячихъ схватокъ то сверху, то снизу дуги, а иногда и сверху и снизу у каждой схватки. Діагональныя связи помѣщаются между дугами и упираются частью въ висячія и въ горизонтальныя схватки. При пересѣченіи съ дугами, онѣ нарубаются на дугу какъ насадки (черт. 207 и 208).

Связи состоятъ иногда изъ металлическихъ стяжекъ или распорокъ и изъ раскосовъ. Такъ, иногда стяжки изъ круглаго желѣза проходятъ сквозь всѣ арки моста, пересѣкая ихъ по нейтральной оси. Чтобы сохранить параллельность между арками, стяжки помѣщаются внутри чугунныхъ трубокъ (распорокъ), имѣющихъ по концамъ особые приливы, въ которые упираются деревянные діагональные раскосы. Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 217, вмѣсто стяжекъ употреблены чугунные распорки, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ служатъ стяжками.

Кромѣ вышеупомянутыхъ связей, въ нѣкоторыхъ мостахъ имѣются діагональныя горизонтальныя металлическія связи для соединенія въ одно цѣлое арокъ съ каменными опорами. Такъ, напримѣръ, въ мостѣ Ивренъ черезъ рѣку Сену, въ каждомъ пролетѣ помѣщены два креста (черт. 211). Однимъ концомъ діагонали соединены съ двумя крайними арками, а другимъ концомъ прочно связаны съ каменной кладкой. Соединеніе съ аркой сдѣлано слѣдующимъ образомъ: болты хомута (черт. 212) проходятъ сквозь поперечину; на одинъ изъ болтовъ надѣта поверхъ поперечины желѣзная кольчатая планка, соединенная короткимъ болтомъ съ діагональною связью. На опорахъ соединеніе устроено иначе: прогонъ скрѣпленъ съ каменной кладкой помощью штыря (черт. 213); съ прогономъ неразрывно связана желѣзная планка, помѣщенная поверхъ поперечинъ; на болты, соединяющіе эту планку съ прогономъ, надѣты связи, имѣющія проушины. Связи пересѣкаются въ одной плоскости; во избѣжаніе искривленія и для возможности натягиванія связей, онѣ состоятъ изъ двухъ частей, соединенныхъ вилкой и чекой (черт. 214).

Для сопряженія дуги и подкосовъ съ каменнымъ устойемъ въ устоѣ дѣлается гнѣздо, задняя грань котораго нормальна къ дугѣ; или же въ устоѣ срѣзываютъ верхнюю часть до пять и дѣлаютъ уступъ для арки (черт. 207). Дуга, прямо положенная на камень, скоро въ этомъ концѣ сгниваетъ; поэтому обыкновенно конецъ дуги, входящій въ гнѣздо или упирающійся на уступъ, обкладывается свинцовыми листами или осмоленнымъ войлокомъ. Нѣкоторые инженеры—противъ обертыванія пять арки свинцовыми листами или войлокомъ и вообще противъ задѣлыванія деревянной арки наглухо въ каменную кладку; на основаніи существующихъ примѣровъ, они считаютъ болѣе цѣлесообразнымъ оставлять небольшіе зазоры между кладкой и аркой для того, чтобы воздухъ могъ свободно проходить; при этомъ необходимо только обезпечить возможность стока воды.

Если высота арки довольно значительна, то для уменьшенія размѣровъ гнѣзда, которое приходится высѣкать въ кладкѣ,—полезно ограничивать арку уступами, какъ это сдѣлано въ мостѣ Иври чрезъ рѣку Сену (черт. 208). Въ этомъ сооруженіи между боковыми гранями арки и гнѣзда имѣется зазоръ около  $\frac{1}{2}$  дюйма; нижній брусъ арки опирается на особую чугунную коробку (черт. 215) съ отверстиями, обезпечивающими свободный стокъ воды.

Для предупрежденія гніенія концовъ дуги употребляютъ также чугунную коробку. Этими мѣрами предупреждаютъ также вдавливаніе волоконъ дуги въ каменную кладку. Чугунная коробка должна быть такова, чтобы сырость не задерживалась въ ней и чтобы воздухъ могъ свободно проходить.

*Деревянные быки арокныхъ фермъ* состоятъ обыкновенно изъ трехъ рядовъ свай до высоты пять, а выше идутъ только два ряда или одинъ (черт. 10 и 217). Дуга и подкосы упираются въ дубовыя подушки или въ чугуныя коробки.

*Подвѣсная арокная ферма* съ ѣздою по-низу состоитъ изъ дуги, къ которой подвѣшено мостовое полотно помощью схватокъ или тяжей съ распорками. Дуга упирается или непосредственно на опоры, или она врубается въ прогонъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ арка не производитъ распора на опоры, и тогда вся ферма представляетъ собою обыкновенную балочную ферму съ криволинейнымъ поясомъ.

Смотря по тому, упирается ли арка на опоры или въ прогонъ, схватки и подвѣски соединяются съ поперечинами (черт. 217) или съ прогономъ (черт. 219). Въ первомъ случаѣ на поперечинахъ располагаются продольные лежни и на нихъ мостовое полотно. Во второмъ случаѣ на прогонахъ, число которыхъ равняется числу арокъ, располагаются поперечины, покрытыя досчатымъ полотномъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ при большихъ пролетахъ распоръ арки довольно значителенъ, и потому прогоны дѣлаются тогда не изъ дерева, а изъ желѣза.

При значительныхъ пролетахъ число фермъ не менше трехъ, четырехъ, а иногда и болше; разстояніе между ними соотвѣтствуетъ возможности свободнаго проѣзда экипажа по одному направленію (около 14—16 футъ).

Горизонтальныя связи помѣщаются какъ между прогонами, такъ и между арками, но на такой высотѣ, чтобы это не мѣшало проѣзду экипажей. Для того, чтобы діагональныя связи между арками не распирали ту часть арки, гдѣ таковыхъ уже болше нельзя поставить, помѣщаютъ, начиная отъ этого мѣста, особые подкосы къ опорамъ, какъ это сдѣлано напримѣръ въ Вепржскомъ мосту.

Этотъ мостъ принадлежитъ къ первой категоріи, то есть арки опираются непосредственно на опоры. Онъ построенъ близъ Ивангородской крѣпости, состоитъ изъ одного пролета, величиною  $36\frac{1}{2}$  саж. и имѣетъ три арки; разстояніе между смежными арками—16 футъ (черт. 220). Мостовое полотно подвѣшено къ аркамъ посредствомъ брусчатыхъ подвѣсокъ. Детали сопряженія этихъ подвѣсокъ съ аркой и съ поперечинами (составными) показаны на черт. 220. А именно: верхняя часть подвѣски соединяется съ аркой помощью двухъ металлическихъ прутьевъ, пропущенныхъ сквозь арку; верхняя часть прутьевъ снабжена винтовой нарѣзкой и гайкой, а нижняя—петлей, сквозь которую проходитъ горизонтальный болтъ. Нижняя часть подвѣски соединена съ поперечиной подобными же двумя прутьями, пропущенными сквозь составную поперечину. Верхніе прутья расположены въ граняхъ подвѣски, нормальныхъ къ продольной оси моста, а нижніе—въ противоположныхъ граняхъ. Верхнія части фермъ соединены между собою поперечными и діагональными брусками. Въ промежуткѣ между двумя подвѣсками на верхней и нижней граняхъ арки помѣщены поперечныя связи, состояція изъ двухъ брусковъ; брусья стянуты болтомъ, пропущеннымъ сквозь арку. Непосредственно надъ этими брусками сдѣланы въ боковыхъ граняхъ арки два гнѣзда, въ которыя входятъ концы діагональныхъ связей, также прикрѣпленныхъ къ предыдущимъ связямъ стяжными короткими болтами. Крайнія фермы укрѣплены снаружи наклонными подкосами, упирающимися въ крылья каменныхъ устоевъ. Каждая ферма состоитъ изъ дуги и изъ подвѣсокъ, которыя передаютъ на дуги грузъ отъ мостового полотна. Дуга имѣетъ очертаніе параболы, то есть кривой равнаго сопротивленія при равномерномъ распредѣленіи груза по всей длинѣ моста. Въ составъ каждой дуги входятъ 74 косяка, которые расположены попарно, въ пять рядовъ одинъ надъ другимъ. Средняя длина каждаго косяка—до 40 футовъ, а толщина и ширина—по 12 дюймовъ; поэтому въ поперечномъ разрѣзѣ дуга представляетъ 10 косяковъ одинаковыхъ размѣровъ, пли площадь въ 10 квадратныхъ футовъ. Косяки соединены между собою

желѣзными скобами и дубовыми подушками, сквозь которыя проходятъ горизонтальные болты.

Начество лѣса. Обдѣлна лѣса. Установка балочныхъ и подносныхъ фермъ. Описаніе сборна фермъ системы Гау: платформа; лѣса; расчерчиваніе на платформѣ; приготовленіе шаблоновъ; обдѣлна отдѣльныхъ частей (брусьевъ) по шаблонамъ; подъемъ частей фермы; установка набоенъ; сборка подбалонъ и частей пояса; вѣзка подушекъ; установка горизонтальныхъ связей, раскосовъ и стержней главныхъ фермъ и вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Заготавливаемый для мостовыхъ фермъ лѣсъ долженъ обладать качествами, указанными въ главѣ о деревянныхъ опорахъ. Дополнимъ сказанное нѣсколькими замѣчаніями. Лѣсъ выбирается зимней рубки и преимущественно декабрьской и январской, такъ какъ къ этому времени образовавшіеся за лѣто новые слои дерева вполне окрѣпнуть. Въ февралѣ же и позже начинается движеніе соковъ для новаго роста, и если въ этотъ періодъ времени дерево будетъ срублено, — произойдетъ броженіе соковъ, развѣдающее кѣлтки древесины, вслѣдствіе чего дерево быстро разрушается. Рубка (свалка) дерева должна быть произведена въ такомъ возрастѣ его, когда оно имѣетъ наибольшую крѣпость; молодое дерево имѣетъ непрочную древесину, много заболони, а когда дерево перестояло, — средняя часть дѣлается мягкой. Для дуба зрѣлый возрастъ опредѣляютъ между 60 и 200 годами; для лиственницы—50 и 100; для сосны—70 и 100 годами.

Заболонь (наружная часть древесины, прилегающая къ корѣ), легче, слабѣе средней части, составляющей собственно древесину, и отличается болѣе свѣтлымъ цвѣтомъ. Заболонь составляетъ около 0,3 толщины дерева. Плотность дерева увеличивается по направленію отъ заболони къ сердцевинѣ, но самая сердцевина—опять нѣсколько слабѣе древесины.

Лѣсу, растущему въ рощахъ, слѣдуетъ отдавать предпочтеніе сравнительно съ деревьями одиночками, такъ какъ замѣчено, что въ послѣднихъ, болѣе подверженныхъ неодинаковому дѣйствію солнечныхъ лучей, — слои дерева не концентричны, т. е. сердцевина не въ центрѣ ствола. Сторона дерева, обращенная къ югу, имѣетъ болѣе толстые и менѣе твердые слои, а потому при сушкѣ происходитъ искривленіе ствола, такъ какъ менѣе плотные слои болѣе ссыхаются. Деревья, растущія на болотистомъ грунтѣ, всегда слабы и поэтому не могутъ быть допускаемы для построекъ; наиболѣе крѣпкій лѣсъ растетъ въ песчаныхъ и песчано-глинистыхъ грунтахъ.

Сваленный лѣсъ, освобожденный отъ коры, подвергается естественной сушкѣ въ закрытыхъ отъ солнца и вѣтра сухихъ помѣщеніяхъ, на что требуется не менѣе 2—3 лѣтъ. Быстрая сушка вызываетъ появленіе трещинъ: наружные слои, какъ менѣе плотные, ссыхаются быстрѣе внутрен-

нихъ, образуются трещины, которыя постепенно доходятъ до сердцевины. Погруженіе срубленнаго дерева въ воду для выщелачиванія соковъ хотя и предупреждаетъ появленіе искривленія и трещинъ при сушкѣ дерева, — но при этомъ оно лишается значительной доли своей прочности.

Наиболѣе употребительный для мостовъ строевой лѣсъ: сосна, лиственница, ель (иногда въ сѣверной части Россіи) и дубъ. Хвойныя деревья отличаются правильными и прямыми волокнами и прямымъ стволомъ, но боковая связь между волокнами слаба, вслѣдствіе чего дерево легко расщепляется и дурно сопротивляется смятію и скалыванію. Годовые слои *сосны* состоятъ изъ твердой части бураго цвѣта и изъ мягкой — болѣе свѣтлой; толщина слоевъ должна быть не болѣе одной десятой доли дюйма. *Лиственница* отличается особенной своей крѣпостью, тверже для обработки по сравненію съ сосной, но скорѣе даетъ трещины; годовые слои толще, чѣмъ у сосны. Лучшіе сорта имѣютъ древесину темнокраснаго, а заболонь — желтоватаго цвѣта. *Ель* употребляется для легкихъ и для второстепенныхъ частей сооруженія. Хорошій *дубовый* лѣсъ имѣетъ блѣдно-желтоватый цвѣтъ съ зеленоватымъ оттѣнкомъ, твердую блестящую поверхность, тонкіе и правильные годовые слои. Толстые слои, тусклая поверхность, красноватый оттѣнокъ — признаки слабаго дуба.

Но слѣдуетъ допускать для построекъ лѣсъ съ трещинами, идущими отъ центра къ заболоннѣ и образовавшимися отъ быстрой сушки или отъ мороза; равнымъ образомъ слѣдуетъ браковать лѣсъ съ трещинами между слоями, съ двойной заболонью, съ искривленіемъ волоконъ (свилеватость) или съ винтообразнымъ расположеніемъ волоконъ (косослой). Къ признакамъ хорошаго, крѣпкаго и прочнаго лѣса слѣдуетъ отнести слѣдующіе: малое разстояніе между годовыми слоями, что есть слѣдствіе медленнаго роста; твердая и плотная ткань; большая связь между волокнами, которыя не должны набираться между зубьями пилы и не должны быть махровыми въ свѣжемъ разрѣзѣ; темный цвѣтъ древесины; твердая поверхность свѣжаго разрѣза; отсутствіе значительнаго количества смолы въ смолистыхъ и сока въ лиственныхъ породахъ и большая тяжеловѣсность въ однородныхъ деревьяхъ.

Всѣ породы дерева очень прочны, если находятся постоянно въ сухомъ мѣстѣ, при свободномъ доступѣ воздуха. Дерево, находясь постоянно подъ водою, не портится, причемъ нѣкоторыя породы деревьевъ, какъ на примѣръ, дубъ — дѣлаются еще болѣе крѣпкими, другія же — новидимому становятся мягче. Дерево быстро гниетъ, если подвержено переходамъ отъ сухости къ сырости. Дерево въ спертномъ воздухѣ подвергается сухому гніенію, прорастаетъ грибами и обращается въ порошокъ.

Лѣсъ, доставленный на мѣсто работъ, употребляется для мостовыхъ сооруженій въ цилиндрической, вѣрнѣе конической формѣ, а болѣею частью обтесаннымъ на два или четыре канта.

Въ болѣе значительныхъ сооруженіяхъ весьма важно, чтобы въ составныхъ частяхъ ихъ не встрѣчалось дерево съ заболонью, какъ съ болѣе слабою частью, и въ этихъ случаяхъ почти всегда употребляются четырехкантовые брусья.

Изъ бревна можно получить брусъ или помощью обтески топоромъ, или выпиливаніемъ. Въ томъ и другомъ случаѣ обрѣзаютъ предварительно пилой оба конца бревна, по возможности нормально къ продольной оси, намѣчаютъ центры и помощью наугольника и отвѣса вычерчиваютъ на торцахъ поперечное сѣченіе бруса. Затѣмъ, натягивая намѣленный шнуръ отъ одного конца бревна до другого, между соответственными точками сѣченія,—отбиваютъ шнуромъ черту по всей длинѣ бревна и стесываютъ топоромъ лишнюю часть, причемъ для облегченія отдѣленія дѣлаютъ по длинѣ бревна нѣсколько надрубовъ соответствующей глубины. Если лѣсъ крупный, то прямоугольный брусъ выгоднѣе получить выпиливаніемъ (иа козлахъ), такъ какъ при этомъ излишняя часть остается не въ видѣ щепы, а какъ горбыли, идущіе въ дѣло.

Приступая къ изготовленію фермъ моста, слѣдуетъ руководствоваться выданными чертежами, и если масштаб общаго чертежа не достаточно великъ, то необходимо наиболѣе сложныя соединенія, врубки и проч. вычертить въ увеличенномъ масштабѣ въ  $\frac{1}{5}$  или въ  $\frac{1}{3}$  настоящей величины, а въ крайнемъ случаѣ приготовить даже модели важнѣйшихъ частей фермы.

Опишемъ вкратцѣ исполненіе работъ по сборкѣ балочныхъ и подкосныхъ фермъ, фермъ системы Гау и арочныхъ фермъ.

По данному чертежу пролетныхъ частей балочнаго или подкоснаго моста, на которомъ означены поперечные размѣры и длины отдѣльныхъ частей, слѣдуетъ предварительно опредѣлить толщину бревенъ (въ отрубѣ), длину и число ихъ, приобрести или выдать нарядъ на поставку этого количества бревенъ и кромѣ того заготовить необходимый лѣсъ для подмостей.

Такъ какъ отдѣльныя части сооруженія могутъ быть весьма разнообразной длины, а въ продажѣ или въ складахъ имѣется лѣсъ только опредѣленной длины (обыкновенно въ 3, 4, 5 и болѣе саж.), причемъ стоимость пог. саж. лѣса увеличивается вмѣстѣ съ длиной его,—то при выдачѣ наряда слѣдуетъ съ этимъ сообразоваться, имѣя въ виду, чтобы оставалось по возможности менѣе обрѣзковъ, не могущихъ идти въ дѣло.

По доставленіи матеріала на мѣсто дѣлается разборка его, т. е. руководствуясь чертежемъ и выпиской, отбираютъ бревна для прогоновъ, подкосовъ, схватокъ и проч., причемъ для наиболѣе существенныхъ частей сооруженія отбирается лучшій по достоинству лѣсъ. Послѣ этого обдѣлываютъ бревна въ брусья на два или четыре канта и остругиваютъ.



На платформѣ или на выровненномъ мѣстѣ пригоняютъ въ послѣдовательномъ порядкѣ составныя части фермы, дѣлая сопряженія при продолжныхъ сростахъ, при врубкѣ подкосовъ въ ригеля и проч.

Въ виду возможной неправильной забивки свай или ошибки въ расположении опоръ, необходимо, при назначеніи длины прогоновъ, подкосовъ и проч., сообразоваться не только съ чертежемъ, по и съ дѣйствительнымъ относительнымъ положеніемъ опоръ, измѣряя всѣ эти величины въ натурѣ. Собравъ на платформу ферму, ее разбираютъ, нумеруютъ, по частямъ переносятъ или вкатываютъ по слегамъ на подмости и окончательно собираютъ на мѣстѣ, причемъ всѣ врубki при сопряженіи съ мауэрлатомъ или съ насадкой дѣлаются уже на мѣстѣ. Равнымъ образомъ на мѣстѣ же дѣлаются всѣ врубki при сопряженіи поперечинъ съ прогонами моста.

При установкѣ подкосныхъ фермъ сначала ставятъ на мѣсто подкосы, ригель и подбалки, которые временно расшиваются досками для приведенія въ устойчивое положеніе, или собираютъ подкосную ферму на кружалахъ или на подмостяхъ. Послѣ того какъ поставлены всѣ части фермы и временно стянуты досчатыми схватками, прикрѣпленными гвоздями, приступаютъ къ сверленію болтовыхъ отверстій и затѣмъ свинчиваютъ отдѣльныя части фермы болтами или стягиваютъ хомутами. Діаметръ бурава почти не долженъ превосходить діаметра болта, который загоняется въ отверстіе деревяннымъ барсомъ; поверхность болта полезно смазать саломъ. На неизбѣжную осадку фермъ отъ усушки дерева и отъ несовершенно точной прирубki частей придають подъемъ около  $\frac{1}{200}$  пролета.

Сборка фермъ системы Гау будетъ понятна изъ слѣдующаго описанія сборки былинга моста черезъ р. Веребью на Николаевской ж. дор., описанія, составленнаго строителемъ моста, инженеромъ Журавскимъ.

Для устройства деревянныхъ фермъ системы Гау необходимы: *платформа* для расчерчиванія фермъ, *сарай* для склада частей моста и *лѣса* для сборки фермъ на мѣстѣ. Сверхъ того, надобно расчертить ферму на платформѣ, сдѣлать шаблоны, обрѣзать по нимъ предварительно-обтесанныя и оструганные деревянные части фермъ, и потомъ, поднявъ всѣ части моста на мѣсто, собрать фермы.

*Платформа* дѣлается изъ сухихъ еловыхъ досокъ, толщиною  $2\frac{1}{2}$  дюйма, положенныхъ на пяти-вершковыя лежни, врытые въ землю на сухомъ мѣстѣ, на взаимномъ разстояніи  $4\frac{1}{2}$  футовъ; полъ платформы выстругивается въ плоскость; строеніе должно покрыть крышею и окопать канавою, если предвидится возможность затопленія платформы дождевой водою.

*Сарай* для склада лѣса устраиваются на сухомъ мѣстѣ и состоятъ изъ столбовъ, врытыхъ въ землю, на разстояніи сажени, и покрытыхъ

крышею; промежутки между столбами забиваются досками, врубленными в столбы наискось, образуя родъ «жалузи», для безпрепятственного тока воздуха, что предохраняетъ вмѣстѣ съ тѣмъ отъ дождя матеріалъ, сложенный въ сараѣ на полу, который насланъ на лежняхъ. Брусья и доски складываются въ сараѣ въ штабели на прокладкахъ. Ворота сарая не должны быть оставляемы растворенными, особенно весною, потому что въ это время, болѣе чѣмъ когда либо, лѣсъ колется, при быстромъ усыханіи отъ сильнаго вѣтра. Для работъ моста черезъ р. Веребью были выстроены четыре сарая, длиною 30 саж., шириною 4 саж., вышиною  $1\frac{1}{2}$  сажени.

*Лѣса для сборки* собственно фермы устроены были такъ, чтобы на нихъ можно было собирать пояса фермъ прямо на мѣстѣ.

На черт. 221, 222 и 223 показано расположеніе частей лѣсовъ. Четыре стойки *a*, каждой поперечной системы лѣсовъ, служили для поддержанія насадокъ, на которыхъ собирался верхній поясъ; нижній поясъ собирался на схваткахъ *b*, врубленныхъ на 1 дюймъ въ эти стойки и на насадкахъ *b'*, положенныхъ на выступающія вершины дополнительныхъ стоекъ нижнихъ лѣсовъ; подкосы *c* и раскосы *d* служили для укрѣпленія длинныхъ схватокъ *b* и *b'* и для предупрежденія поперечнаго выгиба лѣсовъ.

*Расчерчиваніе на платформѣ* производилось слѣдующимъ образомъ. На полу платформы, выструганномъ подъ рейку, дѣлался чертежъ фермы; длинныя линіи пробивались тоненькимъ шнуромъ, туго натянутымъ и натертымъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ мѣломъ; на отмѣткахъ, которыя дѣлалъ мѣлъ на платформѣ при ударѣ шнура, означали линію карандашомъ при помощи линейки; остальной чертежъ дѣлался линейкою и наугольникомъ, приготовленными изъ лучшаго сухого, сосноваго лѣса. Эти инструменты должны быть повѣряемы каждый разъ въ день ихъ употребленія, потому что они часто коробятся отъ сырости воздуха.

Фермамъ моста придавали выгибъ по дугѣ круга, такъ что оба пояса *aa* и *bb* составляли двѣ концентрическія дуги, описанныя изъ общаго центра *c* (черт. 224). По данному возвышенію фермы *ed* и пролету *bb* можно опредѣлить радіусъ кривизны, затѣмъ уголъ при центрѣ и длину дугъ *bb* и *aa*. Задавшись опредѣленнымъ числомъ панелей, опредѣляютъ длину панелей нижняго и верхняго поясовъ, причемъ очевидно длина панелей верхняго пояса была болѣе длины панелей нижняго пояса. На опорахъ стяжные болты имѣютъ вертикальное направленіе, и поэтому крайнія панели верхняго пояса были короче остальныхъ. Величина этого укороченія *aq* (черт. 223) найдется легко, такъ какъ извѣстны *ab* и уголъ *abq*, равный половинѣ угла при центрѣ. Такъ, на примѣръ, при длинѣ пролета въ 24 саж., подъемъ въ 6 дюймовъ, при высотѣ фермы

въ 2,5 саж. и длинѣ большей панели нижняго пояса *on*, равной 168 дюйм., длина панели верхняго пояса *pn* оказалась равной 168,54 дюйм., причемъ укороченіе *aq* составляло 3 д.;  $qr=81$  д. (*Aq* дѣлають примѣрно равнымъ половиной подъема *ed*). Вычертивъ осевыя линіи болтовъ и назначивъ толщину ихъ, опредѣляли очертаніе подушекъ, какъ указано было ранѣе (см. черт. 183).

Для расчерчиванія всѣхъ частей фермы, имѣвшей всѣ панели равныя, достаточна была платформа такихъ размѣровъ въ длину, чтобы на ней можно было начертить три панели фермы.

По изготовленіи и повѣркѣ чертежа фермы, дѣлали для подушекъ и раскосовъ шаблоны изъ сухихъ лучшихъ, сосновыхъ досокъ, толщиною въ 1 дюймъ, на шаблонахъ подписывали тотъ же нумеръ, какъ и на рабочемъ чертежѣ, означая также длину бруска и его поперечные размѣры.

По готовымъ шаблонамъ обдѣлывались предварительно-оструганные бруски. Если предстоитъ обдѣлка многихъ брусковъ по одному шаблону, то гораздо выгоднѣе обдѣлывать сразу концы нѣсколькихъ брусковъ, связывая ихъ скжимами, чѣмъ обрѣзывать каждый брусокъ порознь. Чертивъ по шаблону концы брусковъ на ихъ боковыхъ граняхъ, сперва отпиливали концы, а потомъ подстругивали фуганомъ, чтобы торцы были совершенно ровны и гладки. При обдѣлкѣ дубовыхъ подушекъ, дубовые брусья, назначенные для нихъ, распиливались сперва на части, соответствующія одной подушкѣ, потомъ остругивали одинъ широкій бокъ бруска и по чертежамъ, сдѣланнымъ на конечныхъ граняхъ, отпиливали другія стороны подушки. Наконецъ, все обравливалось шерхебелемъ и рубанкомъ.

Доски, напиленные для поясовъ фермы, были остругиваемы съ двухъ широкихъ сторонъ и съ одной узкой; другая узкая сторона оставалась неоструганною, потому что доски, заблаговременно заготовленные, значительно и неравномѣрно усыхаютъ при большой ихъ ширинѣ. Вслѣдствіе этого лучше привести ихъ стружкой въ правильную мѣру, по связкѣ ихъ на мѣстѣ въ поясахъ.

Для подъема частей фермъ ставились три наклонные бруса; два изъ нихъ были помѣщены на взаимномъ разстояніи въ 18 фут., чтобы по нимъ поднимать раскосы и болты фермъ, а разстояніе между двумя крайними наклонными брусьями составляло около 5 саж., для возможности подъема досокъ поясовъ длиною каждая въ 6 с. Матеріалы поднимали двумя лебедками, поставленными на землѣ; канатъ отъ лебедокъ поднимался вверхъ къ шкивамъ, привязаннымъ за мѣса для сборки самыхъ фермъ, и, обогнувъ шкивы, спускался вдоль наклонныхъ брусьевъ къ телѣжкамъ, на которыя укладывали поднимаемые матеріалы. Всѣ части фермъ под-

носили или подвозили изъ сараевъ къ тремъ наклоннымъ брусьямъ; здѣсь ихъ поднимали наверхъ, на высоту нижняго пояса, и разносили по ходамъ, настланнымъ вдоль моста (черт. 221—223). Доски и подбалки, назначаемыя для верхняго пояса, были поднимаемы съ нижнихъ ходовъ, помѣщенныхъ на высотѣ нижняго пояса, наверхъ, по двумъ наклоннымъ плоскостямъ, устроеннымъ внутри лѣсовъ для сборки фермъ, близъ трехъ наклонныхъ брусевъ.

*Сборка фермъ* производилась въ слѣдующемъ порядкѣ:

По устройствѣ лѣсовъ для верхней части моста, прикрѣпляли визирки къ поперечнымъ брусьямъ *b b'* (черт. 222 и 223), предназначеннымъ для поддержанія нижняго пояса, и устанавливали верхнія грани визирокъ въ одной плоскости, параллельной профилю дороги; потомъ, отъ верхнихъ граней визирокъ были отложены величины, вычисленные такъ, чтобы отмѣтки соответствовали нижней грани пояса фермы. Такъ какъ визирки установлены были посрединѣ между двумя фермами, то полученная отмѣтка переносилась ватерпасомъ на мѣсто, предназначенное для поясовъ, и такимъ образомъ опредѣлялась толщина набойки *g* надъ поперечными брусьями; длина набоекъ *g* около 3 футовъ. По приготовленіи указаннымъ приемомъ мѣста для нижняго пояса, подносили брусъ для подбалокъ *c* (черт. 228). Далѣе, собравъ три бруса и пристругавъ ихъ боковыя грани такъ, чтобы общая ширина трехъ брусевъ была равна 28 дюймамъ (проектная ширина пояса) съ запасомъ, оставляемымъ для усыхания дерева, отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$  дюйма, по степени сухости дерева, набивали на нихъ сжимы (черт. 226), свинчивали каждыя три бруса, составляющіе одну подбалку, четырьмя болтами, и потомъ очерчивали на верхнихъ схваткахъ деревянныхъ быковъ (черт. 225) ширину подбалокъ. Снявъ затѣмъ подбалки, дѣлали врубку на схваткахъ деревянныхъ быковъ на всю ширину трехъ брусевъ подбалокъ, и такъ какъ мостъ черезъ Веребью идетъ по уклону въ 0,0078, то глубина врубки въ одной крайней схваткѣ быка была сдѣлана въ одинъ дюймъ, а въ другомъ концѣ она опредѣлялась ватерпасомъ, установленнымъ на заданномъ уклонѣ въ 0,0078.

Всѣ стержни, стягивающіе пояса, вкладывались такъ, чтобы гайки были вверху, за исключеніемъ стяжекъ надъ быками, которыя слѣдовало помѣстить гайками внизъ; въ виду сего въ схваткахъ быковъ были сдѣланы врубки для плотнаго помѣщенія какъ гаекъ съ чугунными подкладками, такъ и дубовыхъ подкладокъ подъ гайки, имѣвшихъ въ сѣченіи  $3 \times 7$  дюймовъ. По сдѣланіи затѣмъ врубки на одинъ дюймъ въ подбалкѣ на всю ширину, занимаемую верхними схватками быка, и по врубкѣ въ подбалки подушекъ для упора подкосовъ фермы, подбалки были уложены на мѣсто и въ нихъ просверлены дыры для стержней

креста, расположеннаго надъ быкомъ. Выстругавъ подъ одну плоскость верхнюю ихъ грань и приложивъ съ боку доску, на которой карандашомъ или рѣзцомъ назначены мѣста и глубины врубокъ шпонокъ, связывающихъ подбалки съ поясами, очерчивали съ боку на подбалкахъ врубки, и назначали по наугольнику врубки на верхней грани подбалокъ; потомъ дѣлались самыя врубки (черт. 227).

Когда врубки въ подбалкахъ были готовы, начинали набирать доски для части поясовъ, соответствующихъ подбалкамъ. Десятникъ получалъ чертежи поясовъ, съ означеніемъ куда должны идти доски лучшаго качества и куда должны быть обращены вершины и концы досокъ. Набравъ доски, прифуговывали сперва ихъ стыки и потомъ боковыя грани такъ, чтобы доски составляли одну сплошную массу безъ щелей на соприкасающихся граняхъ.

На набранную часть пояса надѣвались сжимы *e* (черт. 227 и 226), на разстояніи 2 сажень одинъ отъ другого; ударяя затѣмъ барсомъ по выходящимъ концамъ досокъ, приводили ихъ въ плотное соприкасаніе въ стыкахъ, а ударомъ барса по верхнимъ ребрамъ досокъ приводили въ плотное соприкасаніе съ подбалками. При укладкѣ досокъ, оструганныхъ съ трехъ сторонъ, какъ было прежде объяснено, неструганная грань клалась кверху; связавъ подбалки съ набранными для пояса досками четырьмя сжимами *d* и *e* (черт. 227 и 228), сверлили дыры для всѣхъ болтовъ, стягивающихъ доски пояса, вкладывали и завинчивали болты и расчерчивали мѣста для шпонокъ, которыми пояса соединены съ подбалками. Для этого стоило только продолжить на бокахъ пояса грани врубокъ, уже сдѣланныхъ на подбалкахъ, и назначить на бокахъ пояса глубину врубокъ; послѣ чего, убравъ сжимы *e*, снимали собранную часть пояса и дѣлали въ ней врубки. На черт. 226, 227 и 229, показаны детали сжимовъ *d* и *e*. Врубки дѣлались топоромъ, пилою, или съ помощью стамески и рубанка; во всякомъ случаѣ, бока врубокъ были подчищаемы. Сдѣлавъ врубки въ поясѣ, клали его опять на подбалки, стягивали посредствомъ клиньевъ сжимы *e*, по одному между каждой парю шпонокъ, и вколачивали шпонки, приготовленныя по шаблонамъ и подструганныя, въ случаѣ надобности, согласно сдѣланнымъ врубкамъ. По загонкѣ шпонокъ, снимали прочь всѣ сжимы и, выстругавъ верхнюю часть собраннаго пояса надъ подбалкою, связывали каждый поясъ со схватками быковъ двумя парами болтовъ съ дубовыми подкладками подъ гайкой и шляпкой (черт. 225), и потомъ устанавливали крестъ, составляющій панель надъ быкомъ. Горизонтальныя подкладки *f* клались на поясъ на шипы; стойки и раскосы креста загонялись шипомъ въ подкладки *f*, а въ верхнемъ ихъ концѣ дѣлались шипы для связи ихъ съ подбалками верхняго пояса.

Подбалки верхняго пояса, съ соотвѣтствующей имъ частію пояса, собирались такимъ же образомъ, какъ и подбалки нижняго пояса съ соотвѣтствующими имъ частями пояса, но съ тою только разницею, что подбалки нижняго пояса были нарублены на схватки быковъ, а подбалки верхняго пояса насаживались на шипы стоекъ и раскосовъ креста. На поперечныхъ насадкахъ, на которыхъ долженъ лежать верхній поясъ, дѣлались набойки, но толщина ихъ была опредѣляема не визирками, а откладываніемъ линейкой равныхъ величинъ отъ назначенныхъ мѣстъ для нижней грани нижняго пояса (черт. 222 и 223).

Набойки подъ верхній поясъ были сдѣланы такъ, чтобы между поясами, верхнимъ и нижнимъ, той же фермы, оставалось разстояніе на одинъ дюймъ болѣе того, какое должно быть въ собранной фермѣ, что необходимо для возможности вставленія раскосовъ фермы.

Когда часть верхняго пояса надъ быкомъ была собрана и шпонки между нею и подбалками вколочены, выбивали набойки надъ быками, вкладывали двѣ пары длинныхъ болтовъ, стягивающихъ верхній и нижній поясъ фермы и раскосы четырехъ панелей, прилегающихъ къ быку, и завинчивали болты дѣйствіемъ рычага на голову болта. Гайка болта, какъ было уже сказано, врѣзывалась въ схватки быковъ до укладки подбалокъ нижняго пояса.

По сборкѣ поясовъ надъ подбалками, заполняли досками промежуточную часть пояса, прифуговывали какъ стыки досокъ съ плотной ихъ загонкою, такъ и боковыя грани досокъ, для того, чтобы весь поясъ представлялъ сплошную массу.

Набравъ весь поясъ пролета въ сжимахъ, разбивали мѣста для болтовъ, которыми связываются доски пояса, и просверливали дыры. Случается, что плотникъ, увидѣвъ, что сверло идетъ невѣрно, вынимаетъ его и сверлитъ новую дыру съ того мѣста, гдѣ сверло отклонилось, отъ чего болтъ будетъ прикасаться не плотно къ стѣнкамъ дыры и, сверхъ того, произойдетъ безполезный перерѣзъ фибры, которая должны сопротивляться силамъ, дѣйствующимъ вдоль пояса. Поэтому, когда на работахъ не имѣется плотниковъ, которые могли бы просверлить совершенно вѣрно дыры, лучше употребить станокъ, подобный тому, какой былъ употребленъ при просверливаніи дыръ для стержней, стягивающихъ между собою поясъ фермы, о чемъ будетъ сказано далѣе. Завинтивъ всѣ горизонтальныя болты, приводятъ въ правильный видъ верхнюю и нижнюю грани пояса, посредствомъ обтески и остругиванія. Затѣмъ разбиваютъ мѣста для подушекъ, въ которыя упираются раскосы фермы. Подушки, принадлежащія тремъ крайнимъ панелямъ, назначаются помощью линейки, на которой отмѣчено положеніе подушекъ по чертежу, сдѣланному на платформѣ; положеніе остальныхъ подушекъ опредѣляютъ, раздѣляя разстоя-

ніе между подушками, находящимися надъ крайними подкосами, на известное число частей, равное числу панелей между сказанными подушками. На верхнемъ поясѣ назначены были по линейкѣ подушки, соответствующія четыремъ крайнимъ панелямъ, а разстояніе между четвертыми отъ быка подушками раздѣлялось на равное число частей. По опредѣленіи осей стяжекъ, раздѣляющихъ панели, чертили на боковой грани пояса врубки, какъ для подушекъ, такъ и для подкладокъ подъ гайки и шляпки стержней, а потомъ по наугольнику назначали врубки, на верхней и нижней частяхъ поясовъ и, наконецъ, сдѣлавъ врубки, загоняли въ нихъ барсомъ подушки и подкладки. Затѣмъ, по начерченному на бокахъ поясовъ осямъ стяжекъ было означено на подушкахъ нижняго пояса и подкладкахъ верхняго пояса положеніе осей и стяжекъ, и производилось сверленіе для нихъ дыръ. Для большей вѣрности прибавили къ поясу станокъ *abcd*, (черт. 230), въ которомъ просверлены дыры *aa*, въ мѣстахъ, соответствующихъ стержнямъ; при пособіи направляющей доски *bc*, сверла не отклонялись въ сторону, и грани отверстій выходили совершенно отвѣсными.

Система горизонтальныхъ раскосовъ между фермами была также начерчена предварительно на платформахъ; при исполненіи этой работы имѣлись линейки для назначенія на нихъ разстоянія между подушками у быковъ и шаблоны для изготовленія дубовыхъ подушекъ и раскосовъ. На бокахъ поясовъ при помощи линейекъ было означено положеніе врубокъ подушекъ у быковъ; раздѣляя разстояніе между ними на известное число частей, какъ дѣлалось для подушекъ фермъ, очерчивали остальные врубки подушекъ горизонтальныхъ раскосовъ и, сдѣлавъ врубки, вколачивали въ нихъ подушки. Затѣмъ слѣдовало положить на мѣсто горизонтальные раскосы и стянуть ихъ болтами. Въ обоихъ концахъ горизонтальныхъ раскосовъ были вдѣланы дубовые нагели, длиною 3 дюйма, толщиною 1 дюймъ; они входили у одного конца раскосовъ въ дыру, просверленную въ дубовой подушкѣ, а у другого конца раскоса нагель ложился въ вырѣзку, сдѣланную на подушкѣ.

Вставивъ болты горизонтальныхъ связей, располагали на нижнемъ поясѣ поперечины. Собравъ такимъ образомъ нижніе пояса и привели ихъ въ неизмѣняемую систему связями, оставалось вставить между верхними и нижними поясами стяжки, раскосы и подвинтить стяжки, начиная съ одного конца фермы къ другому.

Раскосы фермъ имѣли въ верхнемъ концѣ нагели, длиною 3 дюйма, толщиною 1 дюймъ, вдѣланные въ нихъ до половины длины; другою половиною нагели входили въ дыру, приготовленную въ дубовой подушкѣ, въ которую раскосъ долженъ упираться верхнимъ концомъ. Для того, чтобы раскосы не падали, такъ какъ разстояніе между поясами при

сборкѣ фермъ дѣлалось на 1 дюймъ болѣе дѣйствительнаго,—подъ нижній конецъ раскоса подкладывали нетолстую подкладку, дабы верхній конецъ держался нагелемъ. Эти подкладки вынимались по мѣрѣ движенія впередъ партіи рабочихъ, завинчивавшихъ стержни.

Стержни, помѣщенные надъ быками, были вкладываемы сверху; остальные стержни должно было накладывать снизу. Стержни, расположенные надъ подкосами, подвинчиваются настолько, чтобы можно было подвести подкосы; по вставкѣ послѣднихъ, стержни развинчиваютъ, ферма садится на подкосы, и тогда забиваютъ клинья между подушками и вторыми и третьими обратными раскосами отъ быковъ и между первымъ обратнымъ раскосомъ и стойками креста. Затѣмъ подвинчиваются самые стержни. Нарѣзки всѣхъ стержней и малыхъ болтовъ были смазаны свинымъ саломъ предъ навинчиваніемъ гаекъ.

При изготовленіи шаблоновъ для подкосовъ по данному чертежу, слѣдуетъ обратить вниманіе на возможность осадки панелей, расположенныхъ надъ подкосами, отъ усышки подбалокъ и въ особенности отъ усышки реберъ деревянныхъ быковъ, когда подкосы упираются въ деревянные части быковъ, какъ это имѣло мѣсто въ мостѣ чрезъ Веребью; тогда слѣдуетъ дѣлать шаблоны нѣсколько длиннѣе, смотря по толщинѣ тѣхъ брусевъ, усышка которыхъ можетъ имѣть вліяніе на осадку фермы. Если заготовленный для фермъ лѣсъ лежитъ не болѣе одного или двухъ лѣтъ, то слѣдуетъ удлинить подкосы на  $\frac{1}{4}$  дюйма на каждые два дюйма толщины усыхающаго лѣса.

Стержни, толщиною  $1\frac{3}{4}$  и 2 дюйма, завинчивались четырьмя и шестью рабочими, дѣйствовавшими на рычагъ ключа, длиною въ 2 арш., а стержни толщиною  $2\frac{1}{3}$  и  $2\frac{1}{2}$  дюйма завинчивались артелью отъ 8 до 10 рабочихъ, при помощи того же рычага. Стержни нельзя завинчивать сразу надлежащимъ образомъ, потому что, при завинчиваніи одного стержня, парный ему стержень ослабляется. Точно также, при завинчиваніи одной пары стержней, ослабляются другія пары того же пролета.

Когда фермы подняты съ лѣсовъ и поддерживаютъ свой собственный вѣсъ, тогда вставляются и расклиниваются поперечные раскосы, расположенные въ вертикальныхъ плоскостяхъ, нормальныхъ къ длинѣ фермъ; для этого были положены предварительно тѣ половыя балки, въ которыя раскосы упираются верхними концами.

При производствѣ работъ, плотники были раздѣлены на артели: одна артель собирала подбалки, врубала въ нихъ подушки для подкосовъ фермы и дѣлала врубки для шпонокъ, связывающихъ пояса съ подбалками; другая артель собирала части поясовъ, соотвѣтствующихъ подбалкамъ, дѣлала въ нихъ врубки для шпонокъ и загоняла самыя шпонки; третья—дѣлала кресты надъ быками; четвертая—собирала пояса между подбалками и т. д.



Такимъ образомъ примѣнялся слѣдующій послѣдовательный ходъ сборки фермъ системы Гау: установка помощью визирокъ подбоекъ для верхняго и нижняго поясовъ; сборка въ сжимахъ подбалокъ; сдѣланіе въ нихъ вырубковъ для подушекъ подкосовъ; положеніе подбалокъ на мѣсто; приготовленіе въ нихъ вырубковъ для шпонокъ; сборка въ сжимахъ части пояса надъ подбалкой; сверленіе отверстій и свинчиваніе досокъ пояса болтами; намѣтка мѣстоположенія подушекъ и шпонокъ; снятіе пояса съ подбалки; сдѣланіе вырубковъ для подушекъ и шпонокъ; положеніе пояса на мѣсто; загонка подушекъ и шпонокъ; помѣщеніе стяжныхъ болтовъ и раскосовъ въ четырехъ крайнихъ панеляхъ; сборка пояса помощью сжимовъ на остальномъ протяженіи пролета; свинчиваніе досокъ пояса болтами; назначеніе мѣстоположенія подушекъ; сдѣланіе для нихъ врубокъ и загонка подушекъ; сверленіе отверстій для вертикальныхъ стяжныхъ болтовъ; установка горизонтальныхъ связей; вставка стяжныхъ болтовъ и раскосовъ фермы; подвигиваніе стяжекъ и установка вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Пояса Веребѣинскаго моста были собираемы прямо на мѣстѣ; при постройкѣ Волховскаго, Мстѣнскаго и многихъ другихъ мостовъ Николаевской желѣзной дороги, пояса набирали сперва на ребро, свинчивали нѣкоторою частью болтовъ, врубали въ нихъ дубовыя подушки для упора раскосовъ фермы, а также подкладки подъ гайки и шляпки болтовъ, а потомъ, разобравъ поясъ, собирали его на мѣстѣ; но подобное производство работъ требуетъ болѣе рабочихъ на напрасную разборку и сборку поясовъ въ другой разъ и не представляетъ выгоды въ скорѣйшей сборкѣ всего пояса большимъ числомъ рабочихъ, такъ какъ при сборкѣ пояса по системѣ, принятой на Веребѣинскомъ мосту, можно было одновременно поставить рабочихъ на пояса всѣхъ пролетовъ.

Когда фермы были собраны, приступали къ сборкѣ другихъ частей моста; поперечныя балки, въ сѣченіи  $8 \times 13$  дюймовъ, размѣщали по три въ каждой панели, кромѣ крестовъ надъ быками, гдѣ было положено по двѣ балки.

Приготовленіе носяновъ для фермъ арочной системы: выпиливаніемъ, сгибаніемъ въ горизонтальной и въ вертикальной плоскости. Сборка досчатыхъ арочныхъ фермъ. Предохраненіе отъ гніенія. Данные о долговѣчности деревянныхъ пролетныхъ частей. Ремонтъ фермъ системы Гау.

Одна изъ существенныхъ подготовительныхъ работъ по устройству *арочныхъ фермъ*—это приготовленіе криволинейныхъ косяковъ изъ прямыхъ брусевъ. Самый простой способъ состоитъ въ выпиливаніи косяковъ изъ брусевъ (черт. 231), по при этомъ волокна перерѣзываются, и передача усилія отъ одного сѣченія арки слѣдующему происходитъ благодаря лишь сцѣпленію между волокнами, на что не всегда можно разчитывать.

Другой способъ состоитъ въ сгибаніи прямыхъ балокъ, причемъ слѣ-

дуетъ обратить вниманіе, чтобы напряженіе, вызываемое сгибаніемъ бруса, не превосходило предѣла упругости. Согласно произведеннымъ Вибекингомъ опытамъ, имѣются слѣдующія данныя: а) напряженіе волоконъ не превзойдетъ предѣла упругости, если стрѣла кривизны будетъ не менѣе  $\frac{1}{25}$  длины для сосноваго лѣса и  $\frac{1}{40}$  — для дубоваго; б) сырой лѣсъ гнется легче сухого; в) для гнутія слѣдуетъ выбирать здоровые брусья, по возможности безъ сучковъ; г) еловый лѣсъ для этой цѣли не такъ удобенъ, какъ сосновый и лиственница; д) всего лучше выбирать для косяковъ кривые природныя брусья; е) балки слѣдуетъ начинать гнуть отъ середины къ концамъ, причемъ полезно верхнюю грань обильно смачивать водою, подогревая нижнюю грань надъ горящими углями; ж) изогнутыя балки слѣдуетъ оставлять на подмостяхъ, на которыхъ онѣ сгибаются, около двухъ мѣсяцевъ; з) употребляемыя при сгибаніи балокъ подкладки должны быть сверху округлены.

Приспособленія для сгибанія брусевъ—различны, смотря по тому, происходитъ ли оно въ горизонтальной или вертикальной плоскости.

Въ первомъ случаѣ на выровненномъ мѣстѣ забивается рядъ свай по кривой линіи, соотвѣтствующей вогнутой части арки. Брусъ, который предполагается гнуть, привязывается въ своей средней части къ сваѣ, помѣщаемой въ вершинѣ кривой линіи, и затѣмъ, помощью ворота и цѣпей, прикрѣпленныхъ къ концамъ бруса и еще въ двухъ-трехъ мѣстахъ, притягиваютъ его къ остальнымъ сваямъ и прочно привязываютъ къ нимъ цѣпями или скрѣпляютъ хомутами.

Если поверхность недостаточно ровная, тогда устраиваютъ родъ ростверка на сваяхъ. На черт. 232, 233 и 234 показаны приспособленія для одновременнаго гнутія двухъ брусевъ. Черт. 232 представляетъ горизонтальную проекцію ростверка и очертаніе кривыхъ, по которымъ должны быть изогнуты брусья. По серединѣ забиты три сваи, обжатые схватками; сваи срѣзаны выше земли фута на два; остальные ряды свай, изъ которыхъ крайнія сваи расположены по кривой, срѣзаны вровень съ поверхностью земли и перекрыты насадками. На эти насадки кладутся два назначенные для сгиба бруса, которые въ средней своей части плотно прижаты клиньями къ сваямъ средняго ряда (черт. 233); надъ каждымъ изъ остальныхъ рядовъ свай поверхъ двухъ сгибаемыхъ брусевъ помѣщаются горизонтальныя сжимы, соединенныя болтами съ насадками свай. Во избѣжаніе излома сжима отъ стягиванія его болтами, между насадкой и сжимами находится особая прокладка, равная толщинѣ сгибаемыхъ брусевъ; прокладка имѣетъ еще другое назначеніе—препятствовать сгибу бруса далѣе опредѣленнаго предѣла.

Для того, чтобы согнуть брусъ, въ вертикальной плоскости забиваютъ (черт. 235) нѣсколько рядовъ свай, причемъ въ каждомъ ряду сваи срѣ-

зываются сообразно заданной кривой. Поперечные ряды перекрыты общими насадками, прикрѣпленными къ сваямъ скобами или хомутами съ болтами. Поверхъ насадокъ надъ продольнымъ рядомъ свай помѣщается назначенный для сгибанія брусъ, который прикрѣпляется цѣпями къ средней сваѣ; затѣмъ воротомъ или инымъ путемъ начинаютъ гнуть брусъ, притягивая его цѣпями или канатомъ къ ближайшимъ къ серединѣ сваямъ и переходя послѣдовательно къ крайнимъ сваямъ. Иногда же устраиваютъ клѣтки изъ короткихъ брусевъ, придавая клѣткамъ такую высоту, чтобы верхніе брусья расположены были по той кривой, по которой желаютъ изогнуть брусъ. Этотъ послѣдній помѣщается сверху и притягивается къ верхнимъ брусьямъ клѣтокъ. Во избѣжаніе бокового выпучиванія сгибаемыхъ брусевъ, по обѣ стороны вплотную забиты парные сваи; сгибаемые брусья связываются по длинѣ врубкою замкомъ; подробности указаны на черт. 236.

Если арка должна состоять изъ нѣсколькихъ брусевъ, тогда поверхъ перваго бруса, уложеннаго на клѣткахъ и непосредственно къ нимъ притянутаго, помѣщаютъ второй, третій, и т. д. Стыки располагаются въ перевязку и, во избѣжаніе скольженія одного бруса по другому, брусья стягиваются болтами, хомутами, или лучше въ плоскости соприкасанія помѣщаются шпонки.

При значительныхъ пролетахъ полезно, въ видахъ сокращенія расходовъ и времени, устраивать приспособленія для сгибанія брусевъ на мѣстѣ производства работъ, чтобы воспользоваться ими одновременно, какъ подмостями для установки всей фермы.

На черт. 237 показанъ одинъ изъ способовъ сгибанія брусевъ, употреблявшихся Вибекингомъ. Предварительно забивались сваи, срѣзанные по требуемой кривой; поперечные ряды свай перекрыты насадками; поверхъ нихъ расположенъ продольный изогнутый прогонъ, на которомъ уже помѣщаются клѣтки изъ короткихъ брусевъ. Подвергавшіеся сгибанію брусья притягивались къ клѣткамъ цѣпями при помощи особыхъ брусевъ (аншпуговъ), перекрывавшихъ разомъ три арки; аншпуги располагались наклонно къ продольной оси арки (крестами); цѣпь привязывалась однимъ концомъ къ поперечной насадкѣ, а другимъ концомъ къ аншпугу.

Во Франціи употребляется также способъ отпариванія и сгибанія косяковъ по лекалу. Противъ этого способа возражаютъ, указывая, что косяки современемъ распрямляются, и что дерево ухудшается при отпариваніи. Однако существуютъ примѣры мостовъ съ подобными косяками, которые оказались на дѣлѣ весьма прочными и долговѣчными. Французскіе инженеры придаютъ большое значеніе этому приему, такъ какъ при этомъ дерево выщелачивается.

Запасъ подъема на неизбежную осадку принимается для брусчатыхъ арокъ въ  $\frac{1}{140}$  пролета.

Какъ сказано выше, нерѣдко для сбереженія расходовъ подмости для изгиба косяковъ служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ подмостями для сборки фермъ—какъ это было напр. при устройствѣ моста чрезъ р. Вепржъ. Этотъ приемъ особенно часто примѣняется при устройствѣ *досчатыхъ* арочныхъ фермъ. Иногда изгибаютъ въ сторонѣ половину (по высотѣ) досчатой дуги, помѣщая между досками дубовые нагеля, захватывающіе 2 или 3 доски, и скрѣпляя арку сжимами; вторая же половина собирается на мѣстѣ. Доски сгибаются тѣмъ легче, чѣмъ онѣ длиннѣе, чѣмъ скорѣе идутъ въ дѣло послѣ распиловки и чѣмъ меньше въ нихъ сучьевъ. Сухія доски или съ короткими волокнами слѣдуетъ предварительно смочить, во избѣжаніе появленія трещинъ. Между смежными досками полезно прокладывать листъ бумаги, пропитанный кипящей смолой; стыки досокъ располагаются въ перевязку. На случай осадки—досчатой арочной фермѣ придаютъ подъемъ въ  $\frac{1}{240}$  пролета.

Косяки моста Иври (черт. 208) были всѣ выпилены изъ брусевъ, и арка предварительно сложена по частямъ на платформѣ, по которой въ настоящую величину были вычерчены четыре концентрическія дуги, намѣченны по направленію радіусовъ стыки, положенія всякихъ схватокъ и проч.

Разобранныя части арки, подвезенныя къ мѣсту работъ на баркахъ или по рабочему пути, лебедками или инымъ путемъ, поднимаются на подмости, которыя устраиваются въ видѣ подкосныхъ фермъ (черт. 208) или въ видѣ балочнаго моста съ значительнымъ числомъ промежуточныхъ опоръ. Послѣднія подмости болѣе жестки, но не всегда примѣнимы, если рѣка судоходная. На подмости укладываются сначала нижнія горизонтальныя поперечныя схватки, на нихъ косяки и затѣмъ остальная часть фермы.

Наиболѣе дѣйствительное средство сохраненія дерева: хорошая высушка, свободный доступъ воздуха и предохраненіе отъ сырости, что достигается окраской или осмолкой. Пропитываніе растворомъ мѣднаго купороса или креозота хотя предохраняетъ отъ гніенія, но содѣйствуетъ уменьшенію крѣпости дерева.

Для того, чтобы окраска принесла пользу, необходимо, чтобы дерево было вполнѣ сухое; въ противномъ случаѣ—дерево начинаетъ прѣть и гнить. Поэтому по окончаніи работъ по сборкѣ моста полезно оставлять его около года неокрашеннымъ или окрасить только три грани брусевъ, оставляя нижнюю часть неокрашенной. Иногда въ первый годъ покрываютъ только горячимъ льнянымъ масломъ. Между торцами въ стыкахъ полезно прокладывать дубовыя или лучше мѣдныя или свинцовыя до-

щечки, а также прокладывать просмоленную бумагу между соприкасающимися гранями составных брусевъ или арокъ. Всѣ врубки, шипы, гнѣзда и вообще всѣ части, гдѣ только можетъ застаиваться вода, какъ напр. болтовые отверстія—необходимо просмаливать кипящей смолой.

Деревянные мосты, построенные изъ сухого лѣса, тщательно ремонтируемые, не требуютъ капитальнаго ремонта въ теченіе 25—30 лѣтъ (примѣръ Каменноостровскій мостъ, построенный въ 1813 г., капитально отремонтированный въ 1846 г. и перестроенный за ветхостью въ 1858 г.; арочный мостъ чрезъ р. Мшагу просуществовалъ до капитальнаго ремонта 24 года). Вообще замѣчено, что деревянные мосты подъ жел. дорогу, какъ подверженные большому напряженію и сотрясеніямъ, менѣе долговѣчны по сравненію съ обыкновенными мостами. Веребинскій мостъ, крайне тщательной работы, просуществовалъ однако 30 лѣтъ\*), хотя нѣкоторыя части подверглись значительному гніенію. Деревянные мосты па Уральской ж. д. (деревянные опоры и фермы), просуществовали 19 лѣтъ, потребовавъ за это время два капитальныхъ ремонта; въ настоящее время мосты эти замѣнены металлическими или каменными сооружениями. Вообще пролетныя части сохраняются дольше; скорѣе всего гніють части, врытыя въ землю и въ особенности части опоръ въ уровнѣ поверхности грунта.

Наблюденіями установлено также, что крайнія фермы, подверженные дѣйствию дождя и солнца, гніють быстрѣе внутреннихъ фермъ, что наружная сторона фермы портится скорѣе внутренней, и что пролетныя части, находящіяся постоянно надъ водой, сохраняются дольше, чѣмъ на суходолахъ или по разливамъ рѣкъ. По наружному виду (особенно окрашенныхъ частей моста) трудно судить о состояніи бруса; необходимо сомнительный брусъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ пробуравить, и это дастъ вѣрное понятіе о степени гнилости.

Приведемъ въ заключеніе нѣсколько указаній инженера Журавскаго относительно ремонта фермъ системы Гау.

Перемѣнять отдѣльно доски пояса довольно опасно; впрочемъ, еслибы поврежденіе было замѣчено только въ крайнихъ доскахъ, а другія доски были совершенно цѣлы, то перемѣна этихъ досокъ можетъ быть допущена съ слѣдующими предосторожностями: при замѣнѣ поврежденныхъ досокъ новыми, въ частяхъ, подверженныхъ наибольшему напряженію, слѣдуетъ прибавить по одной длинной доскѣ съ каждой стороны пояса, связывая ихъ съ поясомъ новыми дубовыми подушками и подкладками подъ гайки и шляпки болтовъ, врубленными на мѣсто прежнихъ; при этомъ новыя подушки и подкладки должны быть длиннѣе прежнихъ на

\*) Движеніе по мосту открыто 1 ноября 1851 г.; закрыто 14 сентября 1881 г.

толщину двухъ прибавляемыхъ досокъ, а врубки—нѣсколько шире, чтобы вырѣзать обмятыя части врубокъ. Кромѣ того, вмѣсто прежнихъ болтовъ, стягивающихъ доски пояса, должны быть заготовлены новые болты длиннѣе на всю толщину прибавляемыхъ досокъ и нѣсколько толще прежнихъ, чтобы можно было высверлить помятыя части стѣнокъ дыръ. Для описаннаго исправленія пояса слѣдуетъ поддержать ферму лѣсами.

Если замѣчено, что врубки дубовыхъ подушекъ сминаются, а не скалываются, то въ этомъ случаѣ представляются различныя средства къ ихъ исправленію, смотря по положенію и по причинамъ поврежденія врубокъ. Можетъ случиться, что сминается одинъ край врубки отъ того, что два раскоса или подкоса, упирающіеся въ подушку,—неодинаковой длины; тогда слѣдуетъ одинъ раскосъ обрѣзать, и это дѣлается слѣдующимъ образомъ: ослабляя на половинѣ пролета большіе болты (стяжки), принадлежащія той же системѣ, какъ и исправляемый раскосъ, и, вытянувъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, малые болты, которыми исправляемый раскосъ связанъ съ другими, легко уже вынуть раскосъ и, по вставкѣ его обратно послѣ надлежащаго исправленія, завинтить малые и большіе болты. Такимъ образомъ можно перемѣнить не только раскосъ, въ случаѣ его порчи, но даже и дубовую подушку. Если врубка подушки помялась отъ того, что подушка не довольно глубоко врѣзана, то можно углубить врубку, сдѣлавъ ее нѣсколько шире въ сторону помятаго края, и вставить дубовую подушку по размѣру вновь сдѣланной врубки. Если врубка глубока, то остается ушприть поясъ прибавленіемъ одной или двухъ досокъ достаточной длины съ соотвѣтствующимъ удлиненіемъ подушки. Перемѣняя подушки, слѣдуетъ сдѣлать новыя, длиннѣе на толщину одной или двухъ добавляемыхъ досокъ. Добавленіе досокъ по бокамъ поясовъ можетъ представить нѣкоторыя затрудненія отъ выступающихъ гаекъ и шляпокъ болтовъ, которыя связываютъ пояса. Эти болты нельзя вынуть всѣ вдругъ, не нарушивъ связи частей пояса, но можно срубить концы болтовъ вровень съ боками пояса, назначить на добавляемыхъ доскахъ положеніе этихъ болтовъ, просверлить въ нихъ дыры, которыя составляли бы продолженіе дыръ пояса; затѣмъ болты выбиваются по одиночкѣ и замѣняются новыми. Старые болты не должны быть вставляемы, потому что они будутъ имѣть меньшій діаметръ и войдутъ не плотно въ дыру.

Особенно слѣдуетъ наблюдать, чтобы всѣ болты были натянуты. Это главнымъ образомъ важно для болтовъ, служащихъ связью между частями пояса, такъ какъ отъ натянутости болтовъ доски пояса плотно прижимаются одна къ другой и тѣмъ уменьшается напряженіе врубокъ.

Впрочемъ стяжки между поясами фермъ никакъ не должны быть натягиваемы до такой степени, чтобы чугунныя подъ ними шайбы врѣзывались въ дубовыя подкладки.

Всѣ замѣченныя трещины необходимо немедленно зашпаклевать и покрыть краскою.

Наблюденіе надъ осадкою фермъ подъ нагрузкою поѣздомъ можетъ служить нѣкоторымъ указаніемъ хорошаго или дурного состоянія моста. Всякій деревянный мостъ принимаетъ неизбѣжную осадку подъ нагрузкою поѣздомъ; но мостъ долженъ возвращаться въ первоначальное положеніе при сходѣ поѣзда съ моста. Если мостъ, по прошествіи нѣкотораго времени, перестаетъ возвращаться въ первоначальное положеніе послѣ прохода поѣзда, это показываетъ, что нѣкоторыя части моста нагружены несообразно съ прочнымъ сопротивленіемъ матеріала, и что мостъ требуетъ исправленія.

Впрочемъ, нельзя довольствоваться одними наблюденіями надъ осадкою моста, а необходимо осматривать всѣ части фермы, по крайней мѣрѣ, одинъ разъ въ мѣсяцъ.

## ХІІ.

### Металлическія пролетныя части.

Фермы металлическихъ пролетныхъ частей моста могутъ быть всѣхъ трехъ типовъ, а именно: а) типа, не производящаго горизонтальнаго распора (балочныя со сплошной или сквозной стѣнкой); б) съ горизонтальнымъ распоромъ прямого направленія (подкосныя, арочныя) и в) съ горизонтальнымъ распоромъ обратнаго направленія (висячія).

Главнѣйшія разновидности каждой изъ этихъ группъ указаны въ главѣ I.

Всѣ три типа фермъ могутъ быть приготовлены изъ желѣза и стали; чугуны употребляется въ настоящее время только для арочныхъ фермъ.

Пролетныя части моста, подобно тому какъ въ деревянныхъ мостахъ, состоятъ: а) изъ главныхъ фермъ и б) изъ проѣзжей части. Кроме того существенную часть составляютъ и связи между фермами.

Сдѣлаемъ предварительно нѣсколько общихъ замѣчаній, а затѣмъ перейдемъ къ детальному описанію.

Обція замѣчанія о числѣ и взаимномъ разстояніи главныхъ фермъ, объ устройствѣ проѣзжей части и о связяхъ.

Въ мостахъ подъ *железную дорогу съ пзодою по-верху и между фермами подъ одинъ и два пути*—число главныхъ фермъ измѣняется отъ *двухъ до четырехъ*. Нѣкоторыя изъ этихъ расположеній показаны на черт. 238, 238', 239, 240, 241, 242, 243 и 244.

Въ мостахъ съ *ѣздою по-верху подѣ одинъ путь* и съ двумя фермами—наименьшее разстояніе между этими послѣдними должно быть очевидно не менѣе разстоянія между осями рельсовъ, т. е. не менѣе 5 ф. + +  $2\frac{1}{4}$  д. = 5,19 ф. Въ видахъ болѣе устойчивости это разстояніе дѣлаютъ не менѣе 6 ф. (черт. 238), увеличивая его въ зависимости отъ высоты фермы, а слѣд. въ зависимости отъ величины пролета (черт. 238'). Обыкновенно въ мостахъ съ *ѣздою по-верху* — разстояніе между фермами около  $\frac{2}{3}$  высоты фермы или около  $\frac{1}{15}$  доли величины пролета. Примѣненіе трехъ фермъ (черт. 240) встрѣчается рѣдко; четыре фермы (черт. 241) примѣняются чаще и преимущественно при устройствѣ мостовъ на стаціонныхъ площадкахъ.

Въ мостахъ съ *ѣздою по-верху подѣ два пути* и съ *двумя* только фермами (черт. 242) при расположеніи наружныхъ рельсовъ на главныхъ фермахъ—наименьшее разстояніе между фермами: 5 ф. + 7 ф. + 5 ф. + +  $2\frac{1}{4}$  д. +  $2\frac{1}{8}$  д. = 17,56 ф., такъ какъ ширина головки рельса  $2\frac{1}{4}$  д. и ширина междопутія—7 ф. При помѣщеніи наружныхъ рельсовъ на особыхъ продольныхъ балкахъ—разстояніе между фермами соотвѣственно увеличивается.

При трехъ фермахъ наименьшее разстояніе: 8,78 ф. При четырехъ фермахъ, соединенныхъ попарно (черт. 243), разстояніе между крайними и средними фермами опредѣляется, какъ и для фермъ подѣ одинъ путь; разстояніе же между средними фермами должно быть таково, чтобы ширина междопутья, т. е. между средними рельсами, была не менѣе 7 ф.

Относительно вышеприведенныхъ случаевъ расположенія фермъ слѣдуетъ замѣтить слѣдующее:

При *одномъ пути*—*двѣ* фермы наиболѣе удовлетворяютъ простотѣ конструкціи и равномѣрности передачи давленія, а слѣдовательно опѣ требуютъ и одинаковыхъ размѣровъ. Съ увеличеніемъ числа фермъ увеличивается и добавочный вѣсъ моста противъ расчетнаго, такъ что двѣ фермы кромѣ того и болѣе выгодны. Для *двухъ путей* типъ съ *двумя* и *тремя* фермами представляетъ то неудобство, что при нагрузкѣ одного пути происходитъ перекашивание фермъ. Это обстоятельство имѣетъ мѣсто при четырехъ фермахъ, неразрывно связанныхъ, и затѣмъ оно вполне устраивается при четырехъ фермахъ, соединенныхъ попарно. Последнее расположеніе представляетъ еще ту выгоду, что постройка второй пары фермъ можетъ быть сдѣлана лишь впоследствии, при увеличеніи размѣра движенія. Съ другой стороны общее соединеніе четырехъ фермъ имѣетъ также известное преимущество, позволяя уменьшать взаимное разстояніе между фермами въ виду значительнаго сопротивленія опрокидываю, что въ первомъ случаѣ не имѣетъ мѣста, гдѣ, слѣдовательно, проѣзжая часть должна быть тяжела. Обыкновенно принимаютъ, что до



пролета въ 15 саж. двѣ парныя фермы выгоднѣе двухъ или трехъ фермъ; выше же 15 саж. преимущество переходитъ на сторону послѣднихъ.

Въ мостахъ съ ѣздою *между фермами* для одного пути и при *двухъ* главныхъ фермахъ разстояніе между ними опредѣляется въ зависимости отъ габарита. Въ фермахъ съ ѣздою *по-низу* разстояніе между внутренними гранями фермъ должно быть не менѣе 16-ти футъ (черт. 244). Четыре фермы подъ одинъ путь употребляются только въ исключительныхъ случаяхъ, когда по мѣстнымъ условіямъ (напримѣръ на станціонныхъ площадкахъ) требуется, чтобы главныя фермы не возвышались надъ рельсомъ (черт. 245). Въ этомъ случаѣ рельсъ помѣщается на небольшихъ желѣзныхъ поперечинахъ, зажатыхъ между парными главными фермами; разстояніе между послѣдними не превосходитъ 12—20 дюйм., высота фермъ бываетъ обыкновенно не болѣе 12—24 дюйм., при пролетѣ не болѣе 4,5 саж. При *двухъ* путяхъ и при *двухъ* фермахъ наименьшее разстояніе между фермами при ѣздѣ по-низу не менѣе 28-ми ф. Три фермы—встрѣчаются рѣдко. При *четырехъ* фермахъ разстояніе между двумя смежными фермами опредѣляется, какъ для одиночнаго пути.

Изъ указанныхъ *трехъ* случаевъ,—первый, съ двумя фермами, вмѣстѣ съ тѣмъ и наиболѣе выгодный, требующій меньше матеріала какъ для фермъ, такъ и для опоръ; но зато онъ имѣетъ то неудобство, что, при проходѣ поѣзда по одному пути, происходитъ перекашивание фермы. Третій случай не обладаетъ этимъ недостаткомъ и кромѣ того представляетъ преимущество относительно удобства ремонта моста и возможности постановки второй пары фермы лишь послѣдствіи, при развившемся движеніи.

Сравнивая между собою фермы съ ѣздою *по-верху* и *по-серединѣ* или *по-низу*, оказывается, что послѣднія вообще тяжелѣе, во-первыхъ потому, что разстояніе между фермами никогда почти не бываетъ менѣе 16 футъ, между тѣмъ какъ при ѣздѣ по-верху оно можетъ быть уменьшено до 6 футъ, вслѣдствіе чего вся проѣзжая часть значительно легче. Такъ напримѣръ, при пролетахъ до 8 саж., мосты съ ѣздою по-верху легче второго типа на 50%—100%. Чѣмъ больше пролетъ, тѣмъ меньше разность въ вѣсѣ, и даже при большихъ пролетахъ выше 40 саж. мосты съ ѣздою по-низу иногда легче, что объясняется тѣмъ, что при ѣздѣ по-верху для удовлетворенія условію устойчивости, фермы должны быть значительно раздвинуты, чего не потребуется въ мостахъ съ ѣздою по-низу съ пониженнымъ центромъ давленія горизонтальныхъ силъ.

Въ мостахъ *подъ обыкновенную дорогу* расположеніе главныхъ фермъ находится въ тѣсной связи съ шириной, поперечной профилею и съ системою устройства мостового полотна.

Нижняя часть мостового полотна располагается или непосредственно на главных фермах, или же на продольных и поперечных балках. Расстояние между *главными фермами* или между продольными и поперечными балками находится поэтому в зависимости от наибольшего пролета, допускаемого нижней частью мостового полотна (нижний ряд досок, волнистое желѣзо, желѣзо Зоре и проч.), а эта послѣдняя величина зависит от величины нагрузки и от степени сопротивленія частей, составляющих нижнее мостовое полотно. Наибольшій допускаемый ею пролетъ, смотря по роду нагрузки и устройства, измѣняется обыкновенно от 2,5 ф. до 6,5 футъ. Эти размѣры и будутъ вмѣстѣ съ тѣмъ предѣлами взаимнаго расстоянія между главными фермами (если нижняя часть мостового полотна непосредственно опирается на фермы) (черт. 246).

Общая ширина мостового полотна зависит от размѣра движенія и измѣняется от 14 ф. (при маломъ движеніи) до 21 фута, 28 ф. и даже болѣе. На чертежѣ 247 показанъ типъ моста съ расстояніемъ между фермами в 18 ф.

При малыхъ пролетахъ выгоднѣе увеличить число главныхъ фермъ, такъ какъ сближеніемъ этихъ послѣднихъ избѣгается необходимость устройства продольныхъ и поперечныхъ балокъ (черт. 246).

При большихъ пролетахъ выгоднѣе уменьшать число фермъ, такъ какъ конструктивный коэффициентъ, выражающій во сколько разъ дѣйствительный вѣсъ болѣе теоретическаго, растетъ вмѣстѣ съ величиной пролета; кромѣ того и расходъ по сборкѣ моста увеличивается вмѣстѣ съ пролетомъ. При расположеніи ѣзды между фермами число главныхъ фермъ обыкновенно *не болѣе двухъ* (черт. 247), если особыми условіями не требуется, чтобы полотно моста было подраздѣлено фермами.

Прѣзжая часть устраивается на поперечныхъ и продольныхъ балкахъ (черт. 247). Тротуары устраиваются болѣею частью внѣ фермъ на кронштейнахъ или на особыхъ фермахъ (черт. 246).

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу, *прѣзжая часть*, во избѣжаніе значительнаго груза, устраивается болѣею частью безъ балластнаго слоя, причемъ шпалы или продольные лежни опираются непосредственно или на фермы, или на особые продольныя балки (черт. 238 и 238' и 239).

Расстояние между смежными гранями деревянныхъ или металлическихъ поперечинъ на мостахъ принято дѣлать не болѣе 8 дюйм. Обыкновенно поперечины опираются непосредственно на главныя фермы, если расстояние между послѣдними не превосходитъ 8 футъ; въ противномъ случаѣ между фермами помѣщаются на опредѣленномъ расстояніи поперечныя балки ( $q, q$ ) (черт. 248), а между ними продольныя балки ( $l, l$ ).

Для того, чтобы агенты дорожной службы имѣли возможность стать въ сторонѣ отъ проходящаго поѣзда, необходимо, чтобы разстояніе между перилами было не менѣе 16 футъ. Смотря по устройству проѣзжей части, досчатый настилъ по обѣимъ сторонамъ рельсоваго пути располагается: а) или на деревянныхъ поперечинахъ (черт. 239), причѣмъ не всѣ онѣ дѣлаются длиною 16 футъ, а обыкновенно чрезъ одну или двѣ поперечины; б) на выступающихъ частяхъ желѣзныхъ поперечинъ (черт. 238'), или в) на кронштейнахъ.

Въ мостахъ *подъ обыкновенную дорогу* верхняя часть мостового полотна, подверженная непосредственному дѣйствию колесъ экипажей, устраивается такимъ образомъ, чтобы возобновленіе ея было незатруднительно. Оно состоитъ обыкновенно или изъ досчатаго настила, торцовой мостовой, щебеночной коры или изъ каменной мостовой. Нижняя часть мостового полотна, выдерживающая всю тяжесть отъ подвижнаго груза и отъ верхней части полотна, и передающая этотъ грузъ продольнымъ и поперечнымъ балкамъ или главной фермѣ, устраивается изъ дерева, камня или желѣза. Детальное устройство верхней и нижней половины проѣзжей части будетъ указано впоследствии.

Для сопротивленія боковому дѣйствию вѣтра, центробѣжной силѣ и проч. устраиваются горизонтальныя *связи* (черт. 248), которыя помѣщаются въ фермахъ съ ѣздою по-верху въ плоскости верхняго и нижняго пояса, а при ѣздѣ по срединѣ и при ѣздѣ по-низу, съ высотой фермъ менѣе 18,5 футъ надъ головкою рельса — только въ плоскости нижнихъ поясовъ. Отсутствіе верхнихъ связей требуетъ устройства жесткихъ стоекъ съ консолями и проч., препятствующихъ измѣненію поперечнаго очертанія фермы. Если высота фермы такова, что нижняя грань верхнихъ связей можетъ быть помѣщена на разстояніи болѣе 18,5 футъ надъ головкою рельса, тогда устраиваютъ и верхнія горизонтальныя связи. Кромѣ горизонтальныхъ связей въ фермахъ съ ѣздою по-верху и съ ѣздою по срединѣ помѣщаются еще вертикальныя поперечныя связи (черт. 242 и 243). Какъ тѣ, такъ и другія связи прикрѣпляются къ поясамъ главныхъ фермъ обыкновенно въ узловыхъ точкахъ, а если фермы со сплошной стѣнкой, то въ мѣстахъ расположенія поперечныхъ балокъ или уголковъ, прикрѣпляющихъ поперечины къ вертикальной стѣнкѣ. Диагональныя связи представляютъ собою обыкновенно раскосную ферму, поясами которой служатъ пояса главныхъ фермъ.

Упомянемъ еще о мостахъ *общихъ подъ желѣзную и обыкновенную дорогу*. Полотно для обоихъ родовъ пути можетъ быть на одномъ или на различныхъ уровняхъ. Въ первомъ случаѣ, если не предвидится разновременная ѣзда по одному и тому же полотну, устраиваютъ два отдѣльныхъ смежныхъ моста на общей опорѣ, или устраиваютъ только три

фермы, причѣмъ средняя ферма—общая для обоихъ мостовъ. Во второмъ случаѣ располагають двѣ фермы (черт. 247), или четыре. Такъ какъ одинъ изъ мостовъ устраивается съ ѣздою по-низу, то разстояніе между фермами опредѣляется въ зависимости отъ этого послѣдняго условія; если это разстояніе въ то же время удовлетворяетъ требованіямъ и для второго моста, то число фермъ не болѣе двухъ (черт. 247). Если же разстояніе между фермами, достаточное для нижняго моста, недостаточно для верхняго, то оказывается необходимымъ помѣстить четыре фермы.

Расположеніе проѣзжей части одна подъ другой, очевидно, выгодно въ отношеніи сбереженія матеріала для устройства опоръ и главныхъ фермъ (имѣя въ виду конструктивный коэффиціентъ). Но при этомъ нельзя не замѣтить, что появляются добавочные расходы по устройству вѣздовъ, такъ что въ каждомъ данномъ случаѣ слѣдуетъ выбрать наиболѣе выгодное рѣшеніе.

Переходимъ теперь къ описанію детальнаго устройства проѣзжей части, а затѣмъ и главныхъ фермъ и связей.

Такой порядокъ удобенъ, такъ какъ устройство проѣзжей части одинаково, къ какой бы системѣ ни принадлежали фермы моста.

**Устройство проѣзжей части. Мостовое полотно въ мостахъ подъ жепъзаную дорогу. Шпалы. Лежни.**

Проѣзжая часть, какъ извѣстно, состоитъ изъ мостового полотна (верхней и нижней части) и изъ реберъ мостового полотна (поперечныхъ и продольныхъ балокъ), передающихъ главнымъ фермамъ грузъ отъ проѣзжей части.

Верхняя часть мостового полотна желѣзнодорожныхъ мостовъ, подвергающаяся непосредственному дѣйствію колесъ подвижнаго состава, состоитъ изъ рельсовъ.

Обыкновенно по мосту укладываются рельсы того же типа, какъ и на остальномъ протяженіи пути. Подробности о рельсахъ и скрѣпленіяхъ помѣщены въ курсѣ желѣзныхъ дорогъ, поэтому переходимъ прямо къ описанію устройства нижней части мостового полотна, т. е. шпалъ, продольныхъ лежней и проч.

а) *Шпалы.* Если путь по земляному полотну уложенъ на деревянныхъ поперечинахъ, тогда сохраняють обыкновенно то же устройство и на мосту, достигая этимъ однообразія и облегченія въ надзорѣ; деревянные шпалы умѣряють кромѣ того удары проходящаго поѣзда на проѣзжую часть моста, но съ другой стороны онѣ не долговѣчны, не допускають прочнаго укрѣпленія рельса и затѣмъ значительно увеличивають вѣсъ проѣзжей части.

При малыхъ пролетахъ и при ѣздѣ по-верху шпалы располагаются:

непосредственно на главныхъ фермахъ, а при большихъ пролетахъ—на продольныхъ балкахъ. Система прикрѣпленія въ томъ и другомъ случаѣ одинакова. А именно: шпалы прикрѣпляются къ фермамъ или къ продольной балкѣ болтами діаметромъ отъ  $\frac{3''}{4}$  до  $\frac{7''}{8}$ ; болты пропускаютъ сквозь заклепочныя отверстія, помѣщая гайку сверху для болѣе удобнаго контроля. Такой родъ прикрѣпленія можетъ иногда затруднить, если заклепочныя отверстія не приходится въ томъ мѣстѣ, гдѣ нужно имѣть болтъ. Чтобы не ослаблять пояса, дѣлая особое отверстіе для болта между существующими заклепочными отверстіями, часто употребляютъ болтъ въ видѣ крючка или костыля (черт. 249), причемъ четырехгранная часть его врѣзывается немного въ шпалу, чтобы не было вращенія при завинчиваніи. Если горизонтальная полка продольной балки не велика, тогда приклепываютъ особый уголокъ, а къ нему уже прикрѣпляется болтомъ шпала (черт. 250). Для того, чтобы не было поперечнаго перемѣщенія, горизонтальный листъ пояса фермы врѣзывается въ шпалу на  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  д. и въ нижней поверхности шпалы выдавливаются углубленія, соответствующія заклепочнымъ головкамъ; иногда же шпала прикрѣпляется къ поясу фермы или продольной балки помощью особыхъ уголковъ, обыкновенно неравнобокихъ, причемъ горизонтальная полка приклепывается къ поясу, а сквозь вертикальную проходитъ болтъ (черт. 251).

Разстояніе между осями поперечницъ дѣлается обыкновенно не болѣе 18 дюймовъ, какъ сказано выше; хотя рельсы допускаютъ и болшій пролетъ, но на мостахъ не слѣдуетъ увеличивать вышеуказаннаго предѣла во-первыхъ потому, чтобы уменьшить шансы излома рельса, что на мосту значительно опаснѣе, чѣмъ на земляномъ полотнѣ, а во-вторыхъ, сближенныя шпалы, на случай схода поѣзда съ рельсовъ, предохраняютъ поѣздъ отъ провала.

Рельсъ прикрѣпляется къ деревянной шпалѣ двумя костылями, причемъ въ шпалѣ дѣлается зарубка съ уклономъ во внутрь въ  $\frac{1}{20}$ . На мостахъ особенно важно, чтобы костыль крѣпко держался въ шпалѣ, такъ какъ въ противномъ случаѣ возможное уширеніе пути, менѣе опасное на земляномъ полотнѣ, можетъ имѣть очень гибельныя послѣдствія на мосту. Чѣмъ быстрѣе начинается гнить шпала подъ подошвой рельса, тѣмъ скорѣе костыль теряетъ свою силу; гніенію же шпалы главнымъ образомъ способствуетъ сырость, попадающая подъ подошву рельса и не имѣющая свободнаго стока; если кромѣ того шпала подъ подошвой рельса имѣетъ неплотное сложенію, то гніеніе наступаетъ еще быстрѣе; поэтому необходимо принять возможныя мѣры противъ сминанія шпалы подъ рельсомъ. Для того, чтобы шпала не сминалась отъ дѣйствія проходящаго груза, необходимо, чтобы давленіе на квадратный дюймъ не превосходило 8—10 пудовъ. Этому условію не можетъ удовлетворить

ширина подошвы обыкновеннаго Виньолевского рельса; необходимо на каждой поперечинѣ помѣщать подкладку толщиной около  $\frac{1}{2}$  дюйма и размѣровъ 6'  $\times$  7,5 дюймовъ. Желѣзныя поперечины употребляются довольно рѣдко; онѣ состоятъ обыкновенно изъ фасоннаго желѣза Зоре или Вотерена. Недостатокъ этихъ поперечинъ—значительная жесткость пути, если между рельсомъ и поперечиной нѣтъ деревянной подушки. На французскихъ желѣзныхъ дорогахъ желѣзныя поперечины на мостахъ часто сближаются вплотную и въ этомъ случаѣ можно въ углубленіяхъ между ними вставить на извѣстномъ промежуткѣ деревянные подушки, къ которымъ прикрѣпляются рельсы (черт. 252), такъ что получится упругій путь, обезпеченный противъ пожара и противъ возможности провала поѣзда при сходѣ съ пути.

Укладка рельсоваго пути на мосту производится со стыкомъ на шпалѣ или на вѣсу. Такимъ образомъ относительное положеніе поперечинъ должно находиться въ зависимости отъ избранной системы укладки и отъ длины рельса. Но такъ какъ въ случаѣ прикрѣпленія поперечинъ помощью уголковъ мѣста для поперечинъ назначаются обыкновенно еще заранѣе, при самомъ изготовленіи фермъ на заводѣ, а укладка пути ведется съ одного изъ концовъ дороги, то легко можетъ случиться, что мѣста, приготовленныя для стыковъ рельсовъ, вовсе не будутъ соответствовать дѣйствительнымъ стыкамъ, и въ такомъ случаѣ придется помѣщать нѣсколько дополнительныхъ поперечинъ, чтобы получить стыкъ на шпалѣ или на равномъ разстояніи отъ смежныхъ поперечинъ. Этого можно было бы избѣгнуть, укладывая на мосту рельсы независимо отъ укладки на пути и затѣмъ связывая мостовые рельсы съ путевыми, причемъ неизбѣжна однако же рубка рельсовъ. Можно также не назначать мѣста для поперечинъ при изготовленіи фермъ, а располагать поперечины въ зависимости отъ укладки пути впереди моста и затѣмъ уже, по укладкѣ пути на мосту, прикрѣплять поперечины къ продольнымъ балкамъ, приклепывая уголки и помѣщая стяжные болты, что однако также сопряжено съ нѣкоторыми неудобствами \*).

Относительно приспособленія на кривыхъ слѣдуетъ замѣтить, что при небольшомъ возвышеніи одного рельса надъ другимъ это возвышеніе достигается помѣщеніемъ подкладки подъ рельсъ (черт. 253), или подъ шпалу (черт. 254); затѣмъ при малыхъ пролетахъ мостъ устраивается

\*) Требованіе помѣщать поперечины на взаимномъ разстояніи въ 8 д. грань отъ грани вызываетъ необходимость примѣнять для прикрѣпленія шпалъ вертикальные костыльковые болты (черт. 249 и 250), что устраняетъ вышеуказанныя затрудненія. Но такъ какъ въ случаѣ схода поѣзда съ рельсовъ, подобное прикрѣпленіе недостаточно обезпечиваетъ противъ сдвига поперечинъ, то полезно примѣнять смѣшанную систему, т. е. чередовать прикрѣпленіе шпалъ вертикальными болтами или уголками съ горизонтальными стяжными болтами.

такъ же, какъ и на прямомъ участкѣ пути, съ тою только разницею, что опоры фермъ помѣщаются на неодинаковой высотѣ; иногда опоры устраиваются такъ, что верхнія грани ихъ горизонтальны; тогда и обѣ фермы вертикальны (черт. 255), или же грани подушекъ параллельны плоскости, проходящей черезъ поверхность рельсовъ, и въ этомъ случаѣ главные фермы ставятся также наклонно (черт. 256 и 257). Наконецъ при значительныхъ пролетахъ, сохраняя главные фермы вертикальными, продольныя балки приклепываютъ къ поперечнымъ на различной высотѣ (черт. 258).

б) *Продольные лежни*. Первое условіе, которое требуется отъ деревянныхъ или металлическихъ лежней, состоитъ въ томъ, чтобы они были достаточно обезпечены относительно опрокидыванія. Для этого помѣщаютъ на поперечной балкѣ и по обѣ стороны лежня два уголка и пропускаютъ черезъ вертикальныя полки уголка и лежня горизонтальный болтъ; но этимъ не вполне достигается цѣль, такъ какъ вслѣдствіе ссыхания лежня нельзя возстановить плотное соприкасаніе граней лежня къ уголкамъ, какъ бы сильно ни завинчивать гайку. Лучше располагать съ внутренней стороны низкій уголокъ, а съ наружной—высокій уголокъ и скрѣпить лежень только съ этимъ уголкомъ, причемъ уголковъ съ внутренней стороны можно и не ставить; затѣмъ полезно помѣстить еще вертикальный болтъ (черт. 259), который представитъ значительное сопротивленіе опрокидыванію. Такъ какъ костыль въ продольномъ лежнѣ держится менѣе крѣпко, чѣмъ въ шпалѣ, то во избѣжаніе уширенія пути необходимо помѣстить между рельсами стяжные болты, по три на одинъ рельсъ. Продольные лежни укрѣпляются на желѣзныхъ поперечныхъ балкахъ вышеуказаннымъ способомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда разстояніе между ними такъ незначительно, что желѣзныхъ продольныхъ балокъ не имѣется, причемъ послѣднія замѣнены лежнями. Иногда, впрочемъ, продольный лежень по всей своей длинѣ заключенъ между двумя уголками или двутавровыми прокатными балками (черт. 260).

Часто продольный лежень располагается надъ продольной балкой непрерывно и, во избѣжаніе большой высоты проѣзжей части,—брусъ прерывается иногда около поперечинъ. Лежень притягивается болтами къ поясу продольной балки. На нѣкоторыхъ мостахъ Юго-западныхъ желѣзныхъ дорогъ къ поясу продольной балки приклепаны уголки, между которыми помѣщенъ продольный лежень (черт. 261).

На кривыхъ при маломъ возвышеніи одного рельса надъ другимъ употребляютъ лежни неодинаковой высоты, или же дѣлаютъ желѣзную поперечную балку съ наклоннымъ верхнимъ поясомъ.

в) *Мостовое полотно съ балластными слоями*. Самое совершенное, но и дорогое устройство мостового полотна состоитъ въ расположеніи

на мосту балластного слоя, поддерживаемаго сплошнымъ деревяннымъ или металлическимъ настиломъ или каменными арками. При этомъ достигается однообразіе въ устройствѣ верхняго строенія пути, умѣреніе ударовъ, отсутствіе возможности воспламененія, а также провала поѣзда въ случаѣ схода съ рельсовъ, но съ другой стороны значительно увеличивается вѣсъ моста.

Для возможности агентамъ дорожной службы проходить по мосту устраивается во всю ширину моста полотно изъ досокъ, желѣзныхъ листовъ или чугунныхъ плитъ. Между досками оставляють промежутки до  $1\frac{1}{2}$ —2 дюймовъ для удобства стока воды; съ этою же цѣлью стесываютъ доски къ краямъ. Досчатый настилъ прикрѣпляется гвоздями; толщина настила отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 дюймовъ, а иногда и 3 дюйма.

**Мѣры предосторожности.** Соединеніе мостового рельса съ путевымъ рельсомъ смежнаго пролета. Приспособленія въ мостовомъ полотнѣ въ зависимости отъ расширенія металлическихъ частей фермъ. Уравнительные приборы.

*Къ мѣрамъ предосторожности* относятся приспособленія противъ: 1) загоранія досчатого полотна и 2) схода поѣзда съ рельсовъ.

Хотя существуетъ не мало мостовъ, на которыхъ досчатый настилъ ничѣмъ не прикрытъ, но нерѣдко признають полезнымъ принять слѣдующія мѣры противъ загоранія: а) покрытіе всего досчатого настила или только въ промежуткѣ между рельсами тонкимъ щебеночнымъ слоємъ, что имѣетъ и свои неудобства—затруднительность контроля состоянія рельсового пути и возобновленія шпаль; б) замѣна досчатого настила волнистымъ желѣзомъ. Въ послѣднемъ случаѣ, для удобства прохода, необходимо, чтобы высота волны была не болѣе  $3\frac{1}{2}$ —4 дюймовъ. Иногда же рельсы прикрѣпляются къ металлическимъ поперечницамъ, уложеннымъ вплотную по всему мосту. Это имѣетъ еще и другую цѣль—предохранить отъ провала сошедшій съ рельсовъ поѣздъ \*).

Относительно предупрежденія схода поѣзда съ рельсовъ можно принять одну изъ слѣдующихъ двухъ мѣръ: а) помѣстить контръ-рельсы или деревянные охранные брусья съ внутренней стороны пути на разстояніи отъ 2 до 3-хъ дюймовъ отъ внутренней щеки головки рельса, причемъ для удобства очистки лучше держаться послѣдняго предѣла; контръ-

---

\*) Съ тою же цѣлью примѣняется въ послѣднее время въ Америкѣ типъ проѣзжей части изъ волнистаго желѣза, составленнаго изъ отдѣльныхъ вертикальныхъ и горизонтальныхъ листовъ, взаимно соединенныхъ уголками. Типъ этотъ оригиналенъ еще тѣмъ, что здѣсь не требуется ни продольныхъ, ни поперечныхъ балокъ. Составное волнистое желѣзо приклепывается непосредственно къ поясу фермъ; въ углубленія помѣщаются на особыхъ подвѣскахъ деревянные поперечины, къ которымъ прикрѣпляется рельсовый путь. Давленіе отъ колесъ паровоза передается по закону упругихъ опоръ на нѣсколько смежныхъ волнъ.



рельсы или охранные брусья должны быть продолжены за предѣлы моста по крайней мѣрѣ на 20 сажень въ ту и другую сторону и сведены въ одну точку; б) замѣнить обыкновенный досчатый настил около рельсовъ толстыми досками, которыя могли бы выдержать давленіе колеса паровоза на случай, еслибы поѣздъ сошелъ съ рельсовъ; для того, чтобы сошедшій съ рельсовъ поѣздъ не могъ значительно уклониться въ сторону, номѣщаютъ съ наружной стороны пути на нѣкоторомъ разстояніи, но въ предѣлахъ полосы толстыхъ досокъ, высокіе охранные брусья (черт. 262). Часто номѣщаютъ также съ внутренней стороны пути, на разстояніи до 6 дюймовъ, толстую доску или брусъ, имѣющій назначеніемъ удержать сошедшій съ рельсовъ поѣздъ отъ значительнаго уклоненія въ сторону; при этомъ предполагается, что шпалы настолько прочны и сближены, что въ состояніи выдержать давленіе колесъ паровоза \*).

*Соединеніе мостового и путевого рельсовъ* состоитъ собственно въ способахъ продолженія мостового рельса черезъ крайнія или промежуточные опоры. Въ первомъ случаѣ самое простое рѣшеніе состоитъ въ томъ, что на обрѣзѣ устоя кладутъ поперечину, ограничивающую балластный слой, и къ пей же прикрѣпляютъ рельсъ (черт. 263). Во избѣжаніе разрушенія каменной кладки отъ ударовъ проходящаго поѣзда необходимо, чтобы толщина стѣнки, на которую кладется упорный брусъ, была не менѣе 0,50—0,60 с. Лучше класть два бруса рядомъ. Одиночный или двойной брусъ долженъ быть прикрѣпленъ неподвижно къ кладкѣ, что достигается помощью стяжныхъ болтовъ и уголковъ, прикрѣпленныхъ къ кладкѣ заершенными болтами, залитыми свинцомъ.

Если разстояніе между упорнымъ брусомъ на устоѣ и первой шпалой на крайней продольной балкѣ не соотвѣтствуетъ профилю рельса, или вообще болѣе 8 д., считая между боковыми гранями шпалъ, тогда приклепываютъ къ крайней поперечинѣ болѣе короткую продольную балку въ видѣ консоли (черт. 264). Часто также къ послѣдней поперечной балкѣ приклепываютъ продольныя, другой конецъ которыхъ опирается на особыя чугунныя подушки на устоѣ; эти чугунныя подушки располагаютъ такъ, чтобы избѣжать необходимости укладывать промежуточную шпалу на верхнемъ обрѣзѣ устоя.

При переводѣ мостового рельса чрезъ промежуточные опоры обыкновенно номѣщаютъ между обѣими поперечными балками продольную балку, причемъ одинъ конецъ приклепывается на-глухо, другой же—свободно лежитъ на металлической опорѣ, прикрѣпленной къ другой попе-

---

\*) Министерствомъ Путей Сообщенія рекомендовано примѣнять наружные охранные брусья на разстояніи 12 д. отъ рельса съ продолженіемъ ихъ за предѣлы моста и придавая имъ за мостомъ расходящееся направленіе.

речной балкѣ, съ принятіемъ мѣръ противъ бокового перемѣщенія, или же приклепываютъ къ обѣимъ поперечнымъ балкамъ консоли такой длины, чтобы взаимное разстояніе между крайними деревянными поперечинами соотвѣтствовало профилю рельса.

*Удлиненіе металлическихъ фермъ моста* отъ дѣйствія температуры требуетъ извѣстныхъ приспособленій, которыя для движущагося поѣзда дѣлали бы менѣе ощутительнымъ какъ вертикальное, такъ и горизонтальное перемѣщеніе рельсоваго пути.

Первое имѣетъ мѣсто при высокихъ фермахъ съ ѣздой по верху. Съ этою цѣлью послѣднюю продольную балку, опирающуюся однимъ концомъ на чугунную подушку на опорѣ, дѣлаютъ вращающеюся въ мѣстѣ прикрѣпленія ея къ поперечной балкѣ, что достигается тѣмъ, что номѣщаютъ для скрѣпленія одинъ болтъ или нѣсколько, но въ послѣднемъ случаѣ необходимо, чтобы былъ достаточный зазоръ между стержнями болтовъ и болтовыми отверстиями. Эти мѣры имѣютъ особенно важное значеніе въ арочныхъ мостахъ съ шарнирами въ пятахъ; такъ напр. если послѣднее звено верхняго прогона не имѣетъ возможности вращаться, тогда при пониженіи температуры арочная ферма, укорачиваясь, должна сойти съ пята, и вся ферма висѣла бы на верхнихъ опорныхъ подушкахъ, опираясь верхними горизонтальными прогонами, размѣры которыхъ не рассчитаны относительно проявляющагося при этомъ значительнаго напряженія.

Горизонтальное (продольное) перемѣщеніе рельсоваго пути на мосту (удлиненіе или укорачиваніе) становится тѣмъ ощутительнѣе, чѣмъ неразрывнѣе соединены рельсы съ продольными или поперечными балками. Если допустить, что рельсы прикрѣплены къ нимъ неподвижно безъ всякихъ промежутковъ, то въ концахъ фермы, при соединеніи мостоваго рельса съ путевымъ, должны образоваться большіе зазоры (при укорачиваніи фермы), не безопасные для движенія поѣздовъ; поэтому необходимо принять мѣры, чтобы колеса поѣзда, проходя чрезъ этотъ промежутокъ между рельсами, имѣли подъ собою опору. При менѣе прочномъ соединеніи рельсовъ съ металлической частью фермы и при укладкѣ рельсовъ на мосту съ зазорами,—измѣненіе длины фермы распредѣляется равномерно на все промежутки рельсовъ, и въ этомъ случаѣ часто не принимаютъ никакихъ мѣръ. Но при этомъ слѣдуетъ замѣтить, что тогда происходитъ движеніе рельсовъ по ихъ опорамъ (по шпаламъ или продольнымъ лежняамъ), что, очевидно, вредно вліяетъ на прочность прикрѣпленія рельсовъ, а слѣдовательно и на устойчивость пути. Поэтому въ большихъ мостахъ почти всегда устраиваютъ такъ называемые *уравнительные приборы*. Наиболѣе употребителенъ слѣдующій типъ: концы путевого и мостоваго рельсовъ соединяются съ двумя короткими, осо-

баго типа, рельсами (обыкновенно прямоугольнаго сѣченія или прямоугольнаго съ уширеннымъ основаніемъ); эти короткіе рельсы соединяются между собою вертикальной врубкой (какъ бы въ полдерева), имѣя возможность свободно перемѣщаться одинъ возлѣ другого (черт. 265). Соединеніе вставныхъ рельсовъ съ путевыми достигается обыкновенно накладками и прокладками такихъ размѣровъ, чтобы толщина двухъ прокладокъ и шейки рельса равнялась толщинѣ толстаго вставнаго рельса. Противъ раздвижнаго стыка помѣщается всегда контръ-рельсъ, отдѣльный или отлитый вмѣстѣ съ чугунной рамой, на которой укрѣпляется приборъ (черт. 266). При соединеніи рельсовъ двухъ смежныхъ пролетовъ употребляется подобное же приспособленіе, причѣмъ средняя часть неподвижна (черт. 267).

Въ однопролетныхъ фермахъ уравнительные приборы обыкновенно помѣщаются въ балластномъ слоѣ вблизи подвижной опоры, или на продольной балочкѣ, опирающейся однимъ концомъ на опору моста; въ многопролетныхъ фермахъ они помѣщаются на промежуточной опорѣ, если она достаточно широка, а также на консоляхъ, или на соединительныхъ продольныхъ балкахъ между фермами двухъ пролетовъ. Последнее расположеніе предпочтительнѣе, такъ какъ при прогибѣ фермы консоли приподнимаются, что въ соединительныхъ продольныхъ балкахъ не имѣетъ мѣста, если только оба конца прикрѣплены къ поперечнымъ балкамъ болтами съ достаточнымъ зазоромъ.

Мостовое полотно въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу. Верхняя часть мостового полотна. Нижняя часть мостового полотна: деревянная, металлическая и каменная.

Въ полотнѣ этого типа мостовъ слѣдуетъ отличать: а) верхнюю и б) нижнюю часть полотна. Первая подвергается непосредственному дѣйствію колесъ экипажей и проч.; вторая же, поддерживая верхнюю часть мостового полотна по всему его протяженію, служить для передачи давленія отъ подвижнаго груза и отъ собственнаго вѣса верхней части—ребрамъ мостового полотна, которыя въ свою очередь переносятъ этотъ грузъ на главныя фермы.

а) *Верхняя часть мостового полотна.* Она обыкновенно устраивается изъ досчатаго настила, торцевой мостовой (шашки, бруски), щебеночнаго слоя, каменной мостовой и изъ бетона. (Устройство описано въ главѣ о деревянныхъ пролетныхъ частяхъ).

б) *Нижняя часть мостового полотна.* Матеріаломъ для устройства этой части полотна можетъ служить дерево, чугунъ, желѣзо и камень.

1) *Дерево.* Деревянный сплошной настилъ употребляется во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда верхняя часть мостового полотна состоитъ изъ до-

счагаго настила, щебеночной коры, деревянной или каменной мостовой. Для стока воды оставляют зазоры между досками величиною от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{1}{4}$  дюйма. Доски располагаются или на продольных и поперечных балкахъ, или на главныхъ фермахъ; къ деревяннымъ частямъ онѣ прикрѣпляются гвоздями, а къ металлическимъ  $\frac{3}{4}$  дюйм. балтами.

2) *Чугунъ*. Въ английскихъ мостахъ очень часто встрѣчается, что нижняя часть мостового полотна устроена изъ чугунныхъ плитъ. Чугунъ имѣетъ слѣдующія преимущества сравнительно съ желѣзомъ и деревомъ: лучше сопротивляется дѣйствию влажности, можетъ быть отлитъ въ наиболѣе цѣлесообразной формѣ и допускаетъ болѣе легкую замѣну; главный же недостатокъ — хрупкость. Чугунныя плиты опираются двумя или четырьмя кромками. Въ первомъ случаѣ употребляются плоскія плиты, усиленныя ребордами по направленію перпендикулярному къ опорамъ, поддерживающимъ плиты; для удобства стока воды плиты представляютъ иногда двѣ пересѣкающіяся плоскости (черт. 268). Чугунныя плиты покрываются непосредственно пескомъ, гравіемъ или мелкимъ щебнемъ; не слѣдуетъ помѣщать прямо на плиту крупный щебень или угловатые камни, чтобы избѣжать сосредоточенныхъ давленій, дѣйствию которыхъ чугунъ слабо сопротивляется. Средняя толщина плиты и ребордъ составляетъ около  $\frac{1}{2}$  дюйма.

3) *Жельзо—а*). *Фасонное*. Для этой цѣли преимущественно употребляется желѣзо Зоре, Вотерена, иногда однотавровое желѣзо и рельсы Варлоу. Эти поперечины располагаются поперекъ моста, опираясь на главные фермы и на продольныя балки, или вдоль моста на поперечныхъ балкахъ (черт. 269). Для передачи давленія отъ сосредоточеннаго груза на большее число поперечинъ приклепываютъ иногда снизу къ нѣсколькимъ поперечинамъ одну общую поперечину. Поперечина прикрѣпляется къ каждой фермѣ или къ каждой продольной балкѣ одной заклепкой. Иногда дѣлаютъ прикрѣпленіе такимъ образомъ, что горизонтальныя полки двухъ смежныхъ поперечинъ покрываютъ одной планкой, сквозь которую пропускаютъ болтъ или заклепку. Между поперечинами оставляютъ обыкновенно промежутокъ отъ  $\frac{3}{4}$  до  $\frac{1}{4}$  дюйма и перекрываютъ эти щели болѣе крупными камнями. Обыкновенно на поперечинахъ располагаютъ сначала слой бетона, заполняя имъ и промежутки между поперечинами; поверхъ бетона — асфальтъ пли песокъ, служащій основаніемъ для каменной мостовой. Ширина желѣза Зоре по-низу измѣняется отъ 110 до 310 миллим.

б) *Волнистое желельзо*. Листы располагаются преимущественно такимъ образомъ, чтобы волны приходились нормально къ оси моста. Удобное прикрѣпленіе къ продольнымъ балкамъ, незначительный вѣсъ, хорошее взаимное соединеніе верхней и нижней части мостового полотна

(благодаря углубленіямъ) составляютъ преимущества этого желѣза. Къ недостаткамъ же слѣдуетъ причислить высокую цѣну, затруднительность ремонта и неудовлетворительный отводъ дождевой воды, такъ какъ малыя отверстія въ желѣзѣ не достигаютъ цѣли, большія же щели значительно ослабляютъ листъ. Лучше поэтому заполнять углубленія бетономъ, придавая верхней поверхности его покатость въ обѣ стороны. Полезно употреблять гальванизированное желѣзо, т. е. покрытое тонкимъ слоемъ цинка, или покрыть за три раза краской съ примѣсью окиси желѣза и затѣмъ окрасить еще асфальтовой смолой. Толщина верхней части мостового полотна дѣлается обыкновенно не менѣе 6-ти дюймовъ надъ средней высотой волны; по краямъ верхняя часть полотна ограничивается двутавровымъ или уголковымъ желѣзомъ (черт. 270). Въ сѣченіи каждая волна соотвѣтствуетъ центральному углу въ  $120^{\circ}$ — $180^{\circ}$ . Ширина волны измѣняется отъ 5-ти до 10-ти дюйм., высота отъ 1-го до 5-ти дюйм., толщина: 1—6 миллиметровъ, длина же листа доходитъ до 9 футь, а ширина до 3,5 футь. Листы прикрѣпляются къ продольной или поперечной балкѣ заклепками, помѣщаемыми въ углубленіяхъ, причемъ взаимное соединеніе листовъ дѣлается въ нахлестку.

γ) *Выпуклое или вогнутое (цилиндрическое) желѣзо* (черт. 271). Эти листы приклепываются своими плоскими полками къ главнымъ фермамъ, или къ продольнымъ и поперечнымъ балкамъ; слѣдовательно, они находятся въ условіяхъ цѣпи или арки, т. е. работаютъ на вытягиваніе или сжатіе. Но такъ какъ при этомъ проявляется значительный горизонтальный распоръ, то необходимо, чтобы продольныя и поперечныя балки были достаточно жестки. Въ стыкахъ листы соединяются заклепками въ нахлестку, иногда же въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка накладкой шириною около 3 дюймовъ. Для стока воды дѣлаютъ въ пониженныхъ мѣстахъ отверстія, но они мало дѣйствительны: лучше заполнять углубленія бетономъ, хотя и онъ нерѣдко даетъ трещины и пропускаетъ дождевую воду.

δ) *Лотковое желѣзо*. Листы (черт. 272) имѣютъ форму квадрата или прямоугольника отъ 700 до 1600 миллиметровъ въ сторонѣ, окаймленного со всѣхъ четырехъ сторонъ плоской кромкой; средняя часть выпукла или вогнута. Обыкновенно лотковое желѣзо имѣетъ форму лоткового свода, т. е. состоитъ изъ двухъ взаимно пересѣкающихся цилиндрическихъ сводовъ съ закругленными ребрами пересѣченія.

Высота подъема измѣняется отъ  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{18}$  длины наименьшей стороны. Ширина полки дѣлается около 40—80 миллиметровъ, причемъ ширина въ 60 миллиметровъ достаточна для заклепокъ діаметромъ около 20 миллиметровъ. Иногда кромки листовъ не приклепываются къ полкамъ уголковъ продольныхъ и поперечныхъ балокъ, но этого слѣдуетъ избѣгать. Для

плотнаго соприкасания кромокъ лотковаго желѣза съ полками поясовъ необходимо, чтобы эти послѣднія не имѣли вертикальныхъ заклепокъ; иногда же въ этомъ случаѣ соединяютъ ихъ общими заклепками. Необходимо также, чтобы полки поперечныхъ и продольныхъ балокъ были неодинаковой высоты, что тоже не всегда выполнимо; поэтому часто лотковое желѣзо приклепываютъ къ отдѣльнымъ уголкамъ, помѣщеннымъ ниже пояса поперечной или продольной балки.

4) *Камень. Сводчатое перекрытіе.* — Своды дѣлаются обыкновенно изъ кирпича сплошнаго или пустотѣлаго, или изъ бетона; число рядовъ кирпичей рѣдко бываетъ болѣе двухъ (черт. 273). Своды помѣщаются между продольными или поперечными балками, или между главными фермами, если разстояніе между ними не велико. Пазухи между сводами заполняются бетономъ, перекрываемымъ слоемъ цемента ( $1-1\frac{1}{2}$  дюйма), или асфальта ( $\frac{3}{4}-1$  д.) съ общимъ скатомъ къ концевымъ частямъ моста. Недостатки такого типа нижней части мостового полотна — значительный вѣсъ и затѣмъ неодинаковый коэффициентъ расширенія металла и кирпича, хотя до сихъ поръ въ существующихъ примѣрахъ не обнаружилось, чтобы это имѣло какія либо вредныя послѣдствія. Наиболѣе употребительные пролеты отъ 0,50 до 1,00 с. съ подъемомъ около  $\frac{1}{10}$  пролета.

**Ребра мостового полотна. (Продольныя и поперечныя балки).** Продольныя балки. Расположеніе ихъ; предѣльная длина: отношеніе высоты къ длинѣ. Прокатныя балки; размѣры поперечнаго сѣченія; прикрѣпленіе прокатныхъ балокъ къ поперечнымъ балкамъ. Составныя балки; размѣры. Типы прикрѣпленія къ поперечнымъ балкамъ. Уголки нестности. Продольныя балки со свозной стѣнной. Вертикальныя и горизонтальныя связи.

Продольныя балки располагаются преимущественно между поперечными, рѣже — поверхъ послѣднихъ. Второе расположеніе имѣетъ много преимуществъ, какъ напримѣръ, въ отношеніи простоты устройства опоры для продольныхъ балокъ, такъ и потому, что тогда онѣ находятся въ условіяхъ многопролетной балки; но съ другой стороны при этомъ необходимо всегда принимать мѣры противъ бокового выпучиванія стѣнокъ поперечной балки. Если продольныя балки не высоки, тогда безспорно лучше располагать ихъ поверхъ поперечинъ, ввиду затруднительности производить тщательно склепку въ стѣсненномъ пространствѣ.

Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ наименьшее разстояніе между продольными балками 5 футъ, въ предположеніи, что рельсъ прикрѣпляется непосредственно къ продольной балкѣ или къ продольному лежню. Если же рельсъ прикрѣпленъ къ поперечинамъ, тогда для большей устойчивости разстояніе между продольными балками дѣлаютъ не менѣе 6 футъ. Впрочемъ есть примѣры, что и при 5-футовомъ разстояніи рельсы при-

крѣплены къ поперечинамъ. Въ мостахъ подь обыкновенную дорогу—разстояніе между продольными балками зависитъ отъ степени сопротивленія нижней части мостового полотна; предѣлами можно считать 2,5 ф. и 6,5 ф.

Длина продольныхъ балокъ измѣняется отъ 6 ф. до 25 ф.; наиболѣе употребительная длина отъ 7 ф. до 18 ф.; высота продольной балки дѣлается около  $\frac{1}{7}$  ея длины.


Продольныя балки представляютъ въ сѣченіи двойной тавръ, причемъ сѣченіе можетъ быть: а) *цѣльное* (прокатныя двутавровыя балки) или б) *составное*—изъ листовъ и уголковъ.

*Прокатныя балки* употребляются, когда требуется сѣченіе съ незначительнымъ моментомъ сопротивленія. Высота подобной балки измѣняется отъ 6 д. до 16 д. При высотѣ отъ 6 до 9 д. ширина поясной полки:  $b = \frac{1}{2} h$  или  $\frac{1}{3} h$ , толщина стѣнки  $\frac{3}{8}$  д., толщина поясовъ отъ  $\frac{3}{8}$  д. до  $\frac{1}{2}$  д.; при высотѣ балки отъ 9 до 16 дюймовъ ширина полокъ  $b = \frac{1}{2} h$ , или  $b = \frac{1}{2,25} h$ , толщина стѣнки отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{5}{8}$  д., толщина поясовъ въ  $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  раза болѣе. По другимъ даннымъ ширина пояса:  $b = 0,4 h + 10$  мм., толщина стѣнки  $\delta' = 0,03 h + 15$  мм., толщина поясовъ  $\delta = 1,5 \delta'$ ; уголъ наклоненія граней поясовъ— $14^\circ$ , радіусы закругленія  $R = \delta$ . Высота измѣняется на 10 мм. при переходѣ отъ одного типа къ другому \*).

Относительно прикрѣпленія *прокатныхъ* продольныхъ балочекъ къ поперечнымъ балкамъ слѣдуетъ разсмотрѣть два случая: 1) продольная балка зажимается между поперечными, или 2) она располагается поверхъ ихъ или проходитъ сквозь поперечныя балки. Въ *первомъ* случаѣ къ вертикальной стѣнкѣ поперечной балки приклепываются два уголка, обжимающіе вертикальную стѣнку продольной балки. Если по расчету необходимо, чтобы въ плоскости задѣлки продольная балка работала полнымъ сѣченіемъ, т. е. если горизонтальныхъ полокъ нельзя отнять, тогда необходимо помѣстить уголки лишь по высотѣ вертикальной стѣнки прокатной балки между двумя ея горизонтальными полками (черт. 274); но при этомъ для увеличенія жесткости стѣнки поперечной балки полезно помѣщать подь уголками планки во всю высоту поперечины (черт. 274), а также образовать самостоятельную опорную площадку въ видѣ горизонтальнаго уголка, приклепываемаго къ поперечной балкѣ (черт. 274). Если же въ плоскости задѣлки достаточно одного сѣченія вертикальной стѣнки прокатной балки, то вертикальные уголки приклепываются во всю высоту поперечной балки; но тогда на протяженіи ширины полки вертикальнаго уголка необходимо срѣзать обѣ горизонтальныя полки прокатной балки, или одну изъ нихъ, если другая находится выше верхняго

\*) Въ настоящее время выработаны у насъ опредѣленный сортаментъ прокатныхъ балокъ.

или ниже нижняго конца вертикальнаго уголка (черт. 275). Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу часто прикрѣпляютъ продольную балку только однимъ уголкомъ, и тогда горизонтальная полка срѣзывается, очевидно, съ одной стороны. Во *второмъ* случаѣ, при расположеніи продольныхъ прокатныхъ балокъ поверхъ поперечныхъ достигается та выгода, что онѣ работаютъ, какъ неразрѣзныя балки, причемъ необходимо только перекрыть стыки, какъ показано на черт. 276. Стыки удобнѣе размѣщать между поперечными балками именно тамъ, гдѣ имѣеть мѣсто наименьшій моментъ. Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу рѣдко помѣщаютъ продольныя прокатныя балки надъ поперечными въ виду незначительной устойчивости ихъ относительно опрокидыванія, вслѣдствіе чего почти всегда требуется примѣненіе особыхъ консолей изъ полудюймоваго полосоваго желѣза (черт. 276'), или лучше изъ уголковъ (черт. 276''); въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу это не такъ необходимо.

*Составныя* двутавровыя балки изъ листовъ и уголковъ собираются изъ вертикальной стѣнки толщиной отъ  $\frac{5}{16}$  д. до  $\frac{3}{8}$  д., изъ уголковъ толщиной отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{7}{16}$  дюйма и шириною отъ 3 д. до 4 дюймовъ и, если нужно, изъ одного или двухъ рядовъ горизонтальныхъ листовъ не толще  $\frac{3}{8}$  дюйма и шириною отъ 6 дюйм. до 9 дюймовъ. Добавочныя горизонтальныя листы проходятъ или по всей длинѣ продольной балки, или только на такомъ протяженіи, гдѣ это требуется расчетомъ. Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, въ которыхъ усиліе, испытываемое продольными балками, незначительно, балки часто составляются изъ вертикальной стѣнки и двухъ уголковъ ; но въ этомъ случаѣ предпочтительнѣе брать прокатныя двутавровыя балки. Продольныя балки помѣщаются между поперечными или проходятъ поверхъ или сквозь нихъ. Въ *первомъ* случаѣ самый простой способъ прикрѣпленія состоитъ въ томъ, что по всей высотѣ поперечной балки помѣщается пара вертикальныхъ уголковъ (черт. 277), между которыми зажимается вертикальная стѣнка продольной балки. Уголки продольной балки никогда не слѣдуетъ обрѣзать около вертикальныхъ уголковъ; нужно нагнуть ихъ на эти уголки (черт. 277); горизонтальный же листъ по необходимости приходится обрѣзать при встрѣчѣ съ полкою вертикальнаго уголка (черт. 277). Когда высота поперечной балки значительно превосходитъ высоту продольной, тогда часто помѣщаютъ консоли съ верхней или нижней стороны, или же зажимаютъ между уголками трапециoidalную прокладку и къ ней приклепываютъ при двойныхъ накладкахъ продольную балку (черт. 278). Если высота продольной балки недостаточна для помѣщенія заклепокъ, то вертикальныя уголки настолько раздвигаютъ, чтобы между ними помѣстить вертикальную стѣнку продольной балки и листъ консоли шириною, соответствующую необходимому числу заклепокъ (черт. 279).



Это дѣлается и для увеличенія жесткости соединенія. Во избѣжаніе двойного выгиба горизонтальнаго уголка *a* (черт. 280) иногда этотъ уголокъ доводятъ только до вертикальнаго уголка (черт. 281), такъ какъ отъ присутствія консолей моментъ сопротивленія сѣченія и безъ того значительно увеличивается.

Типъ расположенія продольныхъ балокъ надъ поперечными показанъ на черт. 282.

Когда продольная балка подходитъ подъ самые уголки поперечной, — полезно соединять накладкой смежныя продольныя балки. Въ этомъ случаѣ, если въ поясѣ поперечной балки не имѣется горизонтальныхъ листовъ, то помѣщаются предварительно прокладки, а затѣмъ уже связующая накладка (черт. 283). Концы прокладки должны выступать изъ-за концовъ накладки на столько, чтобы возможно было помѣстить число заклепокъ, соотвѣтствующее площади поперечнаго сѣченія прокладки. Длина накладки должна въ свою очередь соотвѣтствовать возможности помѣщенія числа заклепокъ сообразно поперечной площади накладки, которая дѣлается толщиною отъ  $\frac{3}{8}$  д. до  $\frac{1}{2}$  д., и шириною равную или нѣсколько болѣе общей ширины поясныхъ уголковъ продольной балки.

Вообще слѣдуетъ замѣтить, что если высота поперечной балки значительно превосходитъ высоту продольной, то полезно сдѣлать соединеніе продольной балки съ поперечной по всей высотѣ послѣдней, для чего можно воспользоваться приспособленіями, показанными на черт. 278, 279 и 284. Въ послѣднемъ примѣрѣ, во избѣжаніе изгиба уголковъ, прикрѣпляющихъ продольную балку къ поперечной, проложена прокладка (*a*) между вертикальной стѣнкой поперечной балки и вертикальными уголками и затѣмъ прокладки (*b*) между тѣми же уголками и стѣнкой продольной балки. Горизонтальный стыкъ между краемъ вертикальнаго листа продольной балки и треугольной вставки перекрытъ двумя вертикальными накладками.

Для увеличенія сопротивленія стѣнки боковому выпучиванію приклепываютъ черезъ каждыя 2,5—3 ф. вертикальныя *уголки жесткости*, размѣщая ихъ поочередно съ обѣихъ сторонъ (черт. 285).

Типъ *сквозной* продольной балки показанъ на черт. 286. Онъ употребляется при значительныхъ промежуткахъ между поперечинами; вытянутые раскосы дѣлаются плоскаго сѣченія, а сжатые — изъ двойныхъ уголковъ или также изъ плоскаго желѣза; сѣченіе ихъ увеличивается по мѣрѣ приближенія къ опорамъ.

Если длина продольныхъ балокъ превосходитъ 10—12 ф., то помѣщаютъ между ними *поперечныя вертикальныя распорки*, а также *горизонтальныя діагональныя связи*. Распорки состоятъ изъ одного или изъ двухъ уголковъ, согнутыхъ въ видѣ подковы (черт. 287); иногда между

уголками помѣщается вертикальный листъ. Чаще распорки состоятъ изъ горизонтальныхъ и вертикальныхъ уголковъ съ андреевскимъ крестомъ между ними (черт. 288). Горизонтальныя діагональныя связи дѣлаются иногда изъ полосового желѣза, получше, если одна изъ діагоналей, или обѣ діагонали—жесткаго сѣченія; уголь наклоненія около 45°; діагонали приклепываются къ горизонтальнымъ листамъ продольныхъ балокъ или къ горизонтальнымъ полкамъ уголковъ продольныхъ балокъ и распорокъ помощью трапецидальныхъ накладокъ (черт. 289), или непосредственно (черт. 285).

Поперечныя балки. Различные типы. Прикрѣпленіе поперечныхъ балокъ къ главнымъ фермамъ въ случаяхъ помѣщенія балокъ надъ верхнимъ поясомъ фермы, въ предѣлахъ высоты фермы и подъ нижнимъ поясомъ.

*Поперечныя балки* устраиваются изъ прокатного желѣза двутавроваго сѣченія, или представляютъ собою обыкновенную составную балку двутавроваго сѣченія со сплошной и сквозной стѣнкой, или же, наконецъ, имѣютъ видъ шпренгельной балки.

Первый и четвертый типы встрѣчаются довольно рѣдко; второй и третій типы наиболѣе употребительны.

Высота поперечной балки дѣлается обыкновенно отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{6}$  ея длины.

Балки изъ прокатного желѣза бываютъ парныя или одиночныя. Какъ тѣ, такъ и другія встрѣчаются довольно часто въ мостахъ въ Америкѣ (черт. 290).

Составныя балки двутавроваго сѣченія со сплошной стѣнкой состоятъ изъ стѣнки и изъ двухъ нарѣ уголковъ, протянутыхъ по всей длинѣ балки, и кромѣ того, смотря по надобности, изъ одного или нѣсколькихъ поясныхъ горизонтальныхъ листовъ, по всему протяженію, или только на опредѣленной длинѣ. Что касается предѣльныхъ размѣровъ уголковъ и толщины листовъ, то объ этомъ слѣдуетъ сказать то же, что и о продольныхъ балкахъ. Поясные уголки и листы приклепываются большею частью  $\frac{3}{4}$  дюйм. заклепками; прикрѣпленіе поперечной балки въ главной фермѣ дѣлается всегда  $\frac{7}{8}$  дюйм. заклепками, а иногда и  $\frac{15}{16}$  дюйм., если того требуетъ расчетъ.

Балки со сквозной стѣнкой бываютъ иногда на всемъ протяженіи сквозныя (черт. 291), иногда же только въ промежуткѣ между продольными балками (черт. 292), причемъ рѣшетка между этими послѣдними состоитъ изъ одного (черт. 291) или изъ двухъ крестовъ (черт. 292) со стойкой или безъ стойки.

Балки со сплошной и сквозной стѣнкой имѣютъ иногда однообразную вышину по всей длинѣ (черт. 291), или же высота уменьшается около опоръ (черт. 292), или, наконецъ, увеличивается (черт. 293). Уменьшеніе

высоты около опоръ объясняется стремленіемъ уменьшить площадь, подвергающуюся дѣйствию вѣтра въ мостахъ съ ѣздою по-верху, а въ мостахъ съ ѣздою по-низу это вызывается желаніемъ поставить поперечную балку на поясъ, не повышая значительно проѣзжей части для удовлетворенія требованіямъ габарита. Увеличеніе высоты около опоръ дѣлается для увеличенія жесткости соединенія.

Разсмотримъ теперь различные способы *примрпленія* поперечныхъ балокъ къ главнымъ фермамъ. При этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что поперечными балками, сверхъ ихъ прямого назначенія, пользуются еще какъ распорками (стойками) горизонтальныхъ связей, или какъ особымъ приспособленіемъ для увеличенія жесткости стѣнки главной фермы. Кроме того необходимо обезпечить центральную по оси фермы передачу давленія во избѣжаніе выпучиванія стѣнки фермы.

Относительно расположенія поперечной балки слѣдуетъ отличать *три* случая: I) помѣщеніе *надъ* верхнимъ поясомъ, II) въ *предѣлахъ* высоты фермы и III) *подъ* нижнимъ поясомъ. Первый случай встрѣчается въ мостахъ съ ѣздою по-верху; второй — въ мостахъ съ ѣздою по-верху, по срединѣ и по-низу и третій — только въ мостахъ съ ѣздою по-низу.

I. Первый случай (черт. 294) соотвѣтствуетъ наиболѣе простому прикрѣпленію къ фермѣ и вполне обезпечиваетъ центральность передачи давленія. Въ смыслѣ же обезпеченія жесткости противъ боковыхъ качаній, расположеніе поперечинъ въ предѣлахъ высоты пояса (черт. 295), конечно, предпочтительнѣе; но такъ какъ при этомъ невозможно устроить центральную передачу, то при нагрузкѣ поперечной балки происходитъ выпучиваніе стѣнки главной фермы (черт. 296). Поэтому, если возможно, всегда слѣдуетъ располагать поперечины поверхъ поясовъ. Если поясъ широкій, то при прогибѣ поперечной балки послѣдняя будетъ надавливать на внутренніе края листовъ пояса и, слѣдовательно, центральность передачи давленія не будетъ вполне достигнута. Для этого полезно подкладывать подъ поперечныя балки прокладки незначительной ширины, размѣщая ихъ надъ осью фермы (черт. 297). Во избѣжаніе прогиба горизонтальныхъ листовъ пояса необходимо помѣстить вертикальную діафрагму, зажатую между уголками, прикрѣпленными внутри пояса къ горизонтальной и вертикальнымъ стѣнкамъ.

Если высота поперечной балки на опорѣ оказывается болѣе 10 — 12 дюйм., то во избѣжаніе опрокидыванія, особенно когда продольныя балки помѣщены поверхъ поперечной, полезно ставить консоли, состоящія изъ согнутыхъ въ видѣ подковы уголковъ (черт. 298), къ которымъ иногда приклепывается сплошной листъ, или же консоль состоитъ изъ фасоннаго листа (черт. 299), прикрѣпленнаго къ вертикальнымъ и горизонтальнымъ уголкамъ.

II. Здѣсь въ свою очередь могутъ быть три частности: а) помѣщеніе поперечной балки въ предѣлахъ высоты верхняго пояса; б) въ предѣлахъ высоты сплошной стѣнки или стойки и в) въ предѣлахъ высоты нижняго пояса.

IIa. Балка приклепывается къ поясу помощью пары уголковъ. Въ фермахъ со сплошной стѣнкой эти уголки продолжаются во всю высоту фермы и служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ уголками жесткости. Въ раскосныхъ мостахъ пользуются для этого уголками стоекъ, а въ рѣшетчатыхъ—помѣщаютъ или особые уголки по высотѣ пояса, или же таковые продолжаютъ также донизу, если только очертаніе раскосовъ тому не препятствуетъ.

Въ фермахъ со сплошной стѣнкой, а также въ фермахъ со сквозной стѣнкой, но при тавровыхъ поясахъ, нерѣдко помѣщаютъ въ мѣстахъ прикрѣпленія поперечной балки консоли для увеличенія жесткости стѣнки фермы. Соединеніе поперечной балки съ консолью дѣлается тройнымъ путемъ: а) вертикальный листъ поперечной балки соединяется въ притыкъ съ вертикальнымъ листомъ консоли (черт. 300); б) вертикальный листъ балки продолжается до стѣнки фермы, причѣмъ уголокъ нижняго пояса балки соединяется съ горизонтальнымъ угломъ консоли (черт. 301); в) тоже, но соединеніе стѣнки балки и консоли дѣлается помощью накладки (черт. 302) и г) стѣнка поперечной балки соединяется въ нахлестку съ листомъ консоли (черт. 303).

Въ фермахъ со сквозной стѣнкой и при коробчатыхъ поясахъ необходимо помѣщать внутри пояса діафрагму, соответствующую какъ бы продолженію поперечной балки; это дѣлается для большаго обезпеченія передачи давленія, по возможности, равномерно на обѣ стѣнки пояса (черт. 304). Въ этомъ случаѣ полезно помѣщать, кромѣ діафрагмы, еще консоль, соединенную накладкою, какъ со стѣнкой балки, такъ и съ діафрагмой (черт. 305). Помѣщеніе діафрагмъ въ рѣшетчатыхъ мостахъ при отсутствіи стоекъ—обязательно.

IIб. Прикрѣпленіе въ предѣлахъ высоты сплошной стѣнки или стойки.

Въ фермахъ со сплошной стѣнкой, а также и со сквозной стѣнкой, но при тавровыхъ поясахъ, встрѣчаются тѣ же четыре случая прикрѣпленія къ консоли, которые были указаны на черт. 300, 301, 302 и 303, причѣмъ консоль имѣетъ только видъ трапеціи (черт. 306). Въ фермахъ со сквозной стѣнкой и при коробчатомъ поясѣ стойки обыкновенно двутавроваго сѣченія со сквознымъ заполненіемъ. Въ этомъ случаѣ прикрѣпленіе поперечной балки крайне просто: вертикальный листъ поперечной балки зажимается между уголками стоекъ (черт. 307). Соединеніе это имѣетъ однако тотъ недостатокъ, что давленіе передается неравномерно на наружную и внутреннюю пару уголковъ стоекъ, вслѣдствіе чего нарушается центральность передачи давленія. Слѣдующее приспособ-

собленіе позволяет удовлетворять этому требованію. Уголки стоек настолько раздвигаются, что между ними можно помѣстить, кромѣ стѣнки балки, еще двѣ прокладки, общая толщина коихъ на 20—33%, болѣе толщины стѣнки поперечной балки и во всякомъ случаѣ каждая изъ нихъ не тоньше  $\frac{3}{8}$  д. Эти прокладки наглухо приклепываются къ уголкамъ стойки; въ стѣнкѣ балки по линіи заклепокъ въ уголкахъ стоекъ дѣлаются овальные (или большаго діаметра) отверстія; склепывая затѣмъ стѣнку балки наглухо съ прокладками, съ размѣщеніемъ притомъ заклепокъ симметрично относительно осевой линіи фермы, мы этимъ вполнѣ достигнемъ центральности передачи давленія (черт. 308). Поясной уголокъ поперечной балки нагибается при этомъ на уголокъ стойки и, чтобы удобнѣе дѣлать перегибы, можно помѣстить подъ пояснымъ уголкомъ прокладки на известномъ протяженіи, что даетъ возможность сдѣлать два послѣдовательныхъ перегиба вмѣсто одного. Подобный способъ прикрѣпленія поперечной балки примѣненъ въ мостѣ черезъ р. Сулу, на Ромны-Кременчугской ж. д. (черт. 293). Въ этомъ примѣрѣ поперечная балка заканчивается консолью, такъ какъ для удовлетворенія требованію относительно скалывающаго напряженія нужно было увеличить высоту стѣпки и кромѣ того получить треугольные выступы для прикрѣпленія діагоналей вертикальныхъ связей.

Все сказанное до сихъ поръ относится большею частью къ мостамъ съ ѣздою по-серединѣ. Въ мостахъ съ ѣздою по-низу, при расположеніи поперечной балки непосредственно подъ поясомъ, встрѣчаются еще слѣдующіе случаи: а) если балка зажимается между уголками стоекъ, то примѣняется пріемъ, указанный на черт. 307 и 308, б) при трубчатыхъ стойкахъ—поперечная балка ставится на поясъ, причѣмъ она приклепывается наглухо съ примѣненіемъ не широкой прокладки, или же опирается на нижній поясъ помощью шарнира. Въ обоихъ случаяхъ для возможности помѣщенія поперечной балки приклепываются къ верхнему ребру вертикальныхъ листовъ пояса короткіе уголки, а къ нимъ листъ, на которомъ и располагается поперечная балка (черт. 309). Примѣненіе перваго случая показано между прочимъ на черт. 292; въ этомъ примѣрѣ (мостъ чрезъ р. Великую на Псково-Рижской ж. д.) поперечная балка не работаетъ, какъ распорка связей, для чего имѣется отдѣльная распорка. Смежныя продольныя балки соединены особой изогнутой накладкой для уменьшенія работы на отрываніе заклепокъ, прикрѣпляющихъ продольную балку къ поперечной. Вертикальная стѣпка балки состоитъ изъ двухъ листовъ; одинъ изъ нихъ продолжается нѣсколько далѣе для возможности прикрѣпленія раскосовъ рѣшетки средней части. Подъ опорной частью поперечной балки помѣщена діафрагма. Распорка связей состоитъ изъ четырехъ уголковъ связанныхъ рѣшеткой и при-

крѣпленныхъ къ поясу помощью особыхъ короткихъ уголковъ, помѣщенныхъ между раздвинутыми уголками стоекъ. Существуетъ примѣръ моста (черезъ р. Вислу на Ивангородо-Домбровской ж. д.), гдѣ подобнымъ образомъ расположенная поперечная балка работаетъ, какъ распорка связей, для чего необходимо только особымъ приспособленіемъ получить возможность помѣстить достаточное число заклепокъ соотвѣтственно усилию, испытываемому балкой, какъ распоркой.

Типъ поперечной балки, опирающейся на поясъ помощью шарнира, показанъ на черт. 310. Въ этомъ типѣ также можетъ быть самостоятельная распорка, или же распоркой служить поперечная балка, какъ это указано на черт. 310. Такъ какъ шарниръ не представляетъ достаточной гарантіи относительно сопротивленія скалыванію, то въ этомъ случаѣ въ промежуткѣ между уголками трубчатой стойки приклепываются къ стѣнкѣ пояса два уголка (*a*); равнымъ образомъ въ той же плоскости, совпадающей съ вертикальнымъ листомъ поперечной балки, приклепываются къ нижнему поясу балки въ изогнутой ея части два уголка (*b*); между ними зажимается вертикальный листъ, окаймленный сверху и снизу уголками. Въ уголкахъ (*a*) сдѣланы овальные по вертикали отверстия. При такихъ условіяхъ, очевидно, вертикальная нагрузка не можетъ передаваться чрезъ уголки (*a*), а слѣд. и искривлять ферму; усиліе же, направленное по горизонтальному направленію вдоль поперечной балки, какъ распорки, можетъ быть съ удобствомъ передано чрезъ уголки (*a*), прокладной листъ (*n*) и чрезъ уголки (*b*).

II. Прикрѣпленіе въ предѣлахъ высоты нижняго пояса имѣетъ много общаго съ прикрѣпленіемъ къ верхнему поясу. Замѣтимъ только, что въ мостахъ съ ѣздою по-низу внутреннія консоли неудобны, онѣ стѣсняють габаритъ; поэтому онѣ помѣщаются съ наружной стороны (черт. 311). Всѣ эти консоли необходимы только тогда, когда высота фермы не соотвѣтствуетъ возможности расположенія связей по-верху.

III. Остается еще разсмотрѣть случаи помѣщенія поперечныхъ балокъ подъ поясомъ. Въ мостахъ съ заклепочными соединеніями этотъ типъ встрѣчается почти въ единичныхъ случаяхъ. Наиболѣе удачный типъ состоитъ въ томъ, что уголки стоекъ опускаются ниже пояса и между ними зажимается стѣнка поперечной балки (черт. 312).

Въ мостахъ съ болтовыми соединеніями случаи подвѣшиванія поперечныхъ балокъ встрѣчаются очень часто. На шарнирный болтъ пояса (черт. 290 и 313) навѣшивается одна или двѣ серьги, снабженныя на одномъ концѣ проушиной или петлей, а на другомъ—винтовой нарѣзкой съ гайкой; для подвѣсокъ обыкновенно употребляется квадратное желѣзо, около  $\frac{7}{8}$  д. или  $\frac{1}{8}$  д. въ сторонѣ. Поверхъ гайки помѣщается чугузная, стальная или желѣзная доска, на которую опирается одиночная или

парная поперечина. Парныя поперечины стянуты болтомъ съ распоркой; диагонали связей проходятъ въ разныхъ горизонтахъ сквозь стѣнку поперечныхъ балокъ, приче́мъ гайки плотно навиваются, упираясь въ толстое соотвѣтственно изогнутое плоское желѣзо, приклепанное къ стѣнкѣ балки.

#### Устройство главныхъ фермъ.

Переходимъ теперь къ описанію устройства главныхъ фермъ: а) *балочныхъ со сплошной и сквозной стѣнкой*; б) *подкосныхъ и арочныхъ* и в) *висячихъ*; одновременно рассмотримъ и детали устройства связей въ каждомъ типѣ фермъ.

**Балочныя фермы со сплошной стѣнкой.** Предѣльные размѣры составныхъ частей. Перекрытіе стыковъ вертикальной стѣнни, уголковъ и горизонтальныхъ листовъ. Угопни жесткости. Опорная стойка. Описание фермъ 5 саж. моста; эпюра составныхъ частей стѣнки и поясовъ. Вертикальныя и горизонтальныя связи; опорныя подушки подвижныя и неподвижныя. Описание фермъ моста черезъ р. Нѣманъ на Спб.-Варшавской ж. д. и моста Британія.

Фермы этого типа примѣнялись прежде къ перекрытію пролетовъ до 40 саж. (при трубчатыхъ фермахъ пролеты доходятъ до 65,7 саж.); но въ настоящее время подобные пролеты перекрываются фермами со сквозной стѣнкой, что значительно выгоднѣе; типы же со сплошной стѣнкой употребляются для пролетовъ до 7—8 саж.

Фермы представляютъ въ поперечномъ вертикальномъ сѣченіи—двухътавровое сѣченіе, преимущественно симметричное (черт. 314). Сплошная стѣнка состоитъ изъ одного, и рѣдко изъ двухъ склепанныхъ листовъ, а пояса — изъ двухъ уголковъ и ряда горизонтальныхъ листовъ, большую частью однообразной толщины.

Уголки пояса и первый горизонтальный листъ продолжаютъ во всю длину фермы, а остальные ряды горизонтальныхъ листовъ пояса наклепываются на извѣстномъ протяженіи (черт. 314). Фермы со сплошной стѣнкой большею частью одинаковой высоты по всей длинѣ фермы. Отношеніе высоты къ пролету отъ  $\frac{1}{11}$  до  $\frac{1}{9}$ .

Толщина вертикальной стѣнки измѣняется отъ  $\frac{3}{8}$  д. до  $\frac{5}{8}$  д.; уголки поясовъ бываютъ равнобокіе и неравнобокіе, наименьшіе размѣры:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д., наибольшіе:  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  д.; толщина листовъ пояса измѣняется отъ  $\frac{5}{16}$  до  $\frac{1}{2}$  д., ширина отъ 7 д. до 36 д., приче́мъ ширина пояса дѣлается обыкновенно въ  $\frac{1}{6}$  высоты фермы. Диаметръ заклепокъ измѣняется отъ  $\frac{3}{4}$  до  $\frac{5}{16}$  дюйм.; разстояніе между заклепками сохраняется обыкновенно постояннымъ по всей длинѣ и высотѣ фермы, составляя отъ 3,5 до 6 дюйм. между осями заклепокъ (наиболѣе употребительное разстояніе—4 дюйм.). Наименьшее разстояніе оси заклепки отъ края листа 1,5 дюйм., но лучше 2 дюйма.

При длинѣ фермы до 21 ф.—24 ф. стѣнка составляется изъ одного цѣльнаго листа, безъ стыка; при большей длинѣ — необходимо дѣлать стыки. То же самое имѣетъ мѣсто, если высота фермы превосходить 5 ф.—6 ф.; въ этихъ случаяхъ необходимо помѣстить нѣсколько листовъ одинъ надъ другимъ, располагая ихъ въ длину, или же ставить листы стоймя, причемъ въ послѣднемъ случаѣ разстояніе между стыками равняется ширинѣ употребленныхъ листовъ, т. е. около 30—36 дюйм. (черт. 315). Стыки стѣнки перекрываются двойной накладкой, доходящей до поясныхъ уголковъ (черт. 314) и толщиной не менѣе половины толщины стѣнки, увеличенной на 33—40<sup>0</sup>/<sub>100</sub>; во всякомъ случаѣ толщина не должна быть менѣе  $\frac{3}{8}$  д. Съ каждой стороны стыка помѣщается одинъ или два ряда заклепокъ; въ послѣднемъ случаѣ заклепки по одну сторону стыка ставятся одна противъ другой или въ шахматномъ порядкѣ. При высокихъ фермахъ, гдѣ листы поставлены стоймя и гдѣ нужно обезпечить жесткость стѣнки, стыки перекрываются накладками изъ тавроваго желѣза (черт. 315), или плоскими накладками съ наклепанными на нихъ уголками, особенно если въ данномъ сѣченіи необходимо помѣстить поперечную балку или приклепать поперечную связь; иногда же жесткость еще болѣе усиливается приклепываніемъ составныхъ двутавровыхъ балокъ, образующихъ родъ консоли (черт. 315). При низкихъ фермахъ, гдѣ разстояніе между стыками отъ 10 до 24 ф., стыки располагаютъ иногда въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ необходимо помѣстить уголки для прикрѣпленія къ фермамъ вертикальныхъ поперечныхъ связей: такимъ путемъ избѣгается необходимость нагибать вертикальные уголки связей на поясные уголки (черт. 316), сберегаются заклепки, и видъ фермы красивѣе; но съ другой стороны это связываетъ въ назначеніи длины листа стѣнки. Стыки поясныхъ уголковъ перекрываются уголками того же сѣченія, причемъ стыки парныхъ уголковъ помѣщаются или одинъ противъ другого, или на разстояніи длины полунакладки (черт. 317); заклепки ставятся какъ въ вертикальной, такъ и въ горизонтальной полкѣ уголковъ въ шахматномъ порядкѣ. Стыковой уголокъ при сохраненіи той же площади, какъ и стыкаемый, иногда выбирается иной формы; полки толще и болѣе узкія, что дѣлается для красоты—чтобы кромки стыковаго уголка не выступали изъ-за общаго очертанія (черт. 318). Стыки горизонтальныхъ листовъ перекрываются одиночной накладкой такой же ширины и толщины, какъ и стыкаемый листъ. Если поясъ состоитъ изъ нѣсколькихъ листовъ, то для сокращенія длины накладокъ стыки группируются въ одномъ мѣстѣ, образуется такъ называемый *ступенчатый* стыкъ, перекрываемый общей накладкой (черт. 319). Концы этой накладки заходятъ за крайніе стыки на такую длину, которая соотвѣтствуетъ разстоянію между стыками смежныхъ листовъ; иногда впрочемъ конецъ накладки,



соотвѣтствующій наиболѣе удаленному отъ накладки стыку, дѣлается длиннѣе на одинъ рядъ заклепокъ. Если горизонтальные листы разнообразной толщины—что дѣлается во всякомъ случаѣ съ разницею не болѣе какъ па  $\frac{1}{8}$  д.,—то общая накладка, перекрывающая ступенчатый стыкъ, имѣеть сѣченіе, соотвѣтствующее наиболѣе толстому листу. Обыкновенно имѣется въ виду, чтобы стыки стѣнки, поясныхъ уголковъ и листовъ не встрѣчались въ одномъ вертикальномъ сѣченіи; но съ другой стороны необходимо также, чтобы стыки составныхъ частей фермы были сосредоточены группами въ одномъ мѣстѣ,—иначе затруднится перевозка частей, предварительно уже склепанныхъ на заводѣ.

Во избѣжаніе выпучиванія вертикальной стѣнки пояса приклепываются на извѣстномъ разстояніи (около 3—4 ф.) уголки жесткости или тавры; уголки эти нагибаются на поясные уголки (черт. 314).

На опорѣ къ вертикальному листу приклепывается рядъ уголковъ для образованія опорной стойки; болшею частью на нѣкоторомъ разстояніи (около 12 д.) отъ конца фермы приклепываются съ обѣихъ сторонъ по два уголка (черт. 314), а всего четыре, и между ними зажимается иногда вертикальный листъ; затѣмъ къ краю стѣнки приклепывается пара уголковъ и сзади—вертикальный листъ. Эта система уголковъ вмѣстѣ съ соотвѣтственной частью стѣнки и составляетъ опорную стойку.

На черт. 320 показаны балочныя фермы со сплошной стѣнкой, пролетомъ въ свѣту (т. е. между стѣнками устоя) въ 5 саж. Ферма состоитъ изъ вертикальнаго листа  $48 \times \frac{3}{8}$  д., а каждый изъ поясовъ — изъ двухъ уголковъ  $4 \times 4 \times \frac{1}{2}$  д. и изъ горизонтальнаго листа  $8,5 \times \frac{1}{2}$  д., причеъ на извѣстномъ протяженіи имѣется еще добавочный листъ сѣченіемъ:  $8,5 \times \frac{3}{8}$  д.

На эпорѣ составныхъ частей стѣнки и поясовъ показаны соотвѣтственные размѣры. Такъ вся длина фермы: 38 ф. 11 д.; стѣнка составлена по длинѣ изъ трехъ листовъ въ 13 ф. 11,5 д., 11 ф. и 13 ф. 11,5 д. Оба уголка пояса также изъ двухъ частей; для одного уголка назначены длины: 11 ф. 7,5 д. и 27 ф. 3,5 д., а для другого уголка: 13 ф. 7,5 д. и 25 ф. 3,5 д.,—что сдѣлано для того, чтобы стыки не только смежныхъ уголковъ, но и уголковъ верхняго и нижняго поясовъ не приходились въ одномъ сѣченіи. Первый горизонтальный листъ состоитъ изъ двухъ частей длиною: 24 ф. 7,5 д. и 14 ф. 9,5 д. Стыки обѣихъ поясовъ и стѣнки такъ расположены, что они нигдѣ не встрѣчаются въ одномъ сѣченіи, хотя и скучены; имѣются слѣдующія послѣдовательныя длины, считая отъ лѣвой опоры: 11 ф.  $7\frac{1}{2}$  д., 13 ф.  $7\frac{1}{2}$  д., 13 ф.  $11\frac{1}{2}$  д. и 14 ф.  $9\frac{1}{2}$  д. Стыкъ горизонтальнаго листа  $8,5 \times \frac{1}{2}$  д.—перекрытъ накладкой сѣченія  $8,5 \times \frac{1}{2}$  д., длиною 3 ф. 4 д. и помѣщенной поверхъ втораго листа сѣченіемъ:  $8,5 \times \frac{3}{8}$  д. Накладки между

прочимъ показаны и на чертежѣ плана нижнихъ связей (заштрихованы). На эпюрѣ поясовъ обыкновенно показываются только накладки горизонтальныхъ листовъ поясовъ; накладки стыковъ уголковъ пояса и стѣнки показываются всегда на чертежахъ плана и фасада фермъ. Такъ напр. на чертежѣ плана верхнихъ связей и на чертежѣ фасада показаны (заштрихованными) угловыя накладки и накладки вертикальной стѣнки. Уголки жесткости помѣщены съ наружной стороны и нагнуты на полные уголки; съ внутренней стороны приклепаны вертикальные уголки для прикрѣпленія вертикальныхъ поперечныхъ связей. Опорная стойка состоитъ изъ двухъ уголковъ, приклепанныхъ къ стѣнкѣ на разстояніи 12 д. отъ края фермы и изъ двухъ полокъ, двухъ уголковъ и листа, приклепанныхъ къ краю фермы. Верхнія и нижнія горизонтальныя связи состоятъ изъ распорокъ и діагоналей; крайнія распорки представляютъ въ сѣченіи два уголка, а промежуточныя—одинъ уголокъ  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. Одна система діагоналей сдѣлана жесткаго сѣченія (изъ уголковъ  $3 \times 2 \times \frac{3}{8}$  д.), а вторая система—изъ полосъ  $3 \times \frac{3}{8}$  д. Діагонали и распорки приклепаны къ поясу помощью фасонныхъ накладокъ, приклепанныхъ къ внутренней сторонѣ пояса. Какъ жесткіе, такъ и плоскіе раскосы приклепаны съ одной и той же стороны фасонной накладки. Для прикрѣпленія діагоналей вертикальныхъ поперечныхъ связей приклепаны фасонныя накладки къ распоркамъ и къ уголкамъ жесткости (чертежъ поперечнаго разрѣза). Передача давленія отъ фермъ на опоры совершается при помощи опорной подушки, обыкновенно чугунной (черт. 320). Одинъ конецъ фермы скрѣпляется съ опорой неподвижно, а другой конецъ можетъ по ней свободно скользить въ зависимости отъ измененія температуры. Подушка подвижной опоры состоитъ изъ двухъ частей: нижняя доска на глухо вдѣлана въ подферменный камень, а верхняя прикрѣплена къ нижнему поясу фермы помощью болтовъ съ потайными головками, составляетъ съ нимъ одно цѣлое и можетъ скользить по нижней подушкѣ. Обѣ соприкасающіяся плоскости должны быть тщательно оструганы. Подушка неподвижной опоры устроена въ данномъ примѣрѣ по тому же образцу, съ тою только разницею, что въ нижней неподвижной подушкѣ высверлены два цилиндрическихъ углубленія (на половину толщины доски) противъ соответственныхъ заклепочныхъ отверстій пояса, и сверху завинченъ наглухо винтъ, скрѣпляющій такимъ образомъ конецъ фермы съ неподвижной подушкой.

При малыхъ пролетахъ нераціонально класть чугунныя подушки непосредственно на подферменный камень. Предпочитають помѣщать между ними упругую прокладку въ видѣ деревяннаго мауэрлата. На черт. 321 показанъ одинъ изъ наиболѣе простыхъ типовъ; двойной мауэрлатъ прикрѣпляется помощью стяжныхъ болтовъ къ вертикальной полкѣ уголка,

наглухо прикрѣпленнаго къ подферменному камню. Къ мауерлату привинчивается чугунная подушка, а остальное — согласно предыдущему. При болѣе значительныхъ пролетахъ подвижная опора опирается на катки, причемъ нерѣдко для обѣихъ опоръ употребляется балансирь; объ этомъ будетъ сказано при описаніи фермъ со сквозной стѣнкой.

Какъ упомянуто выше, въ настоящее время уже не строятся фермы со сплошной стѣнкой для большихъ пролетовъ. На С.-Петербур.-Варшавской ж. д. имѣется подобный мостъ черезъ р. Нѣманъ близъ Ковно. Мостъ подъ два пути съ ѣздою по-низу; всего шесть пролетовъ; два средніе величиною по 36,783 саж., слѣдующіе два пролета—но 33,503 и крайніе—по 6,173 саж. На протяженіи четырехъ среднихъ пролетовъ—фермы представляютъ неразрѣзную балку. Высота фермы 21,89 ф.; стѣнка состоитъ изъ листовъ, поставленныхъ стоймя, толщиною отъ 9,5 мм. до 7 мм.; ширина листовъ 32,3 дюйм., а длина 10,92 фут. По высотѣ фермы помѣщаются два листа такъ, что на половинѣ высоты фермы имѣется стыкъ, перекрытый двойной плоской накладкой; вертикальные стыки на взаимномъ разстояніи въ 32,3 дюйма перекрыты таврами съ однимъ рядомъ заклепокъ съ каждой стороны стыка; каждый третій стыкъ, соотвѣтствующій прикрѣпленію поперечной балки, перекрытъ двойной плоской накладкой съ двумя рядами заклепокъ съ каждой стороны стыка, а поверхъ накладки приклепана двутавровая консоль, подобно тому, какъ это указано на черт. 315. Ширина листовъ пояса 35,28 дюйм.; наибольшее число листовъ—7, толщиною  $\frac{5}{16}$  дюйм.; поперечная балка приклепана въ нахлестку къ вертикальному листу двутавровой консоли. Общій вѣсъ желѣза въ четырехъ среднихъ пролетахъ 115.466 нуд., а въ крайнихъ двухъ пролетахъ 3.984 пуд., чугуна въ среднихъ пролетахъ 4.200 пуд., а въ крайнихъ 348; всего поставлено 468.029 заклепокъ.

Иногда въ виду значительной ширины пояса и незначительной мѣстами толщины его—стыковые тавры и уголки составной двутавровой консоли, доходя до горизонтальныхъ листовъ, отгибаются и приклепываются къ горизонтальнымъ листамъ, какъ это показано на черт. 322. При широкихъ поясахъ, доходящихъ до 36 дюйм., какъ напр. въ Лангонскомъ мосту—во избѣжаніе прогиба краевъ листовъ, примѣняется приспособленіе, указанное на черт. 323.

Пролетныя части моста «Британія» чрезъ Меиэйскій проливъ представляютъ собою трубчатую ферму со сплошными стѣнками, съ верхнимъ и нижнимъ днищемъ (черт. 324). Мостъ о четырехъ пролетахъ; два средніе величиною 458 ф. 8 дюйм.; два крайніе но 230 ф.; мостъ подъ два пути, для каждаго пути самостоятельная труба. Высота фермы 30 фут., ширина 14 фут. Стѣнка состоитъ изъ листовъ, поставленныхъ стоймя, и толщиною отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{5}{8}$  д., ширина листовъ—2 ф., длина отъ

6 ф. 6 дюйм. до 8 ф. 8 дюйм.—такъ, что по высотѣ помѣщаются въ послѣдовательномъ порядкѣ 3 и 4 листа; горизонтальные стыки стѣнки перекрываются плоскими накладками; вертикальные стыки—тавровыми накладками или плоскими накладками, поверхъ которыхъ помѣщены по два уголка съ закатамъ между ними вертикальнымъ листомъ въ видѣ консоли. Нижнее днище состоитъ изъ двухъ поясовъ, по два ряда листовъ въ каждомъ поясѣ; между обоими поясами семь продольныхъ сплошныхъ стѣнокъ двутавроваго сѣченія высотой 1 ф. 9 дюйм.; длина горизонтальныхъ листовъ—12 ф., ширина 2 ф. 4 дюйм.; толщина изменяется отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{9}{16}$  дюйм. Верхнее днище состоитъ также изъ двухъ поясовъ, но только по одному ряду листовъ въ каждомъ поясѣ и толщиной отъ  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{3}{8}$  дюйм.; число продольныхъ стѣнокъ—9. Верхнее и нижнее днище прикрѣплены къ стѣнкамъ помощью консолей. Рельсовый путь уложенъ на продольныхъ лежняхъ. На весь мостъ (подъ два пути) употреблено 9.360 тоннъ желѣза, 1.015 тоннъ чугуна; фермы состоятъ изъ 186.000 отдѣльныхъ частей, имѣютъ 7.000.000 заклепочныхъ отверстій и 2.000.000 заклепокъ.

**Балочныя фермы со снвозной стѣнной, рѣшетчатой системы.**

Фермы этой системы состоятъ изъ двухъ поясовъ, прямолинейныхъ или криволинейныхъ, взаимно соединенныхъ по концамъ вертикальной или наклонной стойкой, а на всемъ остальномъ протяженіи наклонными раскосами (рис. 13). Сквозное заполненіе между поясами можетъ быть безъ взаимнаго пересѣченія раскосовъ (черт. 325); такія фермы называются фермами треугольной системы или при равнобедренныхъ треугольникахъ—фермами Невилля, а при равностороннихъ—фермами Варрена. На черт. 326 представлена ферма съ однимъ пересѣченіемъ раскосовъ, причемъ одной большой панели соотвѣтствуютъ двѣ малыхъ панели. (Въ рѣшетчатыхъ фермахъ *большою* панелью называется разстояніе по поясу между двумя раскосами, сходящимися въ одной точкѣ на противоположномъ поясѣ; *малая* панель— есть разстояніе между двумя смежными узлами). На (рис. 13) изображена ферма съ тройнымъ пересѣченіемъ раскосовъ, состоящая изъ четырехъ простыхъ фермъ, съ четырьмя малыми панелями въ одной большой панели. На черт. 327 показана ферма съ четырьмя пересѣченіями раскосовъ, съ пятью малыми панелями и т. д. При четномъ числѣ составныхъ системъ раскосовъ, крайніе раскосы, пересѣкающіе опорную стойку гдѣ либо по высотѣ ея (рис. 13), иногда сводятся къ оконечностямъ стойки (черт. 328). Въ Америкѣ нерѣдко встрѣчаются фермы (черт. 329) съ системой рѣшетки изъ большихъ треугольниковъ, причемъ <sup>12</sup> большая панель подраздѣлена на малыя промежуточными стяжками (*a*), стойками (*b*) и раскосами (*c*). На (черт. 330)

показанъ типъ фермы, въ которой большая панель подраздѣлена стяжками и стойками на двѣ малыя панели. (Подобный типъ примѣненъ въ мостѣ чрезъ р. Сулу на Ромны-Кременчугской ж. д., гдѣ фермы имѣютъ свѣшивающіеся концы (черт. 331).

Въ существующихъ образцахъ рѣшетчатыхъ фермъ, съ взаимнымъ пересѣченіемъ раскосовъ (черт. 326, 327 и 328) величина малой панели весьма разнообразна. Въ зависимости отъ этой величины рѣшетчатая ферма подраздѣляется на фермы: а) съ малыми панелями до 4 ф.; б) съ панелями средней величины отъ 4 до 7 ф. и в) съ панелями большихъ размѣровъ отъ 7 до 14 ф. Въ фермахъ первой группы—нынѣ уже оставленной—обѣ системы раскосовъ имѣютъ плоское сѣченіе (что нерационально, такъ какъ одна система раскосовъ работаетъ на вытягиваніе, а другая на сжатіе), причемъ, для увеличенія жесткости стѣнки относительно бокового выпучиванія, помѣщаются мѣстами стойки, не участвующія, впрочемъ, въ общемъ распредѣленіи усилій (черт. 332). Къ этому типу относится между прочимъ мостъ чрезъ р. Бугъ на СПб.-Варшавской ж. д.). Въ фермахъ второго и третьяго типовъ, одна система раскосовъ дѣлается плоскаго сѣченія, другая—жесткаго сѣченія; иногда обѣ системы раскосовъ—жесткаго сѣченія, причемъ въ обоихъ случаяхъ уже не помѣщаются стойки съ вышеупомянутой цѣлью.

Фермы рѣшетчатой системы съ нѣсколькими пересѣченіями раскосовъ преимущественно употребляются для мостовъ съ ѣздою по-верху, рѣже—для мостовъ съ ѣздою по-низу и въ исключительныхъ случаяхъ — для мостовъ съ ѣздою по серединѣ. Въ послѣднемъ случаѣ приходится помѣщать стойки для возможности прикрѣпленія проѣзжей части, что бесполезно увеличиваетъ вѣсъ фермы. Фермы треугольной системы, т. е. безъ взаимнаго пересѣченія раскосовъ и съ большою панелью, подраздѣленной стяжками на малыя, можно удобно примѣнять и для мостовъ съ ѣздою по серединѣ (черт. 330 и 331), приклеивая поперечныя балки къ промежуточнымъ стяжкамъ и стойкамъ (мостъ чрезъ р. Сулу на Ромны-Кременчугской ж. д.).

Высота фермъ дѣлается отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{10}$  пролета; наиболѣе употребительный уголъ наклоненія раскосовъ къ горизонту  $45^\circ$ . Пролетъ въ 8 саж. слѣдуетъ считать наименьшимъ предѣломъ, когда уже выгодно примѣнять ферму со сквозной стѣнкой.

Въ однопролетныхъ фермахъ усиліе въ поясахъ увеличивается отъ опоръ къ серединѣ пролета; въ частяхъ же рѣшетки обратно: усилія увеличиваются по мѣрѣ приближенія къ опорамъ. Такимъ образомъ наибольшее сѣченіе поясовъ встрѣчается около середины пролета, а наибольшее сѣченіе раскосовъ—около опоръ. Въ многопролетныхъ неразрѣзанныхъ фермахъ наибольшее сѣченіе поясовъ имѣетъ мѣсто надъ проме-

жуточными опорами и около середины пролетовъ; наибольшее же сѣченіе раскосовъ—около крайнихъ и промежуточныхъ опоръ.

Пояса фермъ дѣлаются большею частью тавроваго и коробчатого сѣченій (черт. 333 и 334); первый типъ употребляется для пролетовъ до 25—30 саж. Высота вертикальной стѣнки измѣняется отъ 12 до 30 д., толщина отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{5}{8}$  д. (иногда толщина увеличивается склепываніемъ двухъ листовъ); длина отдѣльных листовъ измѣняется отъ 10 до 24 ф.; наибольшій предѣлъ длины листа опредѣляется вѣсомъ его, который не долженъ превосходить 25 пудовъ. Горизонтальные листы пояса измѣняются въ тѣхъ же предѣлахъ, причѣмъ толщина ихъ дѣлается обыкновенно не болѣе  $\frac{1}{2}$  д., наименьшая же длина составляетъ около 6 ф. Обыкновенно при составленіи проекта имѣютъ въ виду возможно болѣе ограничить разнообразіе въ длинѣ листовъ пояса и уменьшить число стыковъ. Сѣченіе поясныхъ уголковъ измѣняется отъ  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  до  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  д.; длина уголковъ доходить до 35 ф. Въ коробчатыхъ поясахъ разстояніе между стѣнками измѣняется отъ 14 до 20 д. Для увеличенія жесткости нижняго края вертикальнаго листа сжатого пояса или для увеличенія жесткости свѣшивающагося края широкаго горизонтальнаго листа пояса—приклепываются уголки жесткости (черт. 333). Вертикальные листы пояса сохраняются однообразной ширины по всей длинѣ фермы; весьма рѣдко, впрочемъ, высота ихъ увеличивается вблизи опоръ съ цѣлью помѣщенія большаго числа заклепокъ для прикрѣпленія широкихъ раскосовъ. Поясные уголки и первый горизонтальный листъ тавровыхъ поясовъ продолжаютъ во всю длину фермы; слѣдующіе горизонтальные листы наклепываются только на извѣстномъ протяженіи. Сѣченіе пояса сохраняется постояннымъ въ предѣлахъ малой панели; поэтому всякое измѣненіе сѣченія должно быть сдѣлано въ началѣ панели. Съ другой стороны для того, чтобы вновь наклепываемый листъ могъ работать въ данномъ сѣченіи, необходимо, чтобы онъ составлялъ одно цѣлое съ остальною массою пояса, т. е. необходимо, чтобы до этого сѣченія вновь прибавляемый листъ былъ уже неразрывно связанъ съ поясомъ достаточнымъ числомъ заклепокъ. На этомъ основаніи всѣ наклепываемые добавочные листы начинаются всегда не въ началѣ панели, а нѣсколько ранѣе, въ зависимости отъ числа заклепокъ, которыя необходимы для прикрѣпленія листа къ поясу, что соотвѣтствуетъ примѣрно полудлинѣ накладки. Въ коробчатомъ типѣ поясовъ (черт. 334) первыя панели (гдѣ имѣетъ мѣсто наименьшее усиліе въ поясахъ) состоятъ иногда изъ двухъ вертикальныхъ листовъ и двухъ уголковъ, соединенныхъ по-верху рѣшеткой; затѣмъ съ переходомъ въ слѣдующія панели, по мѣрѣ увеличенія усилія въ поясахъ, наклепываютъ два остальныхъ уголка, сохраняя между ними рѣшетку, потомъ первый горизонталь-

ный листъ, второй и т. д. Стыки горизонтальныхъ листовъ располагаются въ ступенчатомъ порядкѣ, съ перекрытіемъ общей накладкой.

Раскосы плоскаго сѣченія приклепываются къ вертикальному листу въ нахлестку (черт. 335) или въ притыкъ (черт. 336) и въ послѣднемъ случаѣ—помощью двухъ накладокъ. Жесткіе раскосы, состоящіе изъ уголковъ, тавровъ и пр., приклепываются къ поясу только въ нахлестку. Ширина плоскихъ раскосовъ измѣняется отъ 4 до 20 д., толщиной отъ  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{5}{8}$  дюйм., причемъ каждый раскосъ можетъ состоять изъ одной и двухъ полосъ. Раскосы жесткаго сѣченія составляются (черт. 337) изъ уголковъ сѣченія:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  дюйм.— $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  дюйм.; каждый раскосъ можетъ состоять: а) изъ одного или двухъ уголковъ, взаимно склепанныхъ или соединенныхъ рѣшеткой, б) изъ четырехъ уголковъ, въ видѣ креста, в) изъ четырехъ и восьми уголковъ, соединенныхъ рѣшеткой или стѣнкой, съ сѣченіемъ въ видѣ двойного тавра, г) изъ четырехъ, восьми и шестнадцати уголковъ, соединенныхъ рѣшеткой или сплошной стѣнкой и образующихъ трубчатое сѣченіе. Другіе типы поясовъ и раскосовъ, а также детали прикрѣпленія къ поясу и взаимнаго пересѣченія указаны ниже въ особомъ параграфѣ: «детали устройства составныхъ частей фермъ со сквозной стѣнкой».

Въ плоскости нижнихъ и верхнихъ поясовъ (если позволяетъ габаритъ) помѣщаются горизонтальныя связи, а въ мостахъ съ ѣздою поверху ставятся еще поперечныя связи. За неизмѣнимъ стоекъ, поперечныя связи помѣщаются большею частью въ плоскости сжатыхъ раскосовъ, чрезъ одинъ или два раскоса, въ зависимости отъ величины малой панели.

Давленіе на опоры передается помощью опорныхъ подушекъ, подвижныхъ и неподвижныхъ. Пролетъ въ 50 саж. (мостъ чрезъ р. Волгу на Рыбинско-Бологовской ж. д.), повидимому, наибольшій изъ перекрытыхъ фермами рѣшетчатой системы обыкновеннаго типа.

Въ сооруженномъ недавно въ Шотландіи Фортскомъ мосту типа, указанного на рис. 21, т. е. со свѣшивающимися концами, причемъ по устройству стѣнки фермы принадлежатъ къ тину рѣшетчатыхъ съ однимъ пересѣченіемъ раскосовъ, — полная величина среднихъ пролетовъ, перекрытыхъ двумя свѣшивающимися концами и одной промежуточной фермой, составляетъ 245 саж.; наибольшая длина наружнаго свѣшивающагося конца: 98,8 саж., длина промежуточной фермы: 71,6 саж.

На черт. 338 показаны пролетныя части съ фермами рѣшетчатой системы одного изъ мостовъ Вильно-Ровенскаго участка Полѣскихъ ж. д.—пролетомъ въ 20 саж. въ свѣту.

Мостъ съ ѣздою поверху; длина между осями опорныхъ стоекъ 145 фут. 8 дюйм., высота фермы 16 фут. (около  $\frac{1}{8}$  пролета), разстоя-

ние между фермами 11 фут., т. е.  $\frac{2}{3}$  от высоты фермы; по длине фермы помещается  $4\frac{3}{4}$  больших панелей и 19 малых панелей, длиной каждая 7 фут. 8 дюйм. Оба пояса таврового сечения; вертикальный лист сечения:  $16 \times \frac{3}{8}$  дюйм., уголки:  $4 \times 4 \times \frac{7}{16}$  д. и первый горизонтальный лист:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм., продолженный во всю длину пояса; наибольшее число горизонтальных листов в верхнем поясе—четыре, а в нижнем—пять. Эпюра поясов показывает, что в верхнем поясе сечение из вертикального листа, двух уголков и одного горизонтального листа сохраняется на протяжении трех первых панелей; в четвертой панели приклепан добавочный лист  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и уголок  $4 \times 4 \times \frac{5}{16}$  дюйм., прикрепленный к краю горизонтального листа, что видно из сечения, сделанного по поясу близ узла № 3. Этот уголок тянется до третьей панели около другого конца фермы. Согласно эпюре, добавочный лист  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. продолжен за начало панели на 20 д., а уголок  $4 \times 4 \times \frac{5}{16}$  дюйм.—на 14 дюйм.; только при соблюдении этого условия и можно рассчитывать, что лист и уголок начинают работать уже в сечении узла № 3. Сечение пояса в пятой панели составляется из предыдущего с прибавлением двух полос  $5 \times \frac{3}{8}$  д., помещенных рядом с листом:  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и с прибавлением еще листа:  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм., наклепанного на нижний лист:  $8 \times \frac{3}{8}$  д. (см. эпюра и сечение пояса у узла № 4). Каждый из листов  $5 \times \frac{3}{8}$  дюйм. продолжен за начало панели на 18 дюйм., а лист  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм.—на 20 дюйм. В шестой панели к предыдущему сечению прибавляется: 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  дюйм.) в начале панели, а в конце панели взаимно шести листов:  $8 \times \frac{3}{8}$  д., 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д.),  $8 \times \frac{3}{8}$  д. и 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д.), помещены равные им по сечению два листа:  $18 \times \frac{3}{8}$  д. Оба перехода сделаны в разных сечениях, так как имеется два ряда листов; если бы переходы были сделаны в одном сечении, пришлось бы перекрывать стыки накладкой двойной толщины; ввиду этого, переход от первого ряда листов:  $5 \times \frac{3}{8}$ ,  $8 \times \frac{3}{8}$  и  $5 \times \frac{3}{8}$  д. к листу:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм. сделан в одном сечении, второй подобный же переход—в другом сечении, удаленном от предыдущего на 20 дюймов. Эти стыки, а также стык первого нижнего горизонтального листа перекрыты одной общей накладкой длиной в 7 фут. и все стыки раздвинуты на 20 дюйм. В седьмой панели горизонтальная часть пояса состоит из трех листов:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и из листа:  $10 \times \frac{3}{8}$  д.; в восьмой панели прибавлено 2 ( $4 \times \frac{3}{8}$  д.), и обе эти полосы приклепаны на 18 дюйм. ранее начала восьмой панели; в девятой и десятой панелях сохраняется то же сечение, причем листы:  $8 \times \frac{3}{8}$  и 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д. заматываются одним, равным им по сечению:  $18 \times \frac{3}{8}$  д. Этот последний стык поставлен так, чтобы подвести под



одну общую накладку стыки всѣхъ промежуточныхъ горизонтальныхъ листовъ; длина накладки: 8 фут. 8 дюйм. Первый стыкъ перваго горизонтальнаго листа перекрытъ въ третьей панели накладкой длиною 3 фут. 4 дюйма. Чертежъ фасада фермы показываетъ, что къ нижнему ребру вертикальнаго листа верхняго пояса, во избѣжаніе искривленія, въ промежуткѣ между раскосами, приклепанъ уголокъ:  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$  дюйм.

Нижній поясъ составленъ подобнымъ же образомъ, съ тѣмъ только отличіемъ, что въ немъ всего пять горизонтальныхъ листовъ, не имѣется уголка:  $4 \times 4 \times \frac{5}{16}$  д., приклепаннаго къ ребру горизонтальнаго листа; затѣмъ измѣненіе площади сѣченія при переходѣ отъ одной панели къ другой происходитъ на величину площади листа  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм., за исключеніемъ 7-ой и 8-ой панелей, гдѣ измѣненіе сѣченія въ одномъ случаѣ на величину:  $10 \times \frac{3}{8}$  д., а въ другомъ на величину:  $2 (8 \times \frac{3}{8}$  д.).

Стыки вертикальныхъ листовъ расположены по серединѣ панели и вблизи стыковъ горизонтальныхъ листовъ, по не въ одномъ сѣченіи. Около тѣхъ же сѣченій помѣщены и стыки уголковъ, что, какъ упомянуто было ранѣе, дѣлается для удобства перевозки отдѣльныхъ склепанныхъ частей. Двойныя накладки стыка вертикальнаго листа — длиною 2 фут. 4 дюйм. и сѣченія  $16 \times \frac{3}{8}$  дюйм., заклепки расположены въ шахматномъ порядкѣ. Изъ чертежа плана нижнихъ связей (см. третью панель) ясно видно, что стыки уголковъ передвинуты одинъ относительно другого на половину длины стыковой накладки. Изъ того же чертежа слѣдуетъ, что заклепки въ накладкахъ стыковъ горизонтальныхъ листовъ расположены въ шахматномъ порядкѣ, причемъ для уменьшенія длины накладки и выступающихъ концовъ добавочныхъ листовъ — разстояніе между смежными заклепками въ каждомъ изъ рядовъ сдѣлано равнымъ 4 дюйм.; на остальномъ же протяженіи панели прикрѣпленіе листа къ поясу сдѣлано также четырьмя рядами заклепокъ, но только заклепки, соотвѣтствующія пояснымъ уголкамъ, размѣщены на разстояніи 4 дюйм.; заклепки же крайнихъ рядовъ поставлены на разстояніи 12 дюйм. Шахматное расположеніе заклепокъ представляетъ ту выгоду, что въ одномъ и томъ же сѣченіи встрѣчается менѣе заклепочныхъ отверстій, и слѣдовательно имѣетъ мѣсто меньшее ослабленіе сѣченія пояса.

Разсматривая эпюру, замѣчаемъ, что поясные уголки и первый горизонтальный листъ сдѣланы въ верхнемъ поясѣ длиннѣе, чѣмъ въ нижнемъ. Это объясняется тѣмъ, что въ верхнемъ поясѣ (см. фасадъ) нужно было поставить консоль поперечной балки, что и потребовало выдвинуть вертикальный листъ. Затѣмъ та же эпюра показываетъ, что вертикальный листъ верхняго пояса начинается лишь на разстояніи 3 ф. 6 д., считая отъ оси опорной стойки, а въ нижнемъ поясѣ — на разстояніи 1 ф. 2 д., въ поясненіе сего изъ чертежа фасада явствуетъ, что въ верхнемъ поясѣ

вблизи опорной стойки, вертикальный листъ замѣненъ фасонной вставкой, длиною 4 ф. 10 д., замѣняющей, между прочимъ, и вертикальный листъ стойки; въ нижнемъ же поясѣ вертикальный листъ доходить вплотную до вертикальнаго листа стойки, и стыкъ перекрываетъ двойной фасонной накладкой.

Нисходящіе раскосы, т. е. раскосы, нижній конецъ которыхъ направленъ къ серединѣ пролета,—плоскаго сѣченія, какъ подвергающіеся исключительно вытягиванію. Всѣ раскосы одинаковой толщины, но различной ширины: наибольшая ширина у опоръ 14,5 д., наименьшая около середины пролета 4,5 д.; толщина раскосовъ— $\frac{1}{2}$  д., равна толщинѣ вертикальнаго листа пояса. Всѣ вытянутые раскосы помѣщены въ плоскости вертикальнаго листа пояса (т. е. въ притыкъ къ поясу) и прикрѣплены къ нему помощью двойныхъ накладокъ толщиной  $\frac{3}{8}$  д. и заклепками діаметромъ  $\frac{7}{8}$  д. Послѣдній вытянутый раскосъ (не показанный на чертѣ) жесткаго сѣченія; вообще слѣдуетъ замѣтить, что вытянутые раскосы около середины пролета, въ виду незначительной площади сѣченія, дѣлаются обыкновенно жесткими во избѣжаніе дрожанія рѣшетки. Восходящіе раскосы—всѣ жесткаго сѣченія; наибольшее сѣченіе у опоръ—изъ четырехъ уголковъ:  $4 \times 4 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и наименьшее—изъ двухъ уголковъ:  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  дюйм. Уголки приклепаны съ обѣихъ сторонъ вертикальнаго листа пояса; въ образовавшійся между уголками промежутокъ въ  $\frac{1}{2}$  д. проходятъ вытянутые раскосы при пересѣченіи ихъ съ сжатými раскосами, причѣмъ въ мѣстахъ пересѣченія помѣщены заклепки. Смежные уголки одного и того же раскоса взаимно соединены по всей длинѣ заклепками, а такъ какъ между уголками имѣется просвѣтъ въ  $\frac{1}{2}$  д., то въ томъ мѣстѣ, гдѣ поставлена заклепка, проложена прокладка толщиной въ  $\frac{1}{2}$  д.

Опорная стойка состоитъ изъ вертикальнаго листа шириною 22 д., изъ четырехъ уголковъ:  $5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$  дюйм., приклепанныхъ въ видѣ креста на разстояніи 15 дюйм. отъ внутренняго ребра листа, затѣмъ изъ двухъ уголковъ:  $5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$  д., приклепанныхъ къ наружному ребру, и изъ уголка:  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$  д., прикрѣпленнаго къ внутреннему краю листа, причѣмъ уголокъ этотъ тянется не во всю высоту стойки и поэтому не принимается въ расчетъ полезной площади. Уголки, образующіе крестъ, не соединены попарно вплотную, но между ними имѣется просвѣтъ въ  $\frac{5}{16}$  д., необходимый для зажатія между уголками фасонныхъ прокладокъ, къ которымъ прикрѣплены діагонали поперечныхъ вертикальныхъ связей (см. черт. поперечнаго разрѣза) и нижняя распорка. На всемъ остальномъ, по высотѣ стойки, протяженіи, т. е. между фасонными прокладками и нижней распоркой, проложена прокладка:  $3\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$  д., заполняющая просвѣтъ между уголками. Равнымъ образомъ, эти же уголки

не прилегаютъ непосредственно къ вертикальному листу стойки, но между уголками и листомъ проложена прокладка толщиною  $\frac{5}{16}$  дюйм., что сдѣлано съ тою цѣлью, чтобъ не нагибать уголки на  $\frac{5}{16}$  дюймовыя накладки, перекрывающія стыки листа стойки съ вертикальнымъ листомъ нижняго пояса и съ фасонной вставкой, составляющей продолженіе вертикальнаго листа верхняго пояса. Такимъ образомъ прокладки продолжаютъ не во всю высоту стойки, а только въ промежуткѣ между упомянутыми стыковыми накладками. Уголокъ жесткости, окаймляющій внутреннее ребро вертикальнаго листа стойки, прерывается по серединѣ.

Въ поперечномъ сѣченіи, совпадающемъ съ осью опорныхъ стоекъ, помѣщены вертикальныя поперечныя связи, состоящія изъ двухъ распорокъ и двухъ крестовъ (см. черт. поперечнаго разрѣза). Діагонали и средняя распорка приклепаны къ фасоннымъ прокладкамъ, а вертикальная стѣнка нижней распорки зажата между уголками опорной стойки. Сѣченіе средней распорки представляетъ два уголка, соединенныхъ рѣшеткой; діагонали состоятъ изъ двухъ уголковъ, причемъ одна система діагоналей приклепана съ одной стороны накладки, а вторая съ другой, такъ что уголки не пересѣкаются въ одной плоскости. На остальномъ протяженіи фермы поперечныя связи помѣщены въ плоскости сжатыхъ раскосовъ, чрезъ одинъ раскосъ, а именно: въ №№ 2, 4, 6 и т. д. и онѣ того же типа, какъ на опорѣ. Проекціи этихъ діагоналей изображены между прочимъ на черт. фасада у раскосовъ №№ 4 и 6.

Верхнія связи состоятъ изъ распорокъ (въ данномъ случаѣ поперечныя балки) и изъ раскосовъ. Раскосы проходятъ черезъ двѣ малыя панели, за исключеніемъ, впрочемъ, раскосовъ въ первой панели, и прикрѣплены къ поясу помощью фасонныхъ накладокъ, приклепанныхъ къ горизонтальнымъ листамъ пояса. Въ крайнихъ панеляхъ раскосы состоятъ изъ двухъ уголковъ, а далѣе изъ одного уголка. Обѣ системы раскосовъ приклепаны съ одной и той же стороны фасонныхъ накладокъ, и слѣдовательно, въ точкѣ взаимнаго пересѣченія раскосы встрѣчаются въ одной плоскости; въ виду сего уголки одной системы раскосовъ не прерываются; уголки же встрѣчныхъ раскосовъ перерѣзаны, и стыкъ перекрываетъ рыбообразной накладкой. Очевидно, что въ данномъ случаѣ нельзя было помѣстить одну изъ системъ раскосовъ съ наружной стороны фасонныхъ накладокъ, такъ какъ при этомъ вертикальная полка уголковъ встрѣтилась бы съ нижнимъ поясомъ поперечной балки (см. поперечный разрѣзъ).

Въ плоскости нижнихъ поясовъ имѣется подобная же система связей; распорки состоятъ изъ уголковъ; діагонали, какъ подверженныя меньшимъ усиліямъ сравнительно съ верхними связями, состоятъ также изъ однихъ уголковъ. Каждая изъ системъ раскосовъ приклепана къ фасон-

нымъ накладкамъ съ различной стороны, такъ что здѣсь не было надобности перерѣзать діагонали.

Опорная подушка на подвижной опорѣ состоитъ изъ чугунной доски, вдѣланной въ подферменный камень; на доскѣ расположенъ рядъ цилиндрическихъ катковъ, взаимно соединенныхъ общей рамой; на каткахъ поставленъ балансиръ, состоящій изъ двухъ частей, между которыми помѣщенъ шарниръ; около этого послѣдняго можетъ вращаться верхняя часть балансира, наглухо скрѣпленная съ поясомъ фермы. Опорная подушка неподвижной опоры подобнаго же устройства, не имѣетъ только катковъ, и нижняя часть балансира плотно прикрѣплена къ доскѣ.

Проѣзжая часть расположена надъ поясами. Поперечныя балки со сплошной стѣнкой однообразной высоты и прикрѣплены къ горизонтальному листу верхняго пояса. Такъ какъ общая толщина горизонтальныхъ листовъ пояса увеличивается по мѣрѣ приближенія къ серединѣ, то, для сохраненія горизонтальности пути, подъ крайнія поперечины подложены прокладки соотвѣтственной толщины. Во избѣжаніе опрокидыванія поперечныхъ балокъ имѣются по концамъ консоли, устройство которыхъ ясно изъ чертежа. Продольныя балки зажаты между поперечными и имѣютъ по длинѣ два уголка жесткости; разстояніе между осями продольныхъ балокъ 5 ф. 3 д., т. е. соотвѣтствуетъ разстоянію между осями рельсовъ. Рельсы прикрѣплены къ шпаламъ, и, для уменьшенія шансовъ излома рельсовъ, въ промежуткахъ между шпалами на продольныя балки положены деревянные бруски. Шпалы длиною 8 и 16 фут.; къ каждой третьей длинной шпальѣ прикрѣплена стойка периль изъ углового желѣза; поручень также изъ уголка, и кромѣ того имѣется еще два прута.

Балочныя фермы со сквозной стѣнной раскосной системы. Сложныя раскосныя фермы по сравненію съ фермами параболическими и Гау. Родъ усилій въ нисходящихъ и восходящихъ раскосахъ. Большая и малая панели. Фермы системы Пети. Описаніе пролетныхъ частей моста черезъ рѣку З. Бугъ.

Фермы этого типа отличаются отъ рѣшетчатыхъ тѣмъ, что одна изъ системъ раскосовъ замѣнена вертикальными стойками или стяжками рис. 14, 15, 18, 20 и 21. Если сверхъ того имѣется вторая система раскосовъ обратнаго направленія, тогда ферма называется *сложной раскосной* фермой (рис. 17). Въ послѣднемъ типѣ фермъ одна система раскосовъ работаетъ на сжатіе, а другая одновременно—на вытягиваніе. Съ такими фермами имѣютъ весьма много общаго, но только по наружному виду, параболическія фермы (рис. 14), со стойками и двумя системами плоскихъ раскосовъ; хотя здѣсь двѣ системы раскосовъ противоположнаго направленія, но одновременно можетъ работать только одна изъ нихъ, смотря по положенію нагрузки на мосту: при движеніи поѣзда съ

одного конца работает одна система, и обратно. Такимъ образомъ указанный примѣръ параболической фермы относится къ группѣ обыкновенныхъ раскосныхъ фермъ. Равнымъ образомъ фермы Гау (черт. 179) съ двумя системами жесткихъ раскосовъ и со стяжками имѣютъ видъ сложной раскосной фермы, но въ дѣйствительности онѣ принадлежатъ къ раскоснымъ фермамъ, такъ какъ по условіямъ конструкціи раскосы этихъ фермъ не могутъ принять вытягивающаго усилія.

Въ средней части обыкновенныхъ раскосныхъ фермъ помѣщаются также обѣ встрѣчныя системы раскосовъ (рис. 14, 15, 18, 20 и 21); но и здѣсь подобно тому, какъ въ параболическихъ фермахъ, одновременно работаетъ только одна изъ системъ раскосовъ въ зависимости отъ положенія подвижной нагрузки.

Во всѣхъ указанныхъ примѣрахъ съ параллельными поясами раскосы имѣютъ *нисходящее* направленіе, и поэтому они работаютъ на вытягиваніе, стойки же—на сжатіе. Раскосы могутъ имѣть и *восходящее* направленіе (черт. 339), и въ этомъ случаѣ при параллельныхъ поясахъ они работаютъ на сжатіе, а стяжки—на вытягиваніе. Раскосныя фермы перваго типа устраиваются преимущественно изъ желѣза; второй типъ менѣе выгоденъ для сего, такъ какъ на сжатіе работаютъ наиболѣе длинныя части рѣшетки (раскосы), а тѣмъ короче подвергающаяся сжатію составная часть фермы, тѣмъ большее усиліе можетъ она на себя принять при данномъ поперечномъ сѣченіи. Сопротивленіе же частей рѣшетки, подвергающихся вытягиванію, не зависитъ отъ длины ихъ, да и кромѣ того желѣзо лучше сопротивляется вытягиванію, а не сжатію. Въ виду сего второй типъ примѣняется въ фермахъ съ раскосами и поясами изъ дерева (фермы Гау), или въ фермахъ съ раскосами и верхнимъ (сжатымъ) поясомъ изъ дерева и съ металлическими стяжками и нижнимъ (вытянутымъ) поясомъ, такъ какъ дерево само по себѣ представляетъ достаточное сопротивленіе сжатію, и необходимое увеличеніе поперечнаго сѣченія, въ виду дешевизны матеріала, не вызываетъ значительныхъ излишнихъ расходовъ.

Замѣтимъ здѣсь кстати, что не всегда нисходящіе раскосы работаютъ на вытягиваніе, а восходящіе — на сжатіе; это зависитъ отъ наружнаго очертанія фермы, т. е. отъ закона измѣненія высоты фермы. Вообще говоря, если высота фермы измѣняется по закону параболы (параболическія фермы), то при нагрузкѣ, равномерно распределенной по всему пролету, ни восходящіе, ни нисходящіе раскосы вовсе не работаютъ. Такъ напр., если имѣемъ параболическія фермы съ верхнимъ криволинейнымъ и нижнимъ прямымъ поясомъ  $abcde$  (черт. 340) и  $a'b'c'd'e'$  (черт. 341), то ни раскосы:  $bf$ ,  $ng$ ,  $tg$  и  $dh$ , ни раскосы:  $n'q'$ ,  $c'f'$ ,  $c'h'$  и  $t'i'$ —не работаютъ. Если при сохраненіи той же максимальной высоты фермы замѣнить верхній

криволинейный пояс какой-либо объемлющей линией, напр. линией *ar se* (черт. 340) и *a' r' s' e'* (черт. 341), соответствующей фермѣ съ параллельными поясами, то въ новыхъ фермахъ нисходящіе раскосы: *rq, kf, my, uy, wh, si* будутъ вытянуты, а восходящіе *a' h', q' m', f' s', h' c', i' w', e' w'*—сжаты. Если обратно замѣнить параболическій пояс—объемлемой линией, напр. ломанной линией *ase* и *a' c' e'*, то нисходящіе раскосы: *lf, ru, oy* и *xh* (черт. 340) будутъ сжаты, а восходящіе: *q' p', f' c', h' c'* и *i' o'* (черт. 341)—вытянуты. Такимъ образомъ параболическое очертаніе служитъ предѣломъ и, слѣдовательно, для всѣхъ фермъ, помѣщающихся внутри параболической, — при сохраненіи того же пролета и высоты, — всѣ нисходящіе раскосы—сжаты, а восходящіе—вытянуты; наоборотъ во всѣхъ фермахъ, внутри которыхъ, при сохраненіи тѣхъ же условій, въ свою очередь помѣщается параболическая ферма—имѣетъ мѣсто обратное явленіе.

Фермы раскоснаго типа имѣютъ взаимно параллельные пояса или расположенные по какой-либо кривой [фермы параболическія (рис. 14 и 21), гиперболическія (рис. 15), полупараболическія (рис. 16)]. *Большою* панелью называется разстояніе между двумя стойками, соответствующее горизонтальной проекціи длины раскоса, напр. *ab* (въ черт. 342); *малая* панель — есть разстояніе между двумя смежными стойками. Если нѣтъ взаимнаго пересѣченія раскосовъ со стойкой — тогда ферма называется *одиночной* раскосной (рис. 14, 15, 18, 20, 21 и черт. 339); при одномъ пересѣченіи она получаетъ названіе *двойной* (рис. 16); при двухъ пересѣченіяхъ — называется *тройной раскосной* (черт. 342) и т. д. Въ двойныхъ и тройныхъ раскосныхъ фермахъ является необходимымъ прикрѣплять два или три раскоса къ одному и тому же мѣсту опорной стойки. Такъ напр., если имѣемъ нисходящіе вытянутые раскосы (рис. 15), то крайніе раскосы прикрѣпляются къ верхней точкѣ опорной стойки. Когда крайніе раскосы довольно широкіе, то это обстоятельство можетъ затруднить правильное размѣщеніе раскосовъ, такъ какъ необходимо, чтобы осевыя линіи раскосовъ направлены были въ точку встрѣчи осевыхъ линій стойки пояса (черт. 343). (Подъ осевыми линіями пояса, стойки и раскоса — подразумѣваются линіи, соединяющія ц. т. послѣдовательныхъ смежныхъ сѣченій). На этомъ основаніи крайнему раскосу даютъ нерѣдко обратное направленіе (черт. 342), причемъ въ данномъ примѣрѣ раскосъ этотъ будетъ уже работать на сжатіе, а соответствующая ему стойка обратится въ стяжку.

Наивыгоднѣйшій уголъ наклоненія раскосовъ около  $55^\circ$  къ вертикали; нерѣдко же дѣлаютъ его около  $45^\circ$ .

Желая имѣть при большихъ пролетахъ одиночную раскосную ферму, съ выгоднымъ угломъ наклоненія раскосовъ, но съ небольшими панелями, часто примѣняютъ ферму системы Пети, изображенную на черт.

344. При ѣздѣ по-верху верхній поясъ подраздѣляется на двѣ части, подпертыя промежуточной стойкой, продолженной до встрѣчи съ раскосомъ; во избѣжаніе изгиба раскоса — нижній конецъ короткой стойки соединенъ со смежнымъ узломъ вспомогательнымъ раскосомъ. При ѣздѣ по-низу—аналогичное этому устройство.

Предѣлы большихъ и малыхъ панелей тѣ же, какъ и въ рѣшетчатыхъ фермахъ.

Фермы раскоснаго типа преимущественно употребляются для мостовъ съ ѣздою по-низу и по-серединѣ, въ виду удобнаго прикрѣпленія поперечныхъ балокъ къ стойкамъ фермъ.

Расположеніе горизонтальныхъ и поперечныхъ связей такое же, какъ и въ рѣшетчатыхъ фермахъ, съ тѣмъ только отличіемъ, что поперечныя связи всегда помѣщаются въ плоскости стоекъ.

Относительно сѣченія поясовъ, постепеннаго ихъ измѣненія при переходѣ отъ одной малой панели къ другой, относительно типовъ раскосовъ, стоекъ, способовъ прикрѣпленія къ поясамъ опорныхъ подушекъ слѣдуетъ замѣтить то же, что было говорено при описаніи рѣшетчатыхъ фермъ. Болѣе же подробное описаніе будетъ приведено въ особомъ параграфѣ «детали устройства составныхъ частей фермъ со сквозной стѣнкой».

Наибольшій пролетъ, перекрытый въ настоящее время фермами раскосной системы, слѣдуетъ признать въ 75,20 саж. (мостъ черезъ р. Гудзонъ, у Пугкипси).

Помѣщаемъ краткое описаніе раскосныхъ фермъ моста черезъ рѣку З. Бугъ, на Брестъ-Холмской ж. д. (черт. 345—350).

Мостъ съ ѣздою по-низу, о трехъ пролетахъ, величинаю каждый въ свѣту въ 35,20 саж.; фермы разрывныя, двойной раскосной системы, при величинѣ малой панели въ 14 ф. Расчетный пролетъ—252 ф.; высота фермы — 28 ф. 8 д., т. е. около  $\frac{1}{9}$  пролета; разстояніе между осями двухъ фермъ—18 ф., а чистая ширина моста—16 ф. Пояса коробчатые (черт. 347) и состоятъ изъ двухъ вертикальныхъ листовъ:  $24 \times \frac{7}{16}$  д., раздвинутыхъ на  $15\frac{1}{2}$  д., изъ четырехъ уголковъ:  $4 \times 4 \times \frac{7}{16}$  д., и изъ нѣсколькихъ рядовъ горизонтальныхъ листовъ толщиной въ  $\frac{7}{16}$  д. Общая ширина горизонтальной части верхняго пояса—26 д., причемъ первый рядъ составленъ изъ листовъ шириною 26 д., а послѣдующіе ряды—изъ двухъ листовъ шириною въ 10 и 16 д., сдвинутыхъ вплотную, съ соблюденіемъ перевязки швовъ при переходѣ отъ одного ряда къ другому. Въ нижнемъ поясѣ общая ширина горизонтальной части— $30\frac{15}{16}$  д.; каждый рядъ составленъ изъ двухъ листовъ шириною 14 д., съ просвѣтомъ въ  $1\frac{5}{16}$  д. для удобнаго стока скопляющейся дождевой воды. Нижний край вертикальныхъ листовъ верхняго пояса окаймленъ кромѣ того уголками:  $3\frac{1}{2} \times 3 \times \frac{5}{16}$  д., не вошедшими въ расчетъ полезной площади

[въ виду того, что они прерываются около узловъ (черт. 345)] и предназначенными лишь для увеличенія жесткости вертикальныхъ листовъ. Измѣненіе сѣченія поясовъ при переходѣ отъ одной панели къ другой ясно видно изъ черт. 347. Такъ напр. въ IV панели горизонтальная часть пояса состоитъ изъ листовъ:  $26 \times \frac{7}{16}$  д.;  $10 \times \frac{7}{16}$  д.;  $16 \times \frac{7}{16}$  д.;  $16 \times \frac{7}{16}$  д. и  $10 \times \frac{7}{16}$  д. и изъ листа  $7\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  д., приклепаннаго снизу, между поясными уголками. Въ V панели добавленъ 4-й рядъ листовъ:  $10 \times \frac{7}{16}$  д. и  $16 \times \frac{7}{16}$  д. и затѣмъ снятъ листъ:  $7\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  д., причемъ, согласно эпорѣ поясовъ, листъ  $7\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  д. доведенъ лишь до узла № 4, а листы  $10 \times \frac{7}{16}$  д. и  $16 \times \frac{7}{16}$  д. начинаются ранѣе этого узла на длину 18 д., т. е. на длину полунакладки. Третій рядъ горизонтальныхъ листовъ, начинающійся у узла № 3, протянуть за этотъ узелъ не на 18 д., какъ бы слѣдовало, а на 4 ф. 4 д.; это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы излишнею длиною этого листа воспользоваться какъ накладкою для перекрытія стыковъ нижележащихъ второго и перваго ряда листовъ. То же самое слѣдуетъ сказать о пятомъ горизонтальномъ листѣ, продолженномъ за узелъ № 5 не на 18 д., а на 7 ф., въ виду необходимости перекрытія четырехъ стыковъ. Остальные стыки горизонтальныхъ листовъ имѣютъ самостоятельныя накладки. На эпорѣ поясовъ не показаны накладки для перекрытія стыковъ вертикальныхъ листовъ и поясныхъ уголковъ. Стыки вертикальныхъ листовъ помѣщены приблизительно по серединѣ панелей, причемъ листы начинаются отступя на 4 ф. отъ оси опорной стойки, въ виду того, что для прикрѣпленія раскоса № 1 нужно было помѣстить въ плоскости вертикальнаго листа пояса фасонную вставку длиною 4 ф. 10 д. (черт. 345 и 347).

Нижній поясъ составленъ подобнымъ же образомъ, съ тѣмъ только отличіемъ, что въ трехъ первыхъ панеляхъ не имѣется горизонтальнаго листа, причемъ для связи двухъ стѣнокъ поясовъ помѣщена рѣшетка изъ уголковъ:  $3 \times 2 \times \frac{5}{16}$  д. и носось:  $3 \times \frac{5}{16}$  д. (черт. 345', планъ). Въ узлахъ рѣшетка замѣнена сплошными листами, необходимыми для прикрѣпленія диагоналей горизонтальныхъ связей. Въ слѣдующихъ панеляхъ наклепываются парные горизонтальные листы  $14\frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$  д. съ просвѣтомъ для стока дождевой воды, причемъ въ панеляхъ IV и VI имѣется еще по четыре полосы:  $3 \times \frac{5}{16}$  д., а въ V панели двѣ полосы:  $3 \times \frac{5}{16}$  д. и листъ  $7\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$  д. (Чертежъ эпоры нижняго пояса не помѣщенъ въ таблицѣ).

Раскосы (черт. 345 и 347, таб. 48) изъ полосового желѣза — двойные и кромѣ того парные, т. е. каждый раскосъ состоитъ изъ четырехъ полосъ. Они приклепаны въ нахлестку къ стѣнкамъ пояса и состоятъ по длинѣ изъ двухъ частей. Во избѣжаніе дрожанія плоскихъ раскосовъ, парные раскосы связаны заклепками, расположенными въ шахматномъ



порядкѣ, съ прокладками въ мѣстахъ помѣщенія заклепокъ; кромѣ того между раскосами той и другой стѣнки имѣются распорки изъ уголковъ, по четыре на каждый раскосъ (черт. 345). Ширина раскосовъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сѣченіе, постепенно уменьшается по мѣрѣ приближенія къ серединѣ фермы; въ среднихъ частяхъ фермы плоское сѣченіе раскосовъ замѣнено уголковымъ. Такъ, раскосъ № 7 состоитъ изъ четырехъ уголковъ, приклепанныхъ съ внутренней стороны коробчатаго пояса, а остальные раскосы состоятъ изъ двухъ уголковъ, причемъ № 9 приклепанъ съ внутренней стороны, а №№ 8, 10 и 11 — съ наружной стороны пояса (черт. 345 и 347, табл. 48). Раскосы №№ 8 и 10 взаимно пересѣкаются по серединѣ стойки № 8; такъ какъ оба раскоса и уголки стойки № 8 приклепываются съ наружной стороны пояса, то оба раскоса оказалось необходимымъ перерѣзать въ точкѣ встрѣчи, оставивъ цѣльною стойку (какъ подверженную сжимающему усилию). Перерѣзанныя части раскосовъ взаимно соединены помощью общей планки (звѣзды) (черт. 345). Раскосы №№ 7 и 11 взаимно пересѣкаются по серединѣ стойки № 7; уголки стойки приклепаны съ наружной стороны пояса, а уголки раскосовъ — съ внутренней стороны; поэтому здѣсь не было надобности перерѣзать оба раскоса, а только одинъ (менѣе напряженный), соединивъ перерѣзанныя части продолговатой накладкой (рыбкой) (черт. 345). Въ первой панели вмѣсто нисходящаго (вытянутаго) раскоса помѣщенъ восходящій, подвергающійся сжатію, и поэтому онъ сдѣланъ жесткаго сѣченія изъ восьми уголковъ и двухъ листовъ:  $15 \times \frac{7}{16}$  д. (черт. 348 и 345). Эти послѣдніе листы находятся въ плоскости вертикальныхъ листовъ пояса и соединяются съ ними въ притыкъ помощью двухъ накладокъ. Для прикрѣпленія къ верхнему поясу помѣщена самостоятельная накладка, а прикрѣпленіемъ къ нижнему поясу служатъ фасонныя накладки, перекрывающія вмѣстѣ съ тѣмъ стыкъ между вертикальнымъ листомъ опорной стойки и вертикальнымъ листомъ нижняго пояса (черт. 345). Уголки восходящаго раскоса не прилегаютъ вплотную къ листамъ:  $15 \times \frac{7}{16}$  д., но между ними имѣется просвѣтъ въ  $\frac{7}{16}$  д., необходимый какъ для пропуска полосъ раскоса № 1, такъ и для помѣщенія накладокъ, прикрѣпляющихъ листы  $15 \times \frac{7}{16}$  д. къ поясу (черт. 345). Уголки же восходящаго раскоса № 0 приклепаны въ нахлестку на стѣнку пояса поверъхъ накладокъ.

Сѣченія стоекъ показаны на черт. 347, табл. 48. За исключеніемъ опорной стойки и №№ 2 и 3, всѣ остальные стойки состоятъ изъ четырехъ уголковъ, связанныхъ рѣшеткой изъ распорокъ и раскосовъ (черт. 346), причемъ уголки приклепаны къ поясу съ наружной стороны. Во избѣжаніе нагиба уголковъ стоекъ на поясные уголки, вездѣ поставлены подъ уголками стоекъ прокладки (черт. 345), приклепанныя кромѣ того

двумя рядами самостоятельных заклепок. Стойка № 1 меньшаго сѣченія по сравненію со стойками №№ 2 и 3, на томъ основаніи, что въ виду присутствія обратнаго раскоса, стойка эта работает не на сжатіе, а на вытягиваніе и притомъ съ очень незначительнымъ усиліемъ. Опорная стойка имѣетъ трубчатое сѣченіе и состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ листовъ:  $20 \times \frac{7}{16}$  д., окаймленныхъ уголками:  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  д. и изъ средней стѣнки, составленной изъ уголковъ:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. и рѣшетки (черт. 345 и 347, таб. 48). Соединеніе стойки съ верхнимъ поясомъ сдѣлано помощью фасонной вставки длиною 4 фута 10 д., поставленной въ плоскости вертикальнаго листа пояса и вертикальнаго листа опорной стойки; стыкъ между вставкой и листомъ пояса перекрытъ двойной накладкой, а между вставкой и листомъ стойки—одиночной накладкой съ наружной стороны. Вертикальный листъ нижняго пояса доходитъ только до листа опорной стойки, и образующійся вертикальный стыкъ перекрытъ двойной фасонной накладкой, между листами которой зажимается между прочимъ и листъ  $17 \times \frac{7}{16}$  д. восходящаго раскоса.

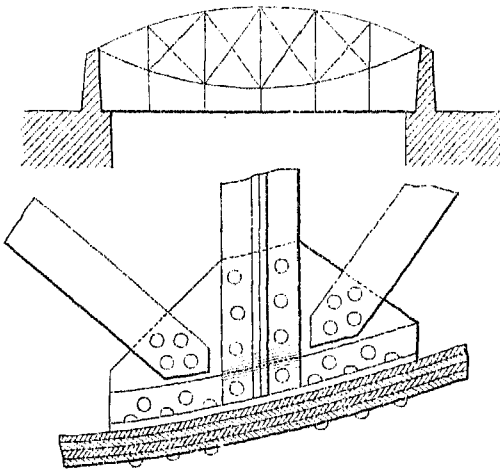
Схема расположенія связей и ихъ сѣченія показаны на черт. 348. Диагонали приклепаны къ особымъ планкамъ (черт. 345'), въ свою очередь приклепаннымъ къ поясу; во избѣжаніе взаимнаго въ одной плоскости пересѣченія диагоналей, обѣ системы раскосовъ приклепаны съ различныхъ сторонъ планокъ. Распорками нижнихъ связей служатъ поперечныя балки; верхнія же связи имѣютъ самостоятельныя распорки, состоящія изъ четырехъ уголковъ, связанныхъ рѣшеткой (черт. 346). Способъ прикрѣпленія этихъ распорокъ къ поясу ясенъ изъ чертежа. Съ цѣлью приведенія фермы въ поперечномъ сѣченіи хотя отчасти въ неизмѣняемую систему имѣются вверху изъ уголковъ кронштейны съ подвѣсками и ригелемъ (черт. 346). Для прикрѣпленія подвѣсокъ проложенъ вверху стоекъ листъ шириною 8 дюйм., захватывающій обѣ вѣтви стойки и приклепанный кромѣ того выступающей своей частью къ распоркѣ верхнихъ связей.

Продольная балка съ простымъ уравнивающимъ приборомъ показана на черт. 349.

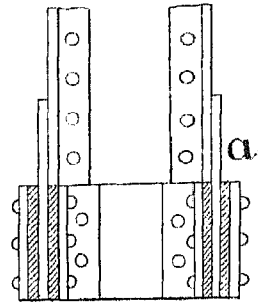
Вертикальный листъ поперечной балки (черт. 346) состоитъ по длинѣ изъ трехъ частей; крайнія части (консоли) такого очертанія, что онѣ заходятъ внутрь стойки и соединяются накладкой съ діафрагмой, зажатой между уголками внутри пояса.

На черт. 350 изображена подвижная опора. Въ подферменный камень вставлена чугунная доска, на которой расположено шесть катковъ съ ребордами, связанныхъ общей рамой. На каткахъ поставлена нижняя часть балансира, соединенная общимъ шарниромъ съ верхнею частью балансира, на которомъ наглухо прикрѣпленъ болтами широкій поясъ

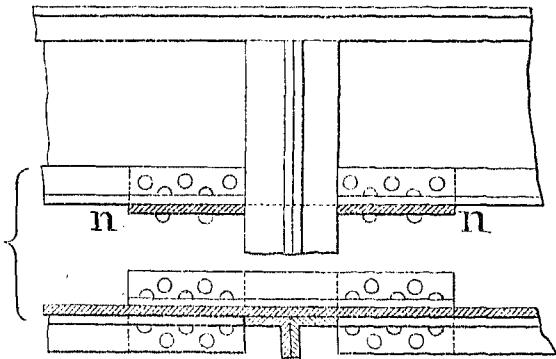
Черт. А.



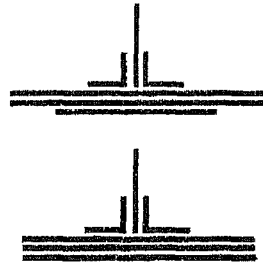
Черт. Б.



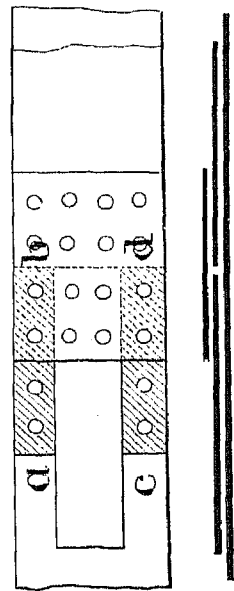
Черт В.



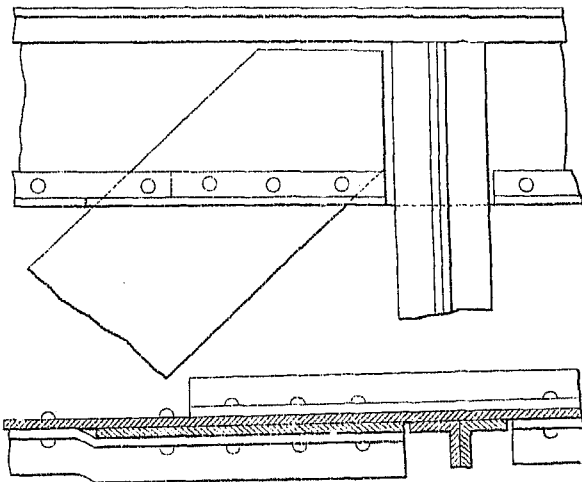
Черт. Д.



Черт. Е.



Черт. Г.



фермы. Чтобы уменьшить вѣсь балансировъ, они дѣлаются съ выемками и ребордами. Для защиты катковъ отъ грязи и пыли прикрѣпленъ къ нижней части балансира зонть изъ кровельнаго желѣза.

Въ раскосныхъ разрывныхъ фермахъ съ болтовыми соединеніями— верхній поясъ обыкновенно склепанный, нижній же поясъ состоитъ изъ отдѣльныхъ звеньевъ съ проушинами на концахъ, сквозь которыя проходитъ шарнирный болтъ. На эти же болты надѣваются раскосы и стойки, снабженные также проушинами. Въ узлахъ верхняго пояса имѣются также шарниры для надѣванія тѣхъ же раскосовъ и стоекъ (черт. 396).

Детали устройства составныхъ частей фермы со сквозной стѣнной.—Типы поясовъ изъ однихъ листовъ и звеньевъ, тавровые, коробчатые, крестообразные и трубчатые.

Между значительнымъ разнообразіемъ существующихъ формъ поясовъ можно подмѣтить *три* характерныхъ типа. Къ первой группѣ относятся типы поясовъ, способныхъ принять исключительно вытягивающее усиліе, ко второй—типы, одинаково удобные, какъ для вытягивающихъ, такъ и для сжимающихъ усилій и, наконецъ, третью группу составляютъ типы, преимущественно встрѣчающіеся въ сжатыхъ поясахъ.

На черт. 351 показанъ одинъ изъ типовъ *первой* группы. Поясъ состоитъ изъ горизонтально положенныхъ одинъ на другой листовъ; ширина пояса 400 мм., толщина 108 мм. Обыкновенно ширина листовъ пояса измѣняется отъ 160 мм. до 400 мм.; число листовъ не болѣе 10, толщина отъ 10 мм. до 12 мм. При малой толщинѣ пояса листы склепываются; при толщинѣ болѣе 75 мм., заклепки полезно замѣнить болтами діаметромъ около 12 мм., располагая таковыя на разстояніи 150 мм. одинъ отъ другого. Этотъ типъ поясовъ встрѣчается почти исключительно въ фермахъ системы Паули, въ которыхъ пояса испытываютъ одинаковое усиліе по всей длинѣ и въ которыхъ рѣшетка подвержена незначительнымъ усиліямъ; въ виду этого возможенъ способъ прикрѣпленія рѣшетки къ поясу, показанный на черт. 351 и черт. А, т. е. въ узловыхъ точкахъ приклепываютъ два короткихъ уголка, зажимаютъ между ними прокладку и къ пей уже приклепываютъ стойку и раскосы. Показанный на черт. 351 примѣръ относится къ мосту системы Паули съ фодою по-низу, причемъ стойки въ предѣлахъ фермы состоятъ изъ восьми уголковъ, соединенныхъ листомъ; наружные уголки настолько раздвинуты, что верхній и нижній пояса помѣщаются между ними. За предѣлами нижняго пояса стойки имѣютъ уже назначеніе подвѣсокъ, причемъ сохранены только наружные уголки, взаимно соединенные рѣшеткой.

Вмѣсто того, чтобы располагать полосы (листы) плашмя, ихъ ставятъ стоймя (черт. Б). Между листами зажимается прокладка *a*, которая

служить какъ для перекрытія стыка, такъ и для прикрѣпленія раскосовъ и стоекъ. Стойка состоитъ изъ 4 уголковъ, соединенныхъ листомъ; въ предѣлахъ пояса помѣщена вертикальная діафрагма.

Къ этому же типу относятся пояса цѣпныхъ мостовъ, а также и американскихъ съ болтовыми соединеніями (черт. 396).

Во *второмъ* типѣ поясовъ слѣдуетъ отличать нѣсколько отдѣльныхъ видовъ.

а) *Тавровые пояса*. Наиболѣе простой типъ показанъ на черт. 352, возможный къ примѣненію въ фермахъ малаго пролета. Такъ какъ для прикрѣпленія частей рѣшетки къ поясамъ одного ряда заклепокъ недостаточно, то въ этомъ случаѣ употребляютъ или неравнобокіе уголки съ полкою шире 4 д., допускающіе помѣщеніе двухъ рядовъ заклепокъ (черт. 352), или лучше вставляютъ прокладку (черт. 393) и къ ней уже приклепываютъ стойку и раскосы. Практичѣе тавровые пояса съ вертикальнымъ листомъ (черт. 353), одиночнымъ или двойнымъ; ширину вертикальнаго листа слѣдуетъ сообразовать съ возможностью помѣстить полное число заклепокъ для прикрѣпленія наиболѣе напряженныхъ раскосовъ. При ширинѣ горизонтальнаго листа болѣе 20 д. слѣдуетъ въ сжатомъ поясѣ приклепывать снизу уголки жесткости (черт. 354), во избѣжаніе выпучиванія краевъ листовъ. При очень широкихъ листахъ, около 30 — 40 д., полезно помѣщать треугольныя консоли или кромѣ уголка приклепывать вертикальный листъ, примѣняя и въ этомъ случаѣ треугольныя консоли (черт. 323). По той же причинѣ при ширинѣ вертикальнаго листа болѣе 15 д. помѣщаютъ внизу уголокъ жесткости (черт. 354), обыкновенно около  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  дм., который можетъ быть взять въ рабочую площадь, если онъ тянется непрерывно (черт. В). Такъ, напримѣръ, если уголокъ приклепанъ съ иаружной стороны, и съ той же стороны имѣется стойка или жесткій раскосъ, тогда, доведя уголокъ до стойки, переводятъ его на другую сторону, причемъ дѣлается соединеніе не только вертикальныхъ полокъ уголковъ, но и горизонтальныхъ, помощью горизонтальныхъ накладокъ (*н, н*). На плоскіе раскосы уголокъ жесткости непосредственно нагибается (черт. Г). Если же уголокъ нельзя сдѣлать непрерывнымъ, тогда онъ не принимается въ расчетъ рабочей площади и помѣщается только въ свободныхъ мѣстахъ нижняго края вертикальнаго листа, не занятаго раскосами и стойками. При широкихъ горизонтальныхъ листахъ полезно употреблять уголки съ обѣими широкими полками, допускающими двойной рядъ заклепокъ въ каждой полкѣ; въ крайнемъ случаѣ можно ограничиться неравнобокими уголками (черт. 355), причемъ болѣе широкую полку обыкновенно помѣщаютъ въ плоскости вертикальнаго листа. Тавровые пояса тѣмъ удобны, что допускаютъ возможность постепеннаго измѣненія сѣченія пояса наклепываніемъ новаго

ряда листовъ. Если требуемое увеличеніе площади менѣе площади листа, то приклепываютъ болѣе узкій листъ (черт. *Д*); въ слѣдующей панели снимаютъ этотъ листъ и въ той же плоскости помѣщаютъ листъ полной ширины (черт. *Д*), такъ что придатокъ площади будетъ соответствовать разности площадей двухъ листовъ и т. д.

Переходъ отъ узкаго листа къ болѣе широкому слѣдуетъ начинать ранѣе узловой точки, перекрывъ стыкъ широкой накладкой (черт. *Е*); число заклепокъ для запаса помѣщаютъ соответственно площади болѣе широкаго листа. Такъ какъ въ этомъ случаѣ широкая накладка будетъ находить на узкій листъ, причемъ образуются по бокамъ пустоты, то такія заклепки заполняютъ прокладками *ab* и *cd*, которыя выдвигаютъ изъ-за очертанія накладки на два ряда заклепокъ.

Часто недостающую площадь получаютъ наклепываніемъ узкихъ полосъ по краямъ пояса (черт. 355); но необходимо, чтобы ширина этихъ полосъ допускала возможность помѣщенія двухъ рядовъ заклепокъ, хотя бы въ шахматномъ порядкѣ, чему удовлетворяютъ полосы шириною не менѣе 5 д.

Толщину листовъ дѣлаютъ обыкновенно не менѣе  $\frac{3}{8}$  д. Наиболѣе употребительная толщина:  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{5}{8}$  д. съ измѣненіемъ на  $\frac{1}{16}$  д. Уголки слѣдуетъ дѣлать не тоньше вертикальной стѣнки и каждаго изъ горизонтальныхъ листовъ; чѣмъ толще и шире уголки, тѣмъ надежнѣе передача усилій раскоса на серію горизонтальныхъ листовъ пояса; горизонтальные листы, въ виду правильности передачи усилій, полезно дѣлать однообразной толщины, или чтобъ таковая измѣнялась по крайней мѣрѣ не болѣе какъ на  $\frac{1}{16}$  д. Тавровые пояса можно употреблять для желѣзнодорожныхъ мостовъ подъ одинъ путь съ пролетами не болѣе 25—30 саж.; есть, впрочемъ, немногіе примѣры съ пролетами около 40 с. Предѣльная ширина листовъ пояса 25—30 д., хотя существуютъ пояса, гдѣ ширина доходитъ до 36 д.

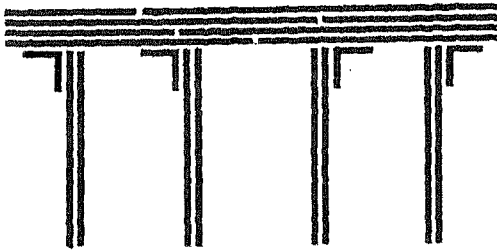
Ширину горизонтальныхъ листовъ обыкновенно дѣлаютъ равной ширинѣ вертикальнаго листа или болѣе въ отношеніи отъ 1 : 1 до 1,25 : 1.

б) Для пролетовъ болѣе 25 — 30 саж., а иногда и при меньшихъ пролетахъ, особенно при отсутствіи верхнихъ связей, находятъ болѣе выгоднымъ пользоваться *коробчатыми поясами* (черт. 358), причемъ вертикальныя стѣнки состояются изъ одного или двухъ листовъ. Въ послѣднемъ случаѣ вертикальные листы взаимно соединяются заклепками, расположенными на разстояніи около 8 — 12 д. (черт. 392). Разстояніе между обѣими стѣнками дѣлаютъ не менѣе 14 д. (есть примѣры, гдѣ это разстояніе около 13 д.). Въ сжатомъ поясѣ къ вертикальному листу приклепываются внизу уголки жесткости, которые полезно соединять плоской рѣшеткой; при большихъ панеляхъ между стѣнками пояса вставляютъ

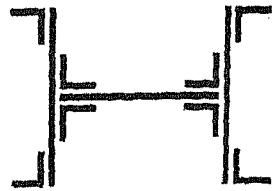
вертикальныя діафрагмы не только въ узлахъ, но и въ предѣлахъ панели, въ одномъ или болѣе мѣстахъ. Въ нижнемъ поясѣ для удобства очистки отъ снѣга и для стока дождевой воды оставляютъ продольную щель шириною около 2 д. Но такъ какъ съ другой стороны полезно обѣ части пояса соединить въ одно цѣлое, то для этого помѣщаютъ въ узлахъ фермы сплошныя планки (для прикрѣпленія горизонтальныхъ связей) во всю ширину пояса, или же накладки, перекрывающія стыки горизонтальныхъ листовъ, дѣлаютъ общими для обѣихъ частей. Въ мостахъ съ болтовыми соединеніями помѣщаютъ иногда четыре и болѣе стѣночекъ (черт. Ж), при разстояніи между стѣнками около 13 д. Такъ какъ въ этомъ случаѣ ширина пояса обыкновенно около 48—50 д., то горизонтальный листъ пояса составляютъ по ширинѣ изъ двухъ или болѣе частей, располагая швы въ перевязку. Нижній листъ дѣлается или цѣльнымъ (изъ короткихъ частей), или стыкъ помѣщается по серединѣ продольной оси пояса. Относительно размѣровъ частей пояса слѣдуетъ сказать то же, что было говорено для тавровыхъ поясовъ.

в) Какъ тавровый, такъ и коробчатый пояса особенно удобопримѣнимы въ фермахъ съ параллельными поясами, въ которыхъ усиліе пояса измѣняется довольно значительно при переходѣ отъ одной панели къ другой. Въ фермахъ съ криволинейными поясами усиліе въ поясахъ измѣняется менѣе чувствительно, и для нихъ удобно примѣненіе *крестообразныхъ и Н-образныхъ поясовъ*. Наиболѣе простой типъ крестообразнаго пояса показанъ на черт. 394; здѣсь для соединенія раскосовъ и стоекъ съ поясомъ зажимается между вертикальными полками уголковъ фасонная прокладка; между горизонтальными полками тоже помѣщена узкая прокладка, которую въ узлахъ замѣняютъ широкой фасонной накладкой для возможности прикрѣпленія горизонтальныхъ связей. Болѣе сложное крестообразное сѣченіе показано на черт. 356. Двѣ вертикальныя стѣнки, на взаимномъ разстояніи отъ 26—35 мм., окаймлены сверху и внизу уголками; къ центру вертикальныхъ листовъ приклепаны горизонтальные листы, также окаймленные уголками съ нижней стороны. Приклепывать уголки съ верхней стороны, очевидно, неудобно: образовался бы ящикъ, въ которомъ можетъ скопиться вода. Въ промежуткѣ между двумя вертикальными листами вставлена прокладка, служащая, какъ прокладкой для перекрытія стыка вертикальныхъ листовъ, такъ и для прикрѣпленія раскосовъ къ поясу. Уголки стоекъ частью приклепаны къ той же прокладкѣ, а частью непосредственно къ нижней половинѣ пояса, для чего прорѣзаны нижніе уголки пояса, не взятые въ расчетъ при опредѣленіи площади сѣченія; эти уголки нагибаются на уголки стойки. Для приданія крестовому сѣченію пояса неизмѣняемости помѣщены въ 4-хъ углахъ консоли, закатыя въ верхнихъ углахъ между двумя корот-

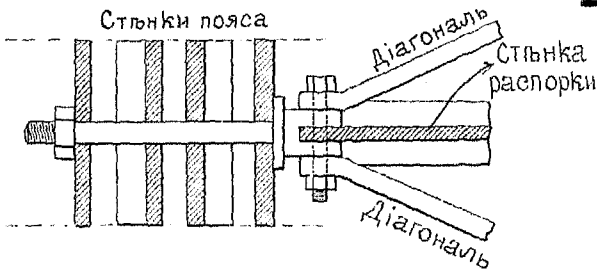
Черт Ж.



Черт. З.

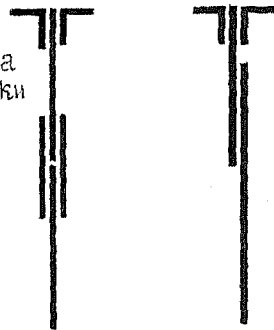


Черт. И.

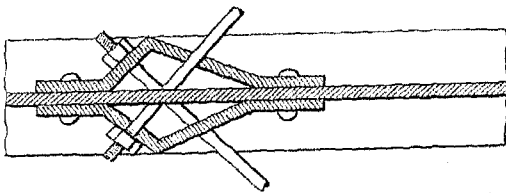


Черт. К

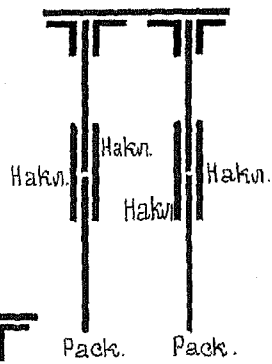
Черт. Л.



Черт. І.



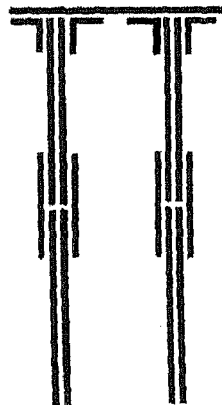
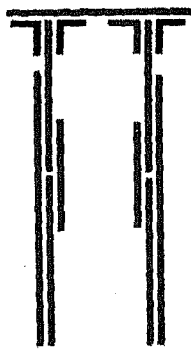
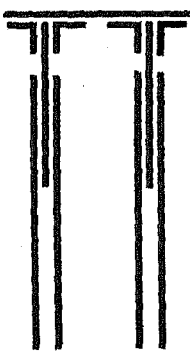
Черт. М.



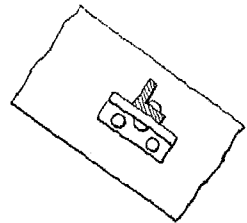
Черт. Н

Черт. О.

Черт П.



Черт. Р.





кими уголками — вертикальнымъ и горизонтальнымъ, а въ нижнихъ углахъ — между уголками стоекъ и короткимъ уголкомъ, прилепаннымъ снизу къ горизонтальному листу пояса. Эти консоли помѣщаются, какъ въ узлахъ, такъ и въ нѣкоторыхъ промежуточныхъ сѣченіяхъ, если панель очень длинна. Распорки связей состоятъ изъ четырехъ уголковъ и рѣшетки; соединеніе съ поясомъ образуется наклепываніемъ поясныхъ уголковъ распорки на вертикальный листъ консоли. Измѣненіе сѣченія пояса этого типа всего удобнѣе достигается измѣненіемъ ширины полокъ уголковъ, *при сохраненіи однообразной толщины*, хотя нерѣдко измѣняютъ и толщину уголковъ и листовъ, что представляетъ неудобство при перекрытіи стыка листовъ неодинаковой толщины. Приведенный примѣръ относится къ мосту чрезъ р. Дунай близъ Ингольштадта, и въ немъ толщина листовъ измѣняется отъ 10 до 12 мм.; равнымъ образомъ измѣнялись калибры уголковъ, какъ въ отношеніи ширины полокъ, такъ и толщины ихъ.

Къ этой же группѣ относятся **H**-образные пояса (черт. 3).

На черт. 357 показанъ одинъ изъ типовъ ярусныхъ поясовъ, составленный исключительно изъ уголковъ. Въ узлахъ проложены между вертикальными полками уголковъ прокладки, какъ для перекрытія стыковъ вертикальныхъ полокъ уголковъ, такъ и для прикрѣпленія раскосовъ и стоекъ; на остальномъ протяженіи пояса проложены между вертикальными полками уголковъ прокладки въ видѣ узкихъ полосъ противъ мѣсть, гдѣ приходятся заклепки. Между горизонтальными полками уголковъ оставленъ также промежутокъ съ цѣлью помѣщенія прокладки для прикрѣпленія горизонтальныхъ связей. Въ этомъ же промежуткѣ помѣщаются и накладки стыковъ горизонтальныхъ полокъ среднихъ уголковъ. Горизонтальныя полки крайнихъ уголковъ перекрываются самостоятельными плоскими накладками. Стыки уголковъ обыкновенно помѣщаются въ узлахъ, причемъ одна половина уголковъ стыкается въ одномъ узлѣ, а другая половина — въ слѣдующемъ. Въ узловыхъ точкахъ между горизонтальными полками среднихъ уголковъ проложены фасонныя прокладки для прикрѣпленія діагоналей и распорокъ связей. Эти послѣднія состоятъ изъ четырехъ уголковъ и вертикальнаго листа; горизонтальныя полки верхнихъ уголковъ прилепаны къ вышеупомянутой фасонной прокладкѣ, а полки нижнихъ уголковъ — къ горизонтальнымъ уголкамъ треугольной консоли, прилепанной къ стойкамъ. Этотъ типъ пояса недостаточно жестокъ относительно бокового выпучиванія, и кромѣ того прикрѣпленіе стоекъ начинается ниже пояса, а не въ предѣлахъ его, вслѣдствіе чего возможенъ изгибъ или даже изломъ прокладки, къ которой прилепана стойка.

*Третья* группа поясовъ характеризуется тѣмъ, что они имѣютъ трубчатую форму, сопротивляющуюся боковому выпучиванію одинаково по

всѣмъ направленіямъ. Такъ, напримѣръ, на черт. 396 показанъ одинъ изъ такихъ типовъ: четыре корытообразныхъ прокатныхъ балки поставлены стоймя и перекрыты вверху и внизу горизонтальными листами. Между стѣнками пояса оставленъ промежутокъ для помѣщенія двухъ прямыхъ и одного обратнаго раскоса, надѣтыхъ на шарниръ.

Какъ для увеличенія сопротивленія смятію, такъ и для возмѣщенія площади пояса, ослабленнаго отверстіемъ для шарнира, а иногда и для перекрытія стыка, — помѣщаются въ узлахъ накладки. Для возможности прикрѣпленія распорокъ и діагоналей верхнихъ связей непосредственно къ шарниру, шляпка послѣдняго, имѣя продолговатое очертаніе, оканчивается вилкой, которая обжимаетъ вертикальную стѣнку распорки, составленной изъ двутавроваго прокатнаго желѣза; соединеніе сдѣлано помощью горизонтальнаго болта, причемъ на тотъ же горизонтальный болтъ (черт. II) надѣты еще діагональныя связи изъ круглаго желѣза, изогнутыя сообразно направленію діагонали. Въ нижнемъ поясѣ, состоящемъ изъ звеньевъ, распорками служатъ поперечныя балки, подвѣшенныя на двухъ серьгахъ къ шарниру нижняго пояса. Серьги поддерживаютъ жслѣзиую или стальную доску, на которую поставлены парныя прокатныя поперечныя балки, стянутыя короткимъ горизонтальнымъ болтомъ (черт. 396). Діагонали нижнихъ связей прикрѣплены къ стѣнкамъ балокъ помощью особыхъ наклепанныхъ изогнутыхъ полосъ изъ  $\frac{1}{2}$  д. желѣза (черт. I); діагонали изъ круглаго желѣза соединяются помощью гаекъ и, во избѣжаніе взаимнаго пересѣченія, помѣщаются не въ одной плоскости (черт. 396). Подобное помѣщеніе связей, удовлетворяя требованію уничтоженія качанія поперечныхъ балокъ, неудовлетворительно въ другомъ отношеніи, такъ какъ діагонали и распорки не находятся въ одной плоскости съ поясомъ и затѣмъ передача усилій отъ діагонали къ поясу черезъ подвѣски—крайне неопредѣленна \*).

#### Типы раскосовъ и стоекъ.

Раскосы фермъ подвергаются вытягивающему или сжимающему усиліямъ. Въ первомъ случаѣ они дѣлаются плоскаго сѣченія, а во второмъ—жесткаго. Впрочемъ, въ послѣднее время, съ примѣненіемъ большихъ панелей и вытянутые раскосы стали дѣлать жесткаго сѣченія во избѣжаніе дрожанія раскосовъ.

*Вытянутые* раскосы дѣлають круглаго, квадратнаго или брусковаго сѣченія (черт. 396), какъ это часто встрѣчается въ мостахъ съ болтовыми соединеніями, или же изъ плоскаго желѣза, пзмѣняющагося въ

\*) Въ настоящее время въ фермахъ съ болтовыми соединеніями типъ подвѣшенныхъ поперечныхъ балокъ почти не встрѣчается; поперечныя балки приклепываются къ стойкамъ или сбоку или по оси стоекъ.

ширинѣ отъ 4 д. до 18 д.—20 д. (Черт. 359—361). Какъ исключеніе имѣются раскосы даже въ 30 д. ширины, но въ такомъ случаѣ они состояются по ширинѣ изъ нѣсколькихъ полосъ; толщина отдѣльныхъ полосъ измѣняется отъ  $\frac{3}{8}$  д. до  $\frac{5}{8}$  д. (Въ Англіи имѣются мосты съ раскосами толщиной около 3 д.). Наибольшая длина раскосовъ около 30—35 ф. и находится при томъ въ зависимости отъ поперечнаго сѣченія. Въ настоящее время избѣгаютъ употреблять очень широкіе раскосы (болѣе 18—20 д.), такъ какъ дополнительныя напряженія, вызванныя жесткимъ прикрѣпленіемъ раскосовъ къ поясамъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе отношеніе ширины раскоса къ длинѣ его. Слѣдовательно, чѣмъ длиннѣе раскосъ, тѣмъ безопаснѣе можетъ быть увеличена ширина его. Приблизительно при отношеніи раскоса къ длинѣ его около  $\frac{1}{18}$ — $\frac{1}{25}$  дополнительныя напряженія составляютъ около 30%—20% отъ основнаго напряженія и потому не желательно переходить этотъ предѣлъ. Для уменьшенія ширины раскоса слѣдуетъ увеличить число полосъ; при тавровомъ поясѣ можно помѣстить двѣ полосы; при коробчатомъ—четыре полосы, и при коробчатомъ съ промежуточной стѣнкой—шесть полосъ; въ крайнемъ случаѣ можно помѣстить по три полосы у каждой стѣнки пояса.

Раскосы помѣщаются или въ плоскости вертикальнаго листа (черт. *К*), или въ нахлестку (черт. *Л*); въ первомъ случаѣ они покрываются двойной накладкой. При коробчатомъ поясѣ и при одиночныхъ раскосахъ каждый изъ нихъ (черт. 360) прикрѣпляется также въ притыкъ или въ нахлестку. То же самое слѣдуетъ сказать о парныхъ раскосахъ. Такъ, напримѣръ, на чертежѣ (*М*) оба одиночные раскоса приклепаны въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка двойной накладкой. На чертежѣ (*Н*) парные раскосы приклепаны въ нахлестку, причемъ между раскосами остается промежутокъ, равный толщинѣ вертикальнаго листа; обѣ полосы парнаго раскоса соединяются по длинѣ заклепками, вслѣдствіе чего въ типѣ черт. (*Н*) необходимо помѣстить прокладки въ мѣстахъ расположенія заклепокъ. На чертежѣ (*О*) одна полоса раскоса соединяется въ нахлестку, а вторая—въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка одиночной накладкой. На чертежѣ (*П*) показанъ коробчатый поясъ съ двойной вертикальной стѣнкой; обѣ полосы раскоса помѣщаются въ притыкъ съ перекрытіемъ стыковъ одиночными накладками. Типы подобныхъ раскосовъ показаны на черт. 359 и 361.

Вообще парные раскосы имѣютъ тотъ недостатокъ, что трудно достигнуть равномерной натянутости; въ этомъ случаѣ иногда распираютъ ихъ по срединѣ вставкою изъ нѣсколькихъ прокладокъ (черт. 362). Для того, чтобы длинные плоскіе раскосы въ коробчатомъ поясѣ не подвергались значительному дрожанію, соединяютъ ихъ по длинѣ стяжными

болтами, вставленными въ чугунныя распорныя трубки, или приклепываютъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ (черт. *P*) короткіе уголки и къ нимъ приклепываютъ уголковыя распорки (черт. 345), или лучше, приклепываютъ короткіе уголки на обѣихъ вѣтвяхъ раскоса въ шахматномъ порядкѣ (черт. *C*) и между ними помѣщаютъ зигзагомъ рѣшетку изъ плоскихъ раскосовъ  $3 \times \frac{3}{8}$  д. или  $2\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$  д.

Для *сжатыхъ* раскосовъ употребляются слѣдующіе типы (что не исключаетъ также возможности примѣненія ихъ и для вытянутыхъ раскосовъ):

а) *Угловое сѣченіе* (черт. 363) размѣрами отъ  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. до  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  д.; встрѣчаются уголки толщиной и въ  $\frac{5}{8}$  д.

б) *Тавровое*—прокатное (черт. 364) шириною до 6,5 д., высоту до 5,5 д. и толщиной отъ  $\frac{3}{8}$  до  $1\frac{1}{8}$  д., а также составленное изъ уголковъ, склепанныхъ вплотную или съ промежуткомъ (черт. 368), причѣмъ одна изъ полокъ уголка можетъ быть усилена планкой (черт. 368), или наконецъ, составленное изъ двухъ уголковъ и листа между ними (черт. 365 и 369). Примѣняя типъ (черт. 368), можно раскосомъ обхватить вертикальный листъ съ двухъ сторонъ.

в) *Корытообразное*—(черт. 366).

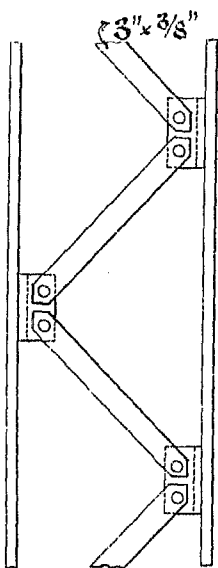
г) *Ω-образное*—(черт. 367).

д) *Крестообразное сѣченіе*—отлитое изъ чугуна (черт. 371), что нерѣдко употребляется въ Америкѣ для сжатыхъ раскосовъ въ фермахъ Гау, или желѣзное, составленное изъ листа и двухъ тавровъ (черт. 372), изъ четырехъ уголковъ (черт. 374), или изъ четырехъ уголковъ со вставленными между ними листами (черт. 373 и черт. 375). Иногда крестообразное сѣченіе составляется только изъ двухъ уголковъ (черт. 377), соединенныхъ по высотѣ планками, но это сѣченіе можно рекомендовать только для слабо напряженныхъ раскосовъ.

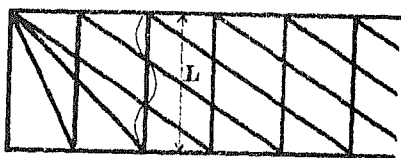
Крестообразное сѣченіе, употребляемое преимущественно въ фермахъ съ тавровыми поясами, представляетъ удобное пересѣченіе съ плоскими раскосами (черт. 376), причѣмъ двѣ части креста должны быть настолько раздвинуты, чтобы не препятствовали проходу встрѣчныхъ плоскихъ раскосовъ (черт. 374 и 376). Въ послѣднемъ примѣрѣ (черт. 374) указанный для сего промежутокъ  $\frac{5}{8}$  д.; другой промежутокъ въ  $\frac{3}{8}$  д. необходимъ для помѣщенія фасонныхъ прокладокъ, къ которымъ приклепываются связи между фермами въ плоскости сжатыхъ раскосовъ.

Съ другой стороны крестообразный типъ имѣетъ и недостатокъ, представляя скопленіе матеріала около центра сѣченія; несравненно выгоднѣе сѣченіе, гдѣ матеріалъ наиболѣе удаленъ отъ оси, такъ какъ при одинаковой площади сѣченія получается наибольшее значеніе момента инерціи, что крайне существенно для сжатыхъ частей фермы, въ виду

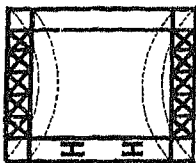
Черт. С.



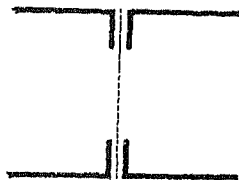
Черт У.



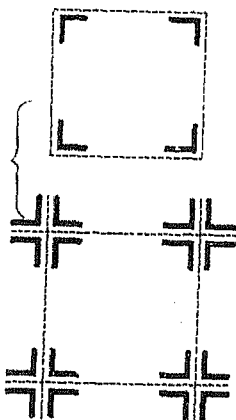
Черт Ф.



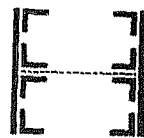
Черт. Х.



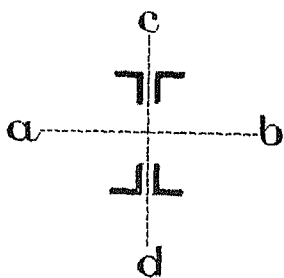
Черт. Ц.



Черт. Ч.



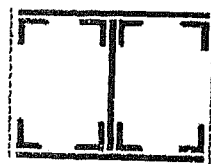
Черт Г.



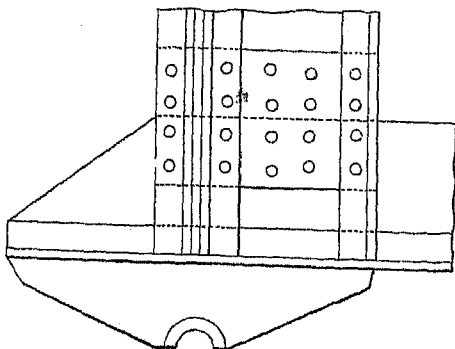
Черт. Ч''.



Черт. Ч''''.

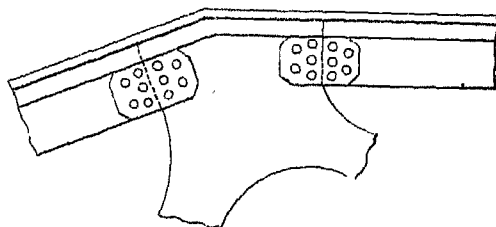


Черт. Ч''''.



Черт. Ч''''.

Черт. Ш.



того, что допускаемый коэффициент прочнаго сопротивленія находится въ прямой зависимости отъ значенія момента инерціи.

На этомъ основаніи:

е) *Съчленіе двутавровое*, употребляемое въ фермахъ съ коробчатыми поясами, имѣеть уже значительное преимущество. Оно бываетъ или изъ прокатнаго желѣза (черт. 382), или же составлено изъ вертикальнаго листа и уголковъ, обращенныхъ полками внутрь (черт. 382 и 370), или внаружу (черт. 383). Послѣдній типъ и также съчленіе двутавровое изъ прокатнаго желѣза помѣщаются внутри коробчатаго пояса; если же необходимо приклепать уголки стоекъ съ наружной стороны стѣнокъ коробчатаго пояса, то примѣняется типъ съ полками уголковъ, обращенными внутрь (черт. 382 и 370), и въ этомъ случаѣ внутренняя часть листа стойки вырѣзывается въ предѣлахъ пояса, оставаясь лишь между уголками.

Большею частью достаточно бываетъ ограничиться двутавровымъ съчленіемъ со сквозной стѣнкой, причемъ сквозная стѣнка обезпечиваетъ лишь неизмѣняемость разстоянія. Въ этомъ случаѣ раскосы составляются или изъ двухъ тавровъ, соединенныхъ рѣшеткой (черт. 384)<sup>1)</sup> и (черт. 387), изъ четырехъ уголковъ (черт. 385)<sup>2)</sup>, (черт. 388), изъ восьми уголковъ (черт. 389)<sup>3)</sup>, изъ двухъ, или четырехъ уголковъ, усиленныхъ планкой (черт. 390). Рѣшетка состоитъ или изъ однихъ плоскихъ полосъ, расположенныхъ въ видѣ зигзага и приклепанныхъ поочередно по обѣ стороны выступающаго ребра тавра или уголка (черт. 384 и черт. 387), или по одну сторону, когда рѣшетка зажата между уголками (черт. 385), причемъ оба встрѣчныхъ раскоса посажены на одну общую заклепку (черт. 384), или на двѣ отдѣльныя (черт. 385). Послѣднее расположеніе обезпечиваетъ большую жесткость. Затѣмъ рѣшетка можетъ состоять изъ двухъ взаимно пересѣкающихся полосъ, изъ которыхъ одна система приклепана съ одной стороны, а вторая—съ другой стороны выступающаго ребра (черт. 390), или обѣ системы приклепаны по одну сторону уголка, когда онѣ напримѣръ зажаты между уголками, причѣмъ при пересѣченіи происходитъ незначительное искривленіе полосъ (черт. 388), что отчасти

---

<sup>1)</sup> Показанная на чертежѣ 384 сръзка ребра тавра въ концѣ раскоса съ наклепкой планки не представляетъ необходимости въ каждомъ данномъ случаѣ.

<sup>2)</sup> Чертежъ 385 изображаетъ разрѣзъ и боковой фасадъ стойки, состоящей изъ четырехъ уголковъ и рѣшетки. Полоса посрединѣ фасада представляетъ проекцію встрѣчаемаго плоскаго раскоса, который свободно проходитъ чрезъ стѣнку въ одну изъ промежутковъ между двумя планками рѣшетки. Для лучшаго уясненія слѣдуетъ разсматривать одновременно и черт. 356.

<sup>3)</sup> На черт. 389 не показана рѣшетка. Промежутокъ между уголками 1 д. соответствуетъ толщинѣ вертикальной стѣнки коробчатаго типа, состоящаго изъ двухъ полудюймовыхъ листовъ.

содѣйствуетъ лучшей натянутости; наконецъ, рѣшетка можетъ состоять изъ двухъ системъ раскосовъ и распорки въ видѣ уголка или полосы (черт. 346 и 407). Раскосы рѣшетки обыкновенно располагаются подъ угломъ около 45°.

Жесткіе раскосы и стойки двутаврового сѣченія имѣютъ тотъ недостатокъ, что представляютъ неодинаковые моменты инерціи сѣченія относительно двухъ осей, изъ которыхъ одна проведена чрезъ центръ тяжести сѣченія въ плоскости, параллельной плоскости фермы ( $ab$ ) (черт.  $T$ ), а другая—въ плоскости нормальной ( $cd$ ) (черт.  $T$ ), а потому боковой изгибъ скорѣе возможенъ въ плоскости ( $ab$ ). Кроме того, такъ какъ для сжатыхъ частей фермы приходится уменьшать коэффициентъ прочнаго сопротивленія по извѣстной формулѣ:

$$R_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I}},$$

то, въ виду неодинаковаго значенія  $I$ , необходимо брать въ расчетъ наименьшее значеніе. Чтобы отчасти уравнивать это неудобство, склепывали прежде въ точкахъ пересѣченія встрѣчные раскосы, или встрѣчные раскосы и стойки (чертежъ  $У$ ). Такъ напримѣръ, если высота стойки  $L$ , то въ виду прочнаго соединенія съ раскосами изгибъ стойки *въ плоскости фермы* могъ принять очертаніе, показанное пунктиромъ, и поэтому свободную длину стойки можно было брать не  $L$ , а  $\frac{L}{n}$ , гдѣ  $n$  — число частей, на которыя подраздѣлена стойка. Что же касается изгиба стойки въ плоскости нормальной къ плоскости фермы, то встрѣчные раскосы недостаточно препятствуютъ изогнуться ей по всей длинѣ и принять очертаніе, показанное пунктиромъ на чертежѣ ( $\Phi$ ) и, слѣдовательно, здѣсь за свободную длину полезно считать полную длину  $L$  или нѣсколько меньшую. Если далѣе  $I'$ —наименьшій моментъ инерціи относительно оси  $cd$  (черт.  $T$ ), а  $I''$ —наибольшій относительно оси  $ab$ , то имѣемъ:

$$R'_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{n^2 I'}}; \text{ и } R''_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I''}},$$

а въ этомъ случаѣ разница между  $R'_m$  и  $R''_m$  значительно менѣе по сравненію съ тѣмъ, еслибъ не было жесткаго соединенія раскосовъ со стойками, такъ какъ тогда:

$$R'_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I'}}; \text{ и } R''_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I''}}$$

<sup>1)</sup>  $R_m$  и  $R$ —допускаемый и нормальный коэффициенты напряженія ( $R$  для желѣза 275 пуд. на кв. дюймъ);  $k$ —численный коэффициентъ (для желѣза: 0,00008);  $\omega$ —площадь сѣченія;  $L$ —расчетная свободная длина;  $I$ —моментъ инерціи.

Если случайно  $n^2 I' = I''$ , то стойка представляет одинаковое сопротивление противъ бокового изгиба; въ противномъ случаѣ при подборѣ сѣченій слѣдуетъ взять въ расчетъ меньшую изъ  $R'_m$  и  $R''_m$ .

Съ другой стороны соединеніе встрѣчныхъ раскосовъ имѣетъ и недостатокъ, такъ какъ усиленіе раскоса передается частью и на стойку, изгибая ее въ плоскости фермы, что не принимается во вниманіе при составленіи расчета. Поэтому въ настоящее время оставлено подобное соединеніе; въ мѣстахъ пересѣченія дѣлаютъ или овальные отверстія, или круглыя, помѣщая стяжные болты значительно меньшаго діаметра. Чтобы сравнять, хотя отчасти, неодинаковые моменты инерціи, пользуются неравнобокими уголками, располагая широкія полки въ плоскости фермы (черт. X), но эти мѣры не особенно дѣйствительны. Несравненно лучше стойки и раскосы:

ж) *трубчатого сѣченія* (черт. II), причемъ грани могутъ быть или сквозныя или сплошныя; здѣсь моменты инерціи относительно двухъ осей одинаковы, и матеріалъ возможно удаленъ отъ оси стойки. О выгодахъ этого типа стоекъ въ отношеніи расположенія проѣзжей части указано въ параграфѣ «о поперечныхъ балкахъ».

Къ этому же типу трубчатыхъ стоекъ слѣдуетъ отнести стойки, составленныя изъ двухъ корытообразныхъ балокъ и плоскаго желѣза (черт. 381), употребляемыя въ фермахъ съ болтовыми соединеніями, а также стойки, составленныя изъ взаимно склепанныхъ квадрантовъ (черт. 378), секстантовъ (черт. 379), или вообще изъ фасонныхъ частей, образующихъ трубчатое сѣченіе (черт. 380 и черт. 396).

Въ типѣ (черт. 378) между квадрантами оставлены промежутки, одни—узкіе для возможности прикрѣпленія поперечной балки, вертикальная стѣнка которой проходитъ внутрь стойки, а болѣе широкіе промежутки оставлены для прохода парнаго плоскаго раскоса. Въ типѣ (черт. 380 и черт. 396) оставлены также промежутки для прохода раскосовъ; кромѣ того это увеличиваетъ и моментъ инерціи; въ мѣстахъ помѣщенія заклепокъ вставлены чугунныя кольцеобразныя прокладки. Въ типѣ (черт. 379) между уголками проложены сплошныя прокладки для увеличенія момента инерціи.

Кромѣ трубчатыхъ сѣченій имѣется еще **Н**-образное сѣченіе (черт. 386, или черт. Ч<sup>1</sup>). Средняя стѣнка прикрѣпляется двумя или четырьмя уголками и бываетъ сплошная или рѣшетчатая. Если сжатый раскосъ или стойка этого типа пересѣкается съ плоскимъ раскосомъ и притомъ уголки стойки обращены въ наружную сторону (черт. 386), тогда между уголками и стѣнкой оставляется промежутокъ, шириною равный толщинѣ раскоса; въ этотъ промежутокъ проходитъ раскосъ. На всемъ остальномъ протяженіи стойки или сжатого раскоса промежутокъ заполняется проклад-



кой, которая не входит въ расчетъ рабочей площади. Если уголки обращены внутрь, то плоскіе встрѣчные раскосы касаются стѣнки стойки съ наружной стороны.

Для опорныхъ стоекъ употребляются преимущественно типы (черт.  $У II$ ,  $У III$  или черт.  $У IV$ ), смотря по тому — будетъ ли поясъ фермы тавровый или коробчатый. Слѣдовательно, въ первомъ типѣ стойка состоитъ изъ вертикальнаго листа, двухъ уголковъ и поперечнаго вертикальнаго листа; во избѣжаніе выпучиванія листа помѣщается уголокъ жесткости и у другого края листа. По осевой линіи стойки, совпадающей съ осью шарнира, приклепываются четыре уголка и для увеличенія жесткости два поперечныхъ вертикальныхъ листа. Если вертикальный листъ стойки не достаточно широкъ (черт.  $У III$ ), тогда ограничиваются четырьмя уголками, двумя поперечными вертикальными листами и уголкомъ жесткости, имѣя въ виду, что четыре уголка придутся противъ шарнира балансира (черт.  $У V$ ), для чего въ нижней части вертикальный листъ замѣняется болѣе широкимъ, соответствующимъ длинѣ всего балансира. Стыки перекрываются двойными накладками, подведенными подъ уголки (черт.  $У V$ ). Въ типѣ (черт.  $У IV$ ) стойка состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ листовъ, одного поперечнаго вертикальнаго, — противъ оси шарнира, — и изъ 8-ми или болѣе уголковъ. Наружные уголки соединяются рѣшеткой, за исключеніемъ верхней и нижней части, гдѣ на высоту поясовъ ставится сплошной листъ.

Перекрытіе стыковъ; прикрѣпленіе частей рѣшетки къ поясамъ; взаимное пересѣченіе частей рѣшетки.

Перекрытіе стыковъ вертикальной стѣнки поясовъ дѣлается всегда помощью двухъ накладокъ (черт. 338). Если  $h$  — высота стѣнки,  $a$  — ширина полки поясного уголка,  $\delta$  — толщина стѣнки, то искомая толщина накладки найдется изъ:

$$h \cdot \delta = 2 (h - a) \delta', \text{ или } (h - nd) \delta = 2 (h - a - nd) \delta',$$

причемъ  $\delta'$  увеличивается на 33% и дѣлается не менѣе  $\frac{3}{8}$  д.

Въ выше приведенной формулѣ  $d$  — діаметръ заклепки,  $n$  — наибольшее число заклепокъ въ одномъ ряду. Если въ накладкѣ число заклепокъ въ ряду одною меньше, тогда

$$(h - nd) \delta = 2 [h - a(n - 1) d] \delta'.$$

Діаметръ заклепокъ сохраняется по возможности постояннымъ; крайніе предѣлы  $\frac{7}{8}$  д. и  $1\frac{1}{8}$  д. Длина заклепки не должна превосходить  $2\frac{1}{2}$  и въ крайнемъ случаѣ 4 діаметровъ. Заклепки размѣщаются такъ, чтобы имѣло мѣсто наименьшее ослабленіе сѣченія.

Въ фермахъ съ параллельными поясами стыки вертикальной стѣнки располагаются преимущественно въ промежуткѣ между узлами, а иногда и въ узлахъ, въ томъ случаѣ, если стыковая накладка служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ накладкой для прикрѣпленія раскосовъ; въ фермахъ же съ криволинейными поясами стыки помѣщаются по необходимости въ узлахъ, служа одновременно и фасонной накладкой для прикрѣпленія частей рѣшетки. Въ криволинейныхъ поясахъ нерѣдко обрываютъ вертикальный листъ пояса вблизи узла, вставляя въ той же плоскости фасонный листъ и соединяють его съ вертикальной стѣнкой пояса помощью двойныхъ накладокъ (черт. III).

Если вертикальная стѣнка пояса двойная, то стыки обоихъ листовъ располагаются въ перевязку, съ цѣлью достигнуть перекрытія стыка двойной накладкой (черт. 392). Само собою разумѣется, что для уменьшенія длины накладокъ нужно по возможности сблизить оба стыка. Нѣкоторые считаютъ необходимымъ раздвинуть стыки на длину *полунакладки*; другіе—на длину *двухъ полунакладокъ* (черт. 392). Первое расположеніе допустимо, если площадь накладки равна площади стыкаемого листа, а второе—примѣняется, когда площадь накладки вдвое меньше площади листа. Но такъ какъ обыкновенно площадь накладки заключается между обоими указанными предѣлами, то слѣдуетъ раздвинуть стыки на столько, чтобы въ средней части можно было размѣстить *полторное* число заклепокъ противъ числа, помѣщаемого въ концевыхъ частяхъ накладки.

Стыки горизонтальныхъ листовъ пояса перекрываютъ по необходимости *одиночной* и обыкновенно общей накладкой (черт. 338), располагая ихъ въ ступенчатомъ порядкѣ. Каждый стыкъ отодвигается отъ предыдущаго на разстояніе, позволяющее помѣстить все соотвѣтственное сѣченію листа число заклепокъ одиночнаго перерѣзыванія, т. е. на длину *полунакладки*. Такимъ образомъ, если всѣ горизонтальные листы—одного и того же сѣченія, то разстояніе между стыками сохраняется постояннымъ. Нѣкоторые инженеры даже и при этихъ условіяхъ раздвигаютъ стыки не на одинаковую величину, увеличивая расчетное разстояніе на одинъ рядъ заклепокъ, соотвѣтственно числу листовъ, заключающихся между перекрываемымъ стыкомъ и накладкой. Такъ наприимѣръ, если для непосредственнаго перекрытія стыка накладкой необходимо помѣстить два ряда заклепокъ, то стыкъ слѣдующаго листа, не прикасающагося уже непосредственно къ накладкѣ, отодвигается на три ряда заклепокъ, слѣдующій затѣмъ—на четыре ряда и т. д.; но это преувеличено, хотя нельзя отрицать, что если накладка перекрываетъ стыкъ непосредственно, то передача усилія нѣсколько неопредѣленна, и поэтому полезно увеличивать число заклепокъ. Достаточно, повидимому, увеличить число закле-

покъ на одинъ рядъ только для наиболѣе удаленнаго стыка или для нѣсколькихъ отдаленныхъ, соблюдая при томъ то основное правило, чтобы число рядовъ заклепокъ не превосходило *четыре*хъ и въ крайнемъ случаѣ *пяти* (черт. Б), такъ какъ при большемъ числѣ рядовъ заклепки не приносятъ уже существенной пользы.

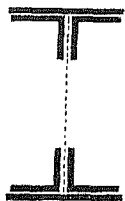
При шахматномъ расположеніи можно имѣть при такихъ условіяхъ *восемь* или *десять* рядовъ съ каждой стороны стыка. Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ, однако, имѣть въ виду, чтобы разстояніе между центрами заклепокъ по діагональному направленію не было менѣе  $3\frac{1}{2}$  д., и въ крайности 3 д.

При составленіи эпоры поясовъ слѣдуетъ наблюдать, чтобы: а) въ одномъ вертикальномъ сѣченіи не встрѣчалось болѣе одного стыка; б) чтобы стыки вертикальныхъ листовъ, уголковъ и горизонтальныхъ листовъ находились довольно близко одни возлѣ другихъ, что необходимо для удобства перевозки частей фермы и в) чтобы отдѣльныя однообразныя части были, по возможности, одинаковой длины. При этомъ концевыя, а также и среднія части каждаго ряда листовъ будутъ отличаться отъ намѣченной нормальной длины, которая во всякомъ случаѣ выбирается такъ, чтобы вѣсъ отдѣльной части не превосходилъ 25—27 пуд. (черт. 338, эпора).

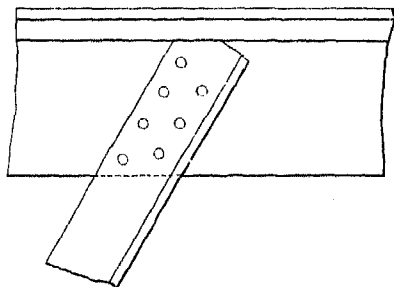
Если поясъ криволинейный и состоитъ при томъ изъ уголковъ (черт. 395), то стыки одной половины уголковъ помѣщаются въ одномъ узлѣ, а другой половины—въ другомъ; въ такомъ случаѣ фасонная накладка служитъ также для перекрытія стыка вертикальныхъ полокъ уголка, а стыки горизонтальныхъ полокъ перекрываются особыми планками (черт. 395 и 357). Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ стыки уголковъ перекрываются стыковыми уголками.

Плоскіе раскосы приклепываются или въ нахлестку къ фасонной прокладкѣ (черт. 393), или къ вертикальному листу, или же въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка двойной накладкой. Если раскосъ одиночный, то такое перекрытіе соотвѣтствуетъ *двойному* перерѣзыванію заклепокъ (черт. 394). Если же раскосъ двойной, то, несмотря на двойную накладку, перерѣзываніе заклепокъ одиночное (черт. 392). Въ обоихъ случаяхъ слѣдуетъ соблюдать правило, чтобы число заклепокъ въ одномъ ряду было не болѣе 4—5. При незначительной ширинѣ пояса (черт. 408), или при отсутствіи вертикальнаго листа (черт. 393 и 394) вставляется фасонная накладка или прокладка. Длинные раскосы состоятъ изъ двухъ или болѣе частей, и въ стыкахъ перекрываются накладками. Уголковыя раскосы и стойки, очевидно, могутъ быть приклепаны только въ нахлестку (черт. 394 и 408), причемъ, если ширина полки уголка не менѣе 5 дюйм., помѣщаются въ шахматномъ порядкѣ (черт. 391) два ряда

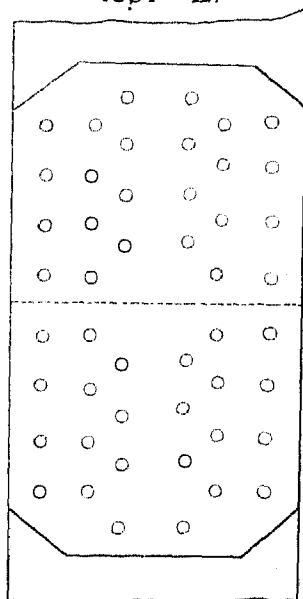
Черт Ы.



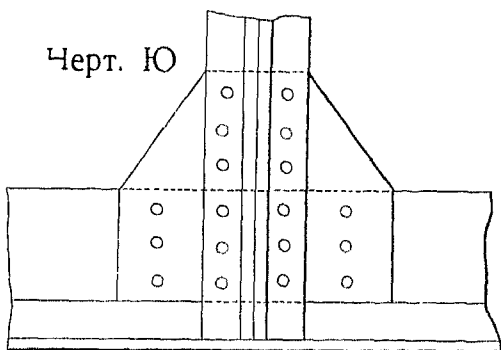
Черт. Ь.



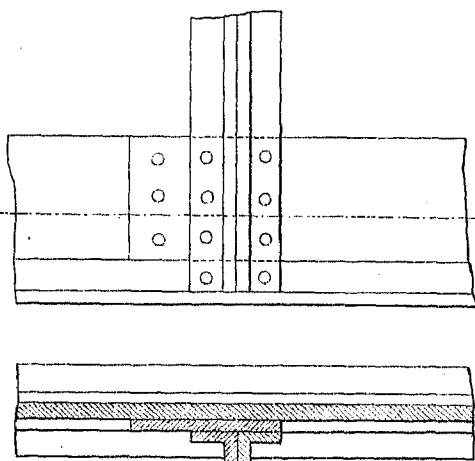
Черт Ъ.



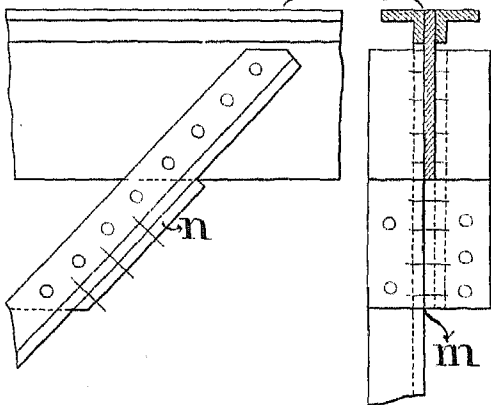
Черт. Ю.



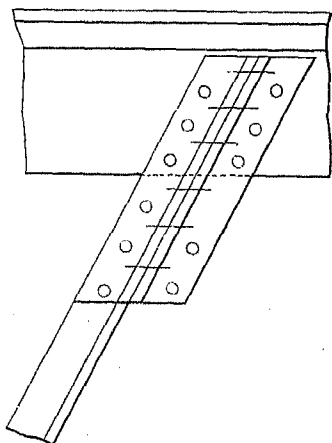
Черт. ѐ.



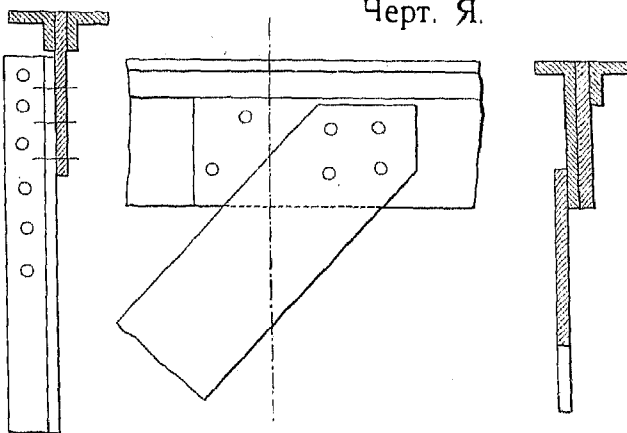
Черт. Ѓ.



Черт. Э.



Черт. Я.



заклепокъ. Въ указанномъ примѣрѣ стойка состоитъ изъ четырехъ связанныхъ рѣшеткой уголковъ, усиленныхъ вертикальнымъ листомъ такой ширины, какъ и двойная полка уголка (черт. *В*). Если ширина добавочнаго листа значительно болѣе полокъ уголковъ, то заклепки помѣщаются не только въ линіи уголковъ, но и въ выступающей части добавочнаго листа. Въ томъ случаѣ, когда число заклепокъ, необходимое для прикрѣпленія уголкового раскоса, болѣе 4 — 5, тогда можно взять неравнобокій уголокъ, позволяющій помѣстить 8 или 10 заклепокъ (черт. *Б*), или заставить заклепки работать на двойное перерѣзываніе, приклепавъ въ концѣ короткій уголокъ (черт. *В*), причемъ для взаимнаго соединенія выступающихъ полокъ уголковъ полезно наложить плоскую накладку (*н*); кромѣ того, соотвѣтственно толщинѣ вертикальнаго листа, необходимо еще помѣстить прокладку (*м*); заклепки рассчитываются въ данномъ случаѣ для запаса не на двойное, а на полуторное перерѣзываніе. Можно еще примѣнить пріемъ, указанный на чертежѣ (*Э*), помѣстивъ второй уголокъ рядомъ съ уголкомъ раскоса; но это расположеніе хуже, такъ какъ въ плоскости закрѣпленія раскосъ получитъ наибольшую ширину, что способствуетъ проявленію добавочныхъ напряженій. Этотъ пріемъ, т. е. концевое уширеніе, приходится часто примѣнять при соединеніи стойки съ вертикальнымъ листомъ пояса, а именно: когда по высотѣ пояса нельзя распредѣлить все необходимое количество заклепокъ, тогда приклепывается фасонная прокладка, и ненормируемое количество заклепокъ располагается въ уширенной части прокладки (черт. *Ю*). Вообще слѣдуетъ замѣтить, что если раскосъ или стойка приклепываются не непосредственно къ вертикальному листу пояса, а при помощи прокладки, то эту послѣднюю всегда необходимо выпустить изъ-за очертанія стойки или раскоса по крайней мѣрѣ на одинъ рядъ заклепокъ (черт. *Я*); въ противномъ случаѣ заклепки (черт. *Я*) работали бы не на перерѣзываніе, а на изгибъ. Другой примѣръ показанъ на чертежѣ (*Θ*).

Уголковые раскосы и стойки имѣютъ одинъ существенный недостатокъ: линія заклепокъ не можетъ быть расположена въ центрѣ тяжести сѣченія уголка, и поэтому всегда имѣетъ мѣсто или неравномѣрное вытягиваніе, или неравномѣрное сжатіе.

Раскосы и стойки должны быть всегда такъ направлены, чтобы ихъ осевыя линіи пересѣкались въ линіи центра тяжести пояса (черт. 392 и 393).

Тѣмъ же самымъ слѣдуетъ руководствоваться при выборѣ очертанія фасонныхъ накладокъ (черт. 395).

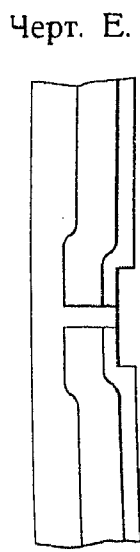
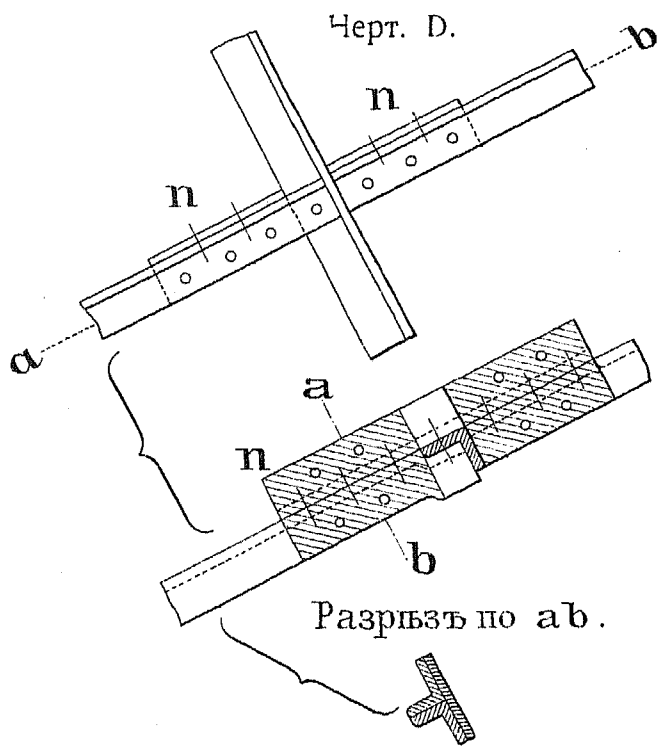
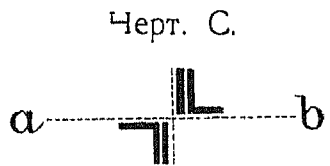
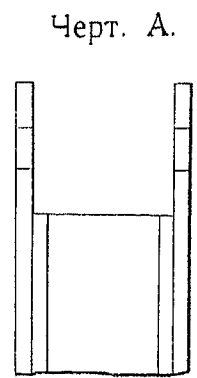
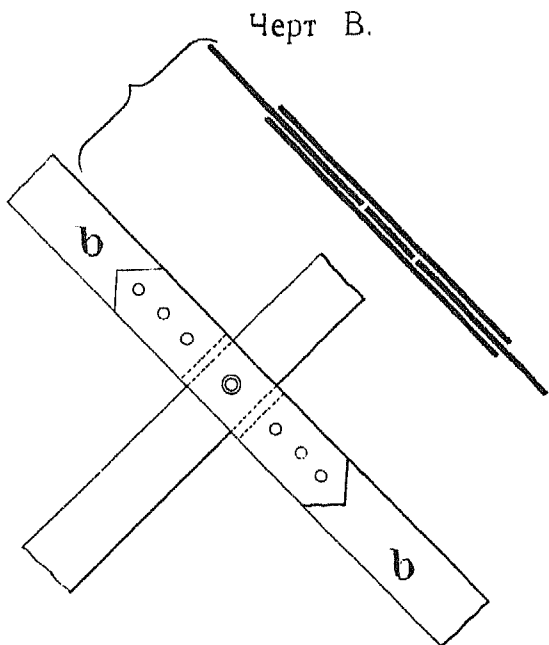
Въ фермахъ съ болтовыми соединеніями раскосы снабжены проушинами и надѣваются на шарнирный болтъ. Стойки, если онѣ имѣютъ сѣ-

ченіе, показанное на черт. 381, или подобное этому, надѣваются на болтъ такимъ же способомъ; для сего корытообразное желѣзо обрывается на нѣкоторомъ разстояніи отъ шарнира, такъ что стойка (черт. А) состоитъ вверху и внизу только изъ двухъ полосъ, въ которыхъ и дѣлается отверстіе для шарнира. Если стойка многоугольнаго сѣченія (черт. 396), то въ верхней части она окаймляется уголкою и приклепывается непосредственно къ нижнему горизонтальному листу пояса; въ нижней части къ ней приклепывается особая чугунная или стальная вилкообразная подушка, съ четырьмя стѣнками, въ которыхъ сдѣланы отверстія для шарнира; эти стѣнки спускаются до поперечныхъ балокъ и обхватываютъ ихъ закраинами, такъ что давленіе стойки на узелъ можетъ отчасти передаваться чрезъ подушку на поперечныя балки, а оттуда чрезъ подвѣску на шарниръ пояса. Это приспособленіе нельзя назвать удачнымъ.

При взаимномъ пересѣченіи раскосовъ и стоекъ могутъ встрѣтиться очень разнообразныя случаи. Если плоскій раскосъ и уголокъ (черт. 397), или плоскій раскосъ и уголокъ, усиленный планкой (черт. 398), или два раскоса  $\Omega$  сѣченія (черт. 399) встрѣчаются *не* въ одной плоскости, то въ такихъ случаяхъ помѣщается въ точкѣ пересѣченія прокладка, приклепанная къ обоимъ раскосамъ. Въ настоящее время, какъ сказано выше, въ этой планкѣ или въ раскосахъ дѣлаютъ овальныя или круглыя увеличеннаго діаметра отверстія. Если оба плоскіе встрѣченные раскосы находятся въ одной плоскости, тогда всѣ четыре раскоса перерѣзываются (черт. 400) и перекрываются съ двухъ сторонъ накладкою, общей для всѣхъ четырехъ вѣтвей. При подобномъ соединеніи нарушается независимость дѣйствія обоихъ раскосовъ; поэтому предпочтительнѣе сдѣлать соединеніе, показанное на чертежѣ (В); здѣсь—раскосъ (а) продолжается непрерывно (обыкновенно наиболѣе напряженный); встрѣчный (b) разрѣзывается и перекрывается съ двухъ сторонъ накладками; по серединѣ нмѣется болтъ съ отверстіемъ, допускающимъ свободное движеніе.

При встрѣчѣ въ одной плоскости уголкового раскосовъ (черт. 401) наиболѣе напряженный изъ нихъ и преимущественно сжатый проходитъ непрерывнымъ; встрѣчный перерѣзывается и нагибается на полки предыдущаго уголка; для возмѣщенія перерѣзанной площади уголка помѣщается накладка, на которую наклепываются оба встрѣчныхъ раскоса. Такъ же поступаютъ и при встрѣчѣ уголка раскоса съ уголкою стойкой, причемъ уголокъ стойки тянется, не прерываясь; уголокъ раскоса перерѣзывается, и обѣ части соединяются рыбообразной накладкою.

На черт. 403 показанъ типъ пересѣченія двухъ раскосовъ, примененный Герберомъ въ одномъ изъ Дунайскихъ мостовъ. Оба раскоса крестообразнаго сѣченія и состоятъ изъ двухъ накрестъ поставленныхъ уголковъ, усиленныхъ планкой (черт. С) и связанныхъ рѣшеткой. Наиболѣе



напряженный раскосъ не прерывается; встрѣчный перерѣзывается, причемъ для возмѣщенія перерѣзаннаго раскоса помѣщается толстая планка по направленію (*ab*) (черт. *C* и черт. 403). Но это соединеніе не вполне удачно. Лучше перекрывать стыки прерваннаго уголка—уголкомъ, помѣщеннымъ съ противоположной стороны (черт. *D*); въ этомъ случаѣ соединеніе заклепками дѣлается не только по непосредственно соприкасающимся гранямъ прерваннаго и стыковаго уголка, но также и по остальнымъ двумъ полкамъ, находящимся въ одной плоскости, что достигается помощью накладки (*n*). То же расположеніе показано на черт. 407; здѣсь не имѣется дополнительной накладки, о которой сейчасъ было говорено; рѣшетка же между уголками раскосовъ проходитъ безпрепятственно въ промежуткѣ, занятомъ стыковыми уголками. На черт. 406 показанъ другой способъ перекрытія: прерванные уголки раскоса замѣнены планкой, что можетъ быть допущено при условіи, чтобы сѣченіе планки соответствовало сѣченію уголка и чтобы раскосъ былъ вытянутый, а не сжатый; во всякомъ случаѣ первый способъ перекрытія стыка слѣдуетъ считать совершеннѣе.

При встрѣчѣ стойки съ двумя системами раскосовъ обыкновенно оставляютъ непрерывною наиболѣе напряженную часть рѣшетки и во всякомъ случаѣ отдають предпочтеніе сжатой части, даже и тогда, когда она менѣе напряжена. Такъ на примѣръ, на черт. 402 показанъ подобный случай: стойка состоитъ изъ четырехъ уголковъ, соединенныхъ рѣшеткой и приклепанныхъ съ внутренней стороны коробчатаго пояса (на чертежѣ видны, очевидно, только два уголка); раскосы тавроваго сѣченія; одна система раскосовъ приклепана съ внутренней стороны коробчатаго пояса, а другая—съ внѣшней. Первая система встрѣчается съ уголками стойки въ одной плоскости, и поэтому, оставляя стойку неперерѣзанною, нужно было прервать раскосъ; другую систему раскосовъ можно было бы провести не прерывая, но такъ какъ длина раскоса (тавра) велика, то въ томъ же узлѣ сдѣланъ стыкъ и этого раскоса. Общей стыковой накладкой служить особая четырехугольная планка, помѣщенная въ плоскости вертикальнаго листа пояса и называемая обыкновенно *звѣздою*; она дѣлается такого сѣченія, чтобы соответствовала сопротивленію разрыва каждаго раскоса въ отдѣльности. Подобное соединеніе имѣетъ тотъ недостатокъ, что независимость работы каждой системы раскосовъ и стойки—невозможна.

Ради удобства взаимнаго пересѣченія, уголки внутреннихъ раскосовъ измѣняютъ свое положеніе, т. е. на извѣстномъ протяженіи своей длины они помѣщены съ наружной стороны пояса, а затѣмъ—съ внутренней и т. д. По той же причинѣ приходится разрѣзать раскосъ на болѣе мелкія части, чѣмъ того требуетъ предѣльный вѣсъ. На черт. 404 показанъ по-



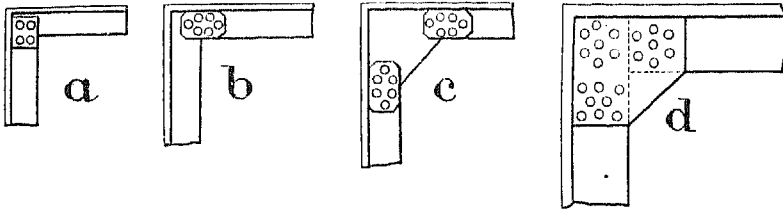
добный типъ соединенія, немного, впрочемъ измѣненный: уголки стойки, приклепанные съ внутренней стороны стѣнки пояса, продолжаютъ не прерываясь: верхняя часть обѣихъ системъ раскосовъ приклепана съ внутренней стороны, а нижняя часть тѣхъ же системъ—съ вѣшной стороны; перекрытіе стыка сдѣлано помощью звѣзды, помѣщенной въ плоскости вертикальнаго листа пояса.

На черт. 405 показанъ типъ пересѣченія, гдѣ стойка только *частію* перерѣзана; одинъ изъ раскосовъ *цѣльный*, а другой раскосъ также *частію* перерѣзанъ. Обѣ системы раскосовъ тавроваго сѣченія изъ прокатнаго желѣза; стойка тавроваго сѣченія, но составная; одна система раскосовъ приклепана съ внутренней стороны пояса, а стойки и другая система раскосовъ—съ наружной стороны, причемъ, однако, листъ стойки приклепанъ къ стѣнкѣ пояса не въ нахлестку, а въ притыкъ, т. е. находится съ ней въ одной плоскости. Такимъ образомъ упомянутый листъ стойки не можетъ встрѣтиться ни съ однимъ изъ раскосовъ—онъ заключенъ между ними; можетъ произойти встрѣча только уголковъ стойки и тавра раскоса. Раскосъ, приклепанный съ внутренней стороны пояса, тянется не прерываясь. Равнымъ образомъ *не* перерѣзаны *оба* листа стойки, а перерѣзаны только уголки стойки, наклепанные на полки тавроваго раскоса. Вертикальный листъ стойки (нормальный къ плоскости фермы) въ мѣстѣ пересѣченія со встрѣчнымъ раскосомъ имѣетъ небольшую выемку (черт. *Е*), соответствующую широкой полкѣ тавроваго раскоса; это даетъ возможность пропустить безъ перерыва широкую полку раскоса, приклепаннаго съ наружной стороны, сдѣлавъ только прорѣзъ въ короткой полкѣ тавра для пропуска вертикальнаго листа стойки. Слѣдовательно, въ стойкѣ не перерѣзаны оба листа, а въ раскосѣ—широкая полка тавра; съ другой стороны перерѣзаны въ стойкѣ два уголка, а въ раскосѣ—узкая полка тавра.

Соединеніе опорныхъ стоекъ съ поясомъ; взаимное соединеніе верхняго и нижняго поясовъ въ фермахъ съ криволинейными поясами.

Въ фермахъ съ параллельными поясами, у которыхъ пояса и опорныя стойки тавроваго или коробчатаго сѣченія, соединеніе можетъ быть сдѣлано троякимъ путемъ: вертикальный листъ пояса продолжается до конца фермы съ перекрытіемъ двумя накладками горизонтальнаго стыка между вертикальнымъ листомъ пояса и опорной стойкой (черт. *F*, *a*); вертикальный листъ стойки продолжается до верху (черт. *F*, *b*), что въ разрѣзныхъ фермахъ рациональнѣе, такъ какъ поясъ въ первой панели мало напряженъ, и потому безопаснѣе сдѣлать стыкъ въ поясѣ, а не въ стойкѣ; вертикальные листы пояса и стойки обрываются на нѣкоторомъ разстояніи отъ узла, и въ плоскости обоихъ листовъ вставляется про-

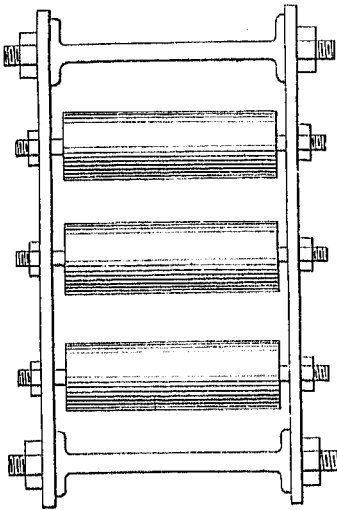
Черт. F.



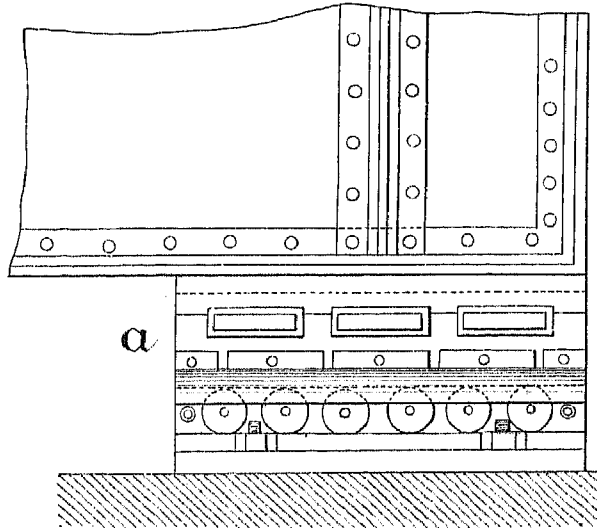
Черт K



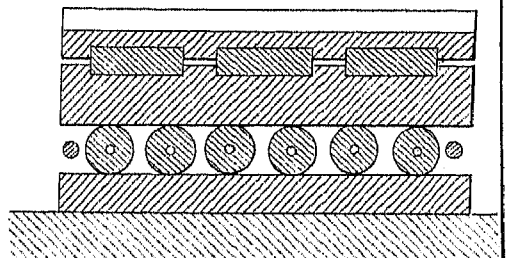
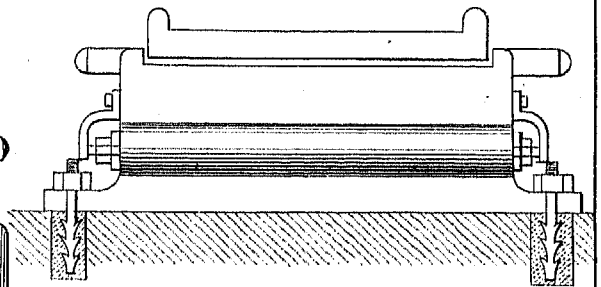
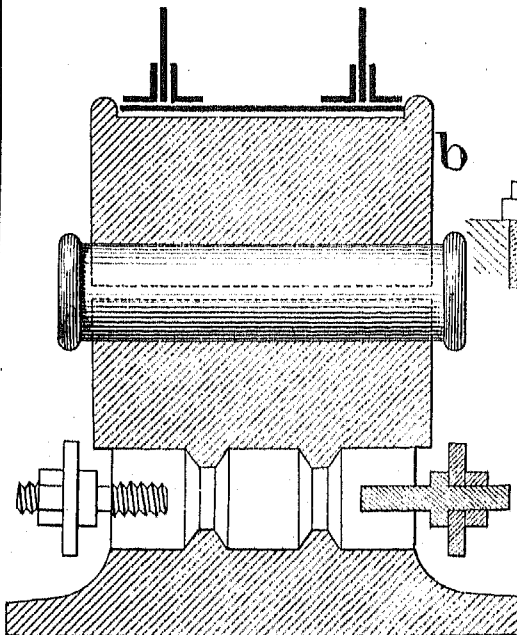
Черт. O.



Черт. M.



Черт. N.



кладка, соединяемая парными накладками съ вертикальнымъ листомъ пояса стойки (черт. *F*, *c*); фасонная прокладка бываетъ необходима и потому, что ширина пояса обыкновенно оказывается недостаточной для прикрѣпленія перваго наиболѣе напряженнаго раскоса. Это соединеніе, впрочемъ, слабѣе втораго. Поэтому наиболѣе рациональнымъ представляется типъ (черт. *F*, *d*), гдѣ стыкъ между вертикальнымъ листомъ пояса и стойки перекрытъ двойной фасонной накладкой.

На черт. 408 показанъ въ деталяхъ типъ (черт. *F*, *c*). Въ плоскости вертикальныхъ листовъ пояса и стойки вставлена фасонная прокладка; стыки перекрыты парными накладками; накладки верхняго пояса помещены между поясными уголками и уголкомъ жесткости; накладки же, перекрывающія стыкъ листа въ стойкѣ, подведены подъ уголки стойки, такъ что здѣсь оказалось необходимымъ нагибаніе уголковъ стойки на накладку; раскосъ приклепанъ въ нахлестку къ фасонной прокладкѣ.

На черт. 409 показано прикрѣпленіе стойки въ неразрѣзной фермѣ. Поясъ фермы тавроваго сѣченія; опорная стойка состоитъ изъ листа, четырехъ уголковъ и двухъ поперечныхъ вертикальныхъ листовъ. Вертикальный листъ стойки находится въ одной плоскости съ вертикальнымъ листомъ пояса; стыкъ перекрытъ двойной накладкой; вытянутые плоскіе раскосы приклепаны съ внутренней стороны пояса, сжатые—тавровые—съ наружной. Здѣсь слѣдуетъ обратить вниманіе, что въ неразрѣзной фермѣ, около середины опорныхъ стоекъ, вытянутые раскосы одного пролета составляютъ продолженіе сжатыхъ раскосовъ смежнаго пролета и обратно.

Способъ соединенія верхняго и нижняго поясовъ въ фермахъ съ криволинейными поясами находится въ зависимости отъ типа поясовъ. Такъ, напримѣръ, если оба пояса крестоваго сѣченія изъ четырехъ уголковъ (черт. 411), то соединеніе дѣлается помощью фасонной прокладки, зажатой между вертикальными полками уголковъ. Уголки верхняго пояса, не прерываясь, доходятъ до опорной подушки. Въ приведенномъ примѣрѣ не представлялось удобнымъ приклепать къ поясу поперечную балку; поэтому крайней поперечной балки не имѣется, и послѣднія продольныя балки опираются непосредственно на устой, имѣя самостоятельныя опорныя подушки.

Соединеніе поясовъ помощью фасонной прокладки дѣлается и при **H**-образныхъ поясахъ, составленныхъ изъ однихъ уголковъ. На черт. 412 показанъ такой поясъ; каждая грань верхняго и нижняго пояса состоитъ изъ 8-ми уголковъ, а всего 16 уголковъ въ поясѣ (черт. *K*). Уголки верхняго пояса вблизи опорной подушки нѣсколько расходятся, соответственно длинѣ подушки. Кромѣ того приклепаны снаружи дополнительные 8 уголковъ, для лучшаго соединенія съ прокладкой, такъ что около

подушки сѣчение пояса состоитъ изъ 24 уголковъ. Въ предѣлахъ высоты прокладки, между внутренними уголками обѣихъ стѣнокъ, помѣщены изогнутые по кривой сплошные листы, образующіе тройную діафрагму. Къ верхней части наружной дополнительной пары уголковъ приклепаны горизонтальные короткіе уголки, на которые поставлена поперечная балка. Для прикрѣпленія горизонтальныхъ связей приклепаны съ наружной стороны, по серединѣ высоты пояса, два короткихъ уголка.

На черт. 410 показанъ одинъ изъ типовъ соединенія двухъ криволинейныхъ поясовъ. Ферма системы Паули; верхній поясъ двутавроваго сѣченія, нижній составленъ изъ листовъ. Вблизи опоръ вертикальный листъ верхняго пояса прерванъ и замѣненъ фасоннымъ листомъ, ограниченнымъ вверху горизонтально, внизу—по кривой, съ одной изъ сторонъ по вертикальному направленію, а съ другой по ломаной линіи. Верхніе уголки сжатаго пояса тянутся, не прерываясь, до опорной стойки; нижніе уголки того же пояса доходятъ только до нижняго пояса. Верхній горизонтальный листъ продолжается по криволинейному поясу нѣсколько далѣе стыка вертикальнаго листа съ фасоннымъ листомъ, причемъ въ концевой части горизонтальнаго листа сдѣланъ прорѣзъ для пропуска вертикальной стѣнки фасоннаго листа. Независимо отъ сего горизонтальный листъ фасонной вставки нагибается на извѣстномъ протяженіи на горизонтальный листъ криволинейнаго пояса, такъ что верхній горизонтальный листъ двутавроваго пояса можно считать какъ бы непрерывнымъ вплоть до опорной стойки. Нижній поясъ фермы склепанъ съ тѣмъ же фасоннымъ листомъ помощью пары уголковъ и накладокъ. Назначеніе прокладокъ—доставить два ряда заклепокъ въ соединеніи съ вертикальной стѣнкой. На нѣкоторомъ разстояніи отъ опорной стойки помѣщена для жесткости стойка тавроваго сѣченія, причемъ во избѣжаніе двойного выгиба ея помѣщена широкая прокладка. Непосредственно надъ осью опорной подушки приклепаны съ обѣихъ сторонъ два вертикальные уголка, между которыми съ одной стороны зажата діафрагма въ видѣ консоли, а съ другой — діафрагма, служащая для болѣе удобнаго прикрѣпленія сквозной поперечной балки.

#### Опорныя подушки.

*Опорныя подушки*, смотря по величинѣ пролета, устраиваются: а) скользящія; б) на каткахъ безъ балансира и в) на каткахъ съ балансиромъ.

Скользящія подушки примѣняются въ фермахъ до 7 саж. включительно. На одномъ концѣ фермы устраивается неподвижная опора, а на другомъ—подвижная, т. е. на одномъ концѣ ферма соединена съ подушкой наглухо, а на другомъ—такого соединенія не сдѣлано. Какъ въ томъ,

такъ и въ другомъ случаѣ подушка прикрѣпляется къ подферменному камню или помощью реборды, имѣющейся на нижней грани подушки, или помощью заершенныхъ болтовъ, вставленныхъ въ углубленіе, сдѣланное въ подферменномъ камнѣ и залитое свинцомъ; съ боковъ подушка ограничена закраинами. Поясъ фермы опирается на опорную подушку не непосредственно, а прокладывается чугунная доска, наглухо привинченная къ поясу болтами съ потайными головками, или же къ поясу приклепывается потайными заклепками желѣзный листъ. Если головки заклепокъ сдѣланы не потайными, тогда въ чугунной подушкѣ, прикрѣпленной къ подферменному камню, для возможности перемѣщенія фермы отъ измѣненія температуры, необходимо сдѣлать продольныя углубленія (каналюры). Для прикрѣпленія фермы къ подушкѣ неподвижной опоры, высверливается въ послѣдней не во всю толщину ея два или болѣе цилиндрическихъ отверстія, внутри которыхъ дѣлается винтовая нарѣзка. Эти отверстія должны быть расположены противъ заклепочныхъ отверстій горизонтальнаго листа пояса. Затѣмъ вмѣсто потайной заклепки, или вмѣсто болта съ потайной головкой завинчивается сверху винтъ, плотно прикрѣпляющій ферму къ нижней подушкѣ.

На черт. 414 показана подвижная опорная подушка, причѣмъ вмѣсто боковыхъ закраинъ въ нижней подушкѣ сдѣланъ выступъ въ срединѣ съ соотвѣтственнымъ углубленіемъ въ верхней доскѣ, наглухо приклепанной къ поясу. Какъ эти выступы, такъ и закраины необходимы, чтобы препятствовать боковому перемѣщенію фермы.

На черт. 413 показанъ типъ неподвижной опоры, причѣмъ боковому перемѣщенію препятствуютъ закраины, а продольному перемѣщенію—головки заклепокъ, входяція въ соотвѣтственныя углубленія въ подушкѣ; поднятіе фермъ задерживается накладками, прижатыми плотно къ подушкѣ гайками болтовъ и покрывающими собою часть пояса фермы.

При пролетахъ до 3 саж. включительно, во избѣжаніе вреднаго дѣйствія ударовъ проходящаго поѣзда на кладку, между фермой и подушкой помѣщается деревянный мауерлатъ. На черт. 321 показанъ одинъ изъ наиболѣе простыхъ типовъ. Двойной мауерлатъ прикрѣпляется помощью горизонтальныхъ стяжныхъ болтовъ къ вертикальной полкѣ уголка, наглухо прикрѣпленнаго къ подферменному камню. Къ мауерлату привинчивается чугунная подушка, а въ остальномъ поступаютъ подобно предыдущему. Во избѣжаніе гніенія нижней грани мауерлата, верхней поверхности уступа устоя между подферменными камнями придается небольшой уклонъ для стока дождевой воды.

Въ фермахъ отъ 7 до 12 сажень включительно подвижная опорная подушка устраивается на каткахъ безъ балансира. На черт. (М) показанъ одинъ изъ примѣровъ. Къ подферменному камню прикрѣплена заер-

шенными болтами подушка (черт. *М*); на нее положено шесть чугунных цилиндрических катковъ, высверленныхъ внутри; сквозь это отверстие проходитъ желѣзный стержень, снабженный по концамъ винтовой нарѣзкой. Для сохраненія неизмѣннаго разстоянія между катками, на выступающія части стержня насажена общая планка; концы планокъ стянуты кромѣ того особыми стяжными болтами. На катки поставлена чугунная доска, прикрѣпленная къ поясу фермы. Если пролетъ довольно большой, то эта чугунная доска составляется изъ двухъ частей, изъ которыхъ верхняя прикрѣпляется къ поясу, а нижняя кладется на катки (черт. *М*); въ обѣихъ доскахъ сдѣланы углубленія, въ которыя вгоняются стальные клинья, имѣющіе назначеніе придать верхней доскѣ наклонное положеніе, сообразно существующему прогибу фермы, такъ какъ въ противномъ случаѣ катки были бы неодинаково напряжены. вмѣсто такой составной подушки, ставятъ иногда на катки подушку, ограниченную сверху цилиндрической поверхностью, а на эту послѣднюю опирается уже поясъ фермы. Къ чугунной доскѣ для защиты катковъ отъ пыли привинчивается особый зонтикъ изъ листового желѣза, или чугунный. На черт. (*М,а*) показанъ боковой фасадъ съ зонтомъ; на черт. (*М,б*) — поперечный фасадъ; на черт. (*М,в*) — продольный разрѣзъ.

При пролетахъ свыше 12 саж. опорныя подушки устраиваютъ на балансирахъ. Общій видъ подобной подушки показанъ на черт. 350 и черт. 415. Къ подферменному камню прикрѣпляется чугунная доска съ ребордами на нижней грани. На доску кладутся катки цилиндрическіе или срубанные (послѣдніе въ настоящее время уже болѣе не употребляются), связанные одной общей рамой. На катки ставится нижній балансиръ съ ребордами, имѣющій сверху по серединѣ цилиндрическое углубленіе для приѣма шарнира. На шарнирѣ помѣщается верхній балансиръ съ ребордами, наглухо прикрѣпленный къ поясу фермы.

Катки и шарниры должны быть снабжены наружными ребордами; иногда вмѣстѣ сего, для уничтоженія возможности бокового перемѣщенія, дѣлаются закраины въ чугунной подушкѣ (черт. 415), или же въ каткахъ и въ шарнирѣ дѣлаются углубленія (черт. *Н*) и соотвѣтственныя возвышенія въ нижней доскѣ и въ нижнемъ балансирѣ. Въ виду затруднительности обточки шарнира и катковъ съ ребордами, можно приготовить таковыя безъ ребордъ, но дѣлать ихъ болѣе длинными и снабжать концы нарѣзкой, на которые, по установкѣ балансировъ, навинчивать кольца, образующія реборды. Для взаимной связи катковъ въ нихъ высверливается съ обоихъ концовъ цилиндрическое углубленіе, дѣлается винтовая нарѣзка (черт. *Н*) и ввинчивается желѣзный стержень, имѣющій мѣстное утолщеніе въ наружной частн. На наружную часть стержня надѣвается общая планка (шириною 3—4 д., толщиною  $\frac{1}{2}$  д.). Обѣ

планки стягиваются кромѣ того по концамъ особыми болтами (черт. 415 и черт. O), имѣющими тоже мѣстныя утолщенія. Прежде для сбереженія мѣста употребляли катки со срѣзанными гранями, причѣмъ для сохраненія параллелизма между катками обязательно помѣщались по высотѣ двѣ планки. Опыты показали, однако, что и при двухъ ярусахъ планокъ катки, выведенные изъ вертикальнаго положенія, съ трудомъ возвращаются въ первоначальное положеніе; поэтому въ настоящее время принято дѣлать катки цилиндрическаго круглаго сѣченія. На черт. 415 показано еще приспособленіе для выравниванія высотъ опоръ помощью клинѣвъ, что имѣетъ существенное значеніе въ неразрѣзныхъ фермахъ.

### ХІІІ.

## Металлическія фермы съ горизонтальнымъ распоромъ.

Разсмотримъ сначала фермы съ распоромъ прямого направленія (подкосныя и арочныя), а затѣмъ фермы съ распоромъ обратнаго направленія (висячія).

**Подкосныя металлическія фермы. Различные типы прогоновъ стоекъ и подносовъ и взаимное ихъ соединеніе. Сопряженіе стоекъ съ каменной опорой. Перекрытіе стыковъ. Связи.**

Фермы подкоснаго типа не имѣютъ обширнаго примѣненія; онѣ устраиваются преимущественно изъ снятыхъ съ пути желѣзныхъ рельсовъ и употребляются только для перекрытія незначительныхъ пролетовъ (до 4 саж.) въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу или въ пѣшеходныхъ мостахъ. Подобныя фермы вполне цѣлесообразны для устройства переходовъ чрезъ станціонныя пути и для виадуковъ надъ желѣзной дорогой, такъ какъ онѣ обезпечены отъ возможности загоранія отъ искръ паровоза. На черт. 416 изображенъ общій видъ такого виадука. Опоры и пролетныя части изъ рельсовъ; по длинѣ виадука шесть стоекъ изъ парныхъ рельсовъ, опирающихся на каменные столбы. Рельсы стоекъ на извѣстной высотѣ отгибаются въ сторону и переходятъ въ подкосы и ригель. Въ образующійся между подкосами и поясомъ просвѣтъ вставленъ треугольникъ изъ рельсовъ. Крайніе пролеты, приходящіеся уже въ откосъ вѣздовъ на виадукъ, приведены въ неизмѣняемый видъ системой діагоналей.

Вообще прогоны фермъ и стойки опоръ составляются изъ взаимно склепанныхъ двухъ рельсовъ, сложенныхъ головками или пятами. Въ по-

слѣднемъ случаѣ между обоими рельсами оставляется промежутокъ около  $\frac{3}{8}$  д. для помѣщенія фасонной прокладки, къ которой приклепываются связи (черт. 417). Въ виду незначительной ширины пяты рельса (около 4 д.) заклепки помѣщаются иногда въ наклонномъ направленіи (черт. 417). Подкосы дѣлаются изъ двойныхъ или одиночныхъ рельсовъ. Сопряженія стоекъ съ прогономъ и подкоса съ прогономъ и стойкой весьма разнообразны; такъ иногда въ мѣстѣ сопряженія снимаютъ строганіемъ, пилой или сплющиваютъ выступающую часть головки рельса вровень съ шейкой его и затѣмъ обжимаютъ сростъ парными накладками съ необходимымъ числомъ заклепокъ (черт. 418). Сростъ одиночнаго подкоса съ рельсомъ показанъ на черт. 419. Нерѣдко, во избѣжаніе расходовъ по остругиванію, заполняютъ прокладками углубленіе между головкой и пятой рельса (черт. 420). Подкосы составляютъ иногда продолженіе рельсовъ стойки (черт. 421), переходя затѣмъ въ ригель. Для образованія въ промежуткѣ между подкосами двойного прогона, — вставляется треугольникъ (черт. 421), склепанный съ прогономъ и съ подкосами. На томъ же чертежѣ изображено прикрѣпленіе діагональной связи къ стойкѣ: выступающая часть головки рельса сръзана, приклепана фасонная накладка, а къ ней—связь, состоящая изъ тавра, полученнаго изъ рельсовъ путемъ сръзки головки.

Сопряжение стойки съ каменной опорой (столбомъ) дѣлается при помощи чугунаго башмака, въ который вставляется стойка; башмакъ прикрѣпляется къ кладкѣ болтами (черт. 422). Стыки рельсовъ въ прогонахъ помѣщаются обыкновенно надъ опорами и въ перевязку; ихъ перекрываютъ: а) одиночной накладкой: со стороны пяты, для чего пользуются оставленнымъ просвѣтомъ между парными рельсами и б) двумя накладками, обжимающими шейку рельса, заполнивъ предварительно прокладками углубленіе между головкой и пятой (черт. 421'). Путевыя рельсовые накладки не годятся для этой цѣли, такъ какъ имѣютъ продолговатыя отверстія; на томъ же основаніи и существующія болтовыя отверстія въ шейкѣ рельса, какъ овальныя, также не удовлетворяютъ требованіямъ прочнаго стыка, въ которомъ стержень заклепки долженъ вполне заполнять отверстіе. Въ виду сего предпочтительнѣе, отрубивъ концы рельсовъ, просверливать круглыя отверстія и примѣнять особыя накладки. Нерѣдко въ стыкѣ сръзывается выступающая часть головки, и вертикальныя накладки плотно прилегаютъ къ шейкѣ, причѣмъ является возможность помѣстить по высотѣ два ряда заклепокъ.

Иногда парные рельсы складываютъ не пятами, а головками (черт. 423), связывая рельсы особыми изогнутыми накладками, препятствующими скольженію одного рельса по другому. Сопряжение подкоса съ прогономъ (черт. 423) или со стойкой можетъ быть сдѣлано въ этомъ



случаѣ непосредственнымъ склепываніемъ пять рельсовъ, для чего слѣдуетъ изогнуть предварительно концы подкоса; прикрѣпленіе же стойки къ прогону дѣлается помощью уголковъ (черт. 423).

Разстояніе между фермами не превосходитъ 5 ф.; поверхъ прогона кладутся деревянные поперечные брусья, прикрѣпляемые къ прогону, какъ указано на черт. 417, т. е. скобой или болтомъ, или же помощью уголковъ и стяжныхъ болтовъ, если рельсъ обращенъ пятою вверхъ (черт. 423); на поперечинахъ располагается двойной досчатый настиль.

Связи между стойками и фермами дѣлаются изъ уголковъ или тавровъ, приготовляемыхъ изъ рельсовъ срѣзкою головки; связи приклепываютъ къ прокладкамъ (черт. 417), помѣщаемымъ въ промежуткѣ между пятами рельсовъ, или же непосредственно къ рельсу сбоку (черт. 421), срѣзавъ предварительно выступающую часть головки.

#### Арочныя фермы. Три характерныхъ типа.

Металлическія арочныя фермы устраиваются изъ чугуна, желѣза и стали.

Всѣ арочныя фермы можно подвести къ тремъ группамъ: 1) арка съ задѣланными пятами, 2) арка съ шарнирами въ пятахъ и 3) арка съ тремя шарнирами (въ пятахъ и въ ключѣ).

Въ каждой изъ трехъ группъ встрѣчается нѣсколько разновидностей, отличающихся тѣмъ или инымъ приспособленіемъ, обеспечивающимъ жесткость фермы. Такъ напр. жесткость можетъ быть достигнута: а) помощью вспомогательной фермы (черт. 428), б) приданіемъ аркѣ жесткаго сѣченія (рис. 24) и в) соединеніемъ арки съ прогономъ сплошной стѣнкой (черт. 441) или системой раскосовъ и стоекъ (черт. 12). Кроме того какъ арка, такъ и приспособленія, обеспечивающія жесткость ея, могутъ имѣть сплошную или сквозную стѣнку (рис. 22, 23 и 24 \*).

**Чугунныя и желѣзныя трубы.** Трубы изъ чугунныхъ сводовъ, опирающихся на наменные стѣнки. Цилиндрическія круглыя трубы; длина звеньевъ; реборды; перенрытіе стыновъ. Устройство основанія. Замѣна лопнувшихъ звеньевъ, Желѣзныя цилиндрическія трубы.

Къ чугуннымъ арочнымъ фермамъ слѣдуетъ причислить между прочимъ покрытія отверстій отъ 0,33 саж. до 1,00 саж., оставляемыхъ въ подошвѣ полотна дороги для пропуска воды; покрытія эти могутъ быть въ видѣ *сегмента*, *полуокружности* или, наконецъ, *цилиндрическія круглыя* трубы. Въ двухъ первыхъ типахъ имѣются каменные стѣнки, на которыя опираются чугунныя покрытія, состояція при отверстіи до 0,50 саж.

\* Замѣтъ арка можетъ имѣть свѣсы (консоли), а также затяжку, принимающую на себя распоръ арки.

изъ цѣлыхъ отдѣльныхъ звеньевъ длиною 0,50 саж., снабженныхъ заплечиками и двумя или тремя поперечными ребордами, приче́мъ толщина покрытія около  $\frac{1}{2}$  д. (черт. 424); подобный типъ трубъ примѣненъ на Моршанско-Сызранской ж. д. Въ трубахъ второго типа сводъ состоитъ изъ двухъ половинъ, свинченныхъ въ ключъ арки и по направляющимъ арки. На Тульскомъ шоссе имѣются такія трубы (черт. 425) отверстіемъ въ 5 ф. и 7 ф., толщина свода 1 д.; каждое звено кромѣ заплечиковъ въ пятахъ имѣетъ еще продольный и поперечный флянецъ и рядъ поперечныхъ ребордъ, толщиною въ  $1\frac{1}{2}$  и высотойю отъ 1,5 д. до 5 д. въ трубахъ отверстіемъ 5 ф. и отъ 2,3 д. до 7 д. въ трубахъ отверстіемъ 7 ф. въ зависимости отъ измѣненія высоты насыпи отъ 1 до 6 саж. Чугунный сводъ опирается заплечиками на каменную стѣнку въ уровнѣ поверхности земли; стѣнки заложены на ростверкѣ, лотокъ вымощенъ. Въ обоихъ типахъ слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на возможно тщательную обтеску пятъ каменныхъ стѣнокъ во избѣжаніе излома заплечиковъ; иногда подъ этими послѣдними помѣщаются слой асфальта, войлока или подливаютъ звенья на цементномъ растворѣ. При свинчиваніи флянцевъ продольныхъ и поперечныхъ швовъ,—въ промежуткѣ между ними кладется смоленый войлокъ: чугунные своды покрываются слоемъ глины или бетона.

*Цилиндрическія* круглыя трубы дѣлаются отверстіемъ 0,50 саж., толщиною отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  д., снабжены ребордами толщиною  $1\frac{1}{2}$  д. и высотойю до 6 д., и расположенными на взаимномъ разстояніи около 15 д. Длина звеньевъ 0,50 саж.; стыки перекрываются особымъ хомутомъ изъ полосоваго желѣза  $6 \times \frac{1}{2}$  д., состоящимъ изъ двухъ свинченныхъ половинокъ (черт. 426). Звенья укладываются съ промежуткомъ въ  $\frac{1}{2}$  д., забиваемымъ смоленой пеньковой плетенкой; затѣмъ стыкъ перекрывается смоленнымъ войлокомъ, па который надѣвается стыковый бандажъ (хомуть).

Въ виду того, что по чугунной трубѣ дождевая вода проходитъ нерѣдко полнымъ сѣченіемъ съ значительной скоростью, необходимо принять мѣры противъ того, чтобы вода не могла высасывать частицы грунта насыпи сквозь случайно разошедшіеся стыки и содѣйствовать образованію вредныхъ пустотъ (кавернъ) въ насыпи. Съ этою цѣлью помѣщаютъ непосредственно за ближайшими къ стыку ребордами (черт. 426) два бандажа, состоящіе также изъ двухъ половинъ, приче́мъ однако обѣ половины не соприкасаются вплотную; въ образующійся такимъ образомъ просвѣтъ проходитъ длинный стяжной болтъ діаметромъ въ  $1\frac{1}{2}$  д., снабженный широкой шляпкой и гайкой. При плотномъ свинчиваніи гайки—головка и гайка упираются въ выступающія кромки бандажей, которые въ свою очередь плотно прилегаютъ къ крайнимъ ребордамъ звена (черт. 426). Подобнымъ устройствомъ соединенія достигается плотность стыка,

труба сохраняет гибкость и, составляя одно цѣлое, представляет значительное сопротивленіе выносу ея теченіемъ воды, чему въ очень слабой степени сопротивляются отдѣльныя, ничѣмъ не связанныя звенья. Для того, чтобы еще болѣе обезпечить трубу отъ выноса ея сильнымъ теченіемъ, она устраивается на бетонномъ основаніи (1 часть цем. + 3 ч. песку + 7 ч. щебня); звенья укладываются въ незатвердѣвшій еще бетонъ (въ сокъ), и реборды оказываются какъ бы зацѣпанными въ бетонный массивъ. Если нѣтъ основанія ожидать прохода воды полнымъ сѣченіемъ, чугунная труба укладывается на материкѣ или на основаніи, составленномъ изъ мятой глины и щебня. Голова трубы обдѣлывается каменной кладкой: въ выходномъ концѣ устраивается деревянный лотокъ или рисберма изъ ряжей, нагруженныхъ камнемъ. Откосы насыпи около головы трубы вымащиваются камнемъ на мху, причемъ съ напорной стороны всю заливаемую часть откоса насыпи полезно покрыть слоемъ глины. Во избѣжаніе вредной осадки подъ ядромъ насыпи, труба укладывается со стороны входного конца до середины длины горизонтально или даже съ небольшимъ подъемомъ, а затѣмъ съ уклономъ отъ 0,001 до 0,002. Передъ входнымъ концомъ устраивается загражденіе изъ деревянныхъ или рельсовыхъ стоекъ, чтобы устранить возможность попадания въ трубу сѣна и другихъ предметовъ, способныхъ забить отверстие въ трубѣ. Чугунныя трубы цилиндрическаго сѣченія получили на нашихъ желѣзныхъ дорогахъ широкое примѣненіе. Къ сожалѣнію, не всегда трубы укладывались съ ребордами, и не принимались мѣры противъ того, чтобы звенья не расходились въ стыкахъ. Вслѣдствіе этого не рѣдко встрѣчаются лопнувшія (по длинѣ) звенья и обнаженные стыки. Въ подобныхъ случаяхъ первое время ограничиваются тѣмъ, что внутрь трубы вставляютъ кольца изъ углового желѣза и, изелѣдовавъ щупомъ состояніе насыпи вблизи разошедшагося стыка, забиваютъ оказавшіяся пустоты глиной, и затѣмъ замазываютъ щель чугунной замазкой или накладываютъ изнутри желѣзный бандажъ, зачеканенный свинцомъ. При болѣе значительныхъ поврежденіяхъ лопнувшія звенья замѣняютъ новыми, устраивая для сего временную штольню, или же, при одиночной вамѣнѣ звеньевъ, въ откосѣ насыпи устраивается колодезь, обдѣланный деревяннымъ срубомъ, и чрезъ этотъ колодезь (шахту) вынимается лопнувшее звено и спускается новое. вмѣсто того, чтобы лопнувшее звено замѣнять цѣльнымъ новымъ съ устройствомъ штольни или шахты, инженеръ Н. Л. Верпацкій предложилъ новое звено составлять изъ трехъ отдѣльныхъ колець (черт. 426'), длиною каждое въ 14" и состоящее въ свою очередь изъ шести сегментовъ, вѣсомъ не болѣе 6 пуд. и свинченныхъ болтами. Работы состоятъ въ слѣдующемъ: рабочіе влѣзаютъ въ трубу (діаметромъ не менѣе 0,50 саж.), молотомъ разбиваютъ на части лопнув-

нее звено и по частямъ вытаскиваютъ его. Одновременно съ этимъ, приготовивъ постель для нижняго отръзка (а), укладываютъ послѣдній на выступающую часть бандажа. Затѣмъ втаскиваютъ остальные отръзки (б) и (в) и сболчиваютъ ихъ съ предыдущимъ. Собрать такимъ образомъ полное кольцо или  $\frac{1}{3}$  трубы, трамбуя пустоты за уложеннымъ кольцомъ, устанавливаютъ сначала нижнюю, а потомъ и верхнюю половину бандажа и свинчиваютъ затѣмъ вышеуказаннымъ путемъ второе и третье кольцо. Въ двухъ первыхъ кольцахъ продольныя реборды отръзковъ направлены по радиусамъ, въ третьемъ кольцѣ три нижніе отръзка остаются безъ измѣненія, — три же верхніе имѣютъ иное направленіе ребордъ, а именно одна изъ крайнихъ ребордъ сегмента (б) и обѣ реборды сегмента (в) взаимно параллельны, что сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы послѣдній сегментъ (в) можно было вставить не сбоку, а снизу.

На черт. 427 изображенъ типъ чугуновыхъ трубъ, встрѣчающійся на американскихъ желѣзныхъ дорогахъ. Труба свинчена изъ четырехъ сегментовъ; поперечные стыки располагаются въ перевязку, причемъ всѣ флянцы помѣщены съ наружной стороны; каждый сегментъ имѣетъ поперечныя реборды толщиной  $1\frac{3}{8}$  д. и высотой 4 д.; разстояніе между ребордами 2 ф.; въ стыкахъ сдѣлана съ внутренней стороны небольшая выемка, заполняемая свинцомъ для обезпеченія непроницаемости. Во входномъ и выходномъ концахъ устроены водобойные колодцы, постепенно уширяющіеся по направленію отъ концовъ трубы. Такіе колодцы имѣютъ то достоинство, что потокъ воды, встрѣчая массу относительно спокойной воды, теряетъ часть своей скорости и не дѣйствуетъ разрушительно на лотокъ. Діаметръ подобныхъ трубъ доходить до 12 ф.

На Закаспійской ж. д. примѣнены желѣзныя трубы діаметромъ 0,50 саж. изъ волнистаго оцинкованнаго желѣза, толщиной 1— $1\frac{1}{2}$  мм. при высотѣ волны отъ 25 до 37 мм.

**Чугунныя мостовыя арочныя фермы.** Составъ арочной фермы; дуга и часть надъ дугою. Подъемъ арки. Относительное расположеніе мостового полотна. Составленіе собственно арки или дуги изъ отдѣльныхъ косяковъ; взаимное соединеніе. Типы косяковъ. Надсводная часть; сопряженіе ея съ арной. Поперечныя и діагональныя связи; типы связей и сопряженіе съ фермами. Опорныя подушки.

Первые чугуновые мосты состояли изъ нѣсколькихъ концентрическихъ дугъ, взаимно связанныхъ по направленію радиусовъ. Пэйнъ (1788 г.) первый пришелъ къ мысли подражать при устройствѣ чугуновыхъ мостовъ каменнымъ мостамъ, т. е. составлять сводъ изъ свинченныхъ между собою коробокъ, играющихъ роль клиньевъ каменнаго свода. Коробки были снизу открыты и имѣли въ длину около 2 ф. при ширинѣ въ 5 ф. Коробки укладывались по всей ширинѣ моста, и получался сплошной

чугунный сводъ. Поверхъ чугуннаго свода располагалась забутка нетолстымъ слоемъ, затѣмъ песокъ и мостовая (какъ въ каменныхъ мостахъ); забутка по фасаду облицовывалась чугунными досками. Система эта проста, но неудобна тѣмъ, что идетъ много ливняго матеріала; сдвоенныя стѣнки коробокъ составляютъ толщину уже излишнюю для сопротивленія; ширина и длина коробокъ не можетъ быть велика; наконецъ, передача уснлія не вполне правильна, такъ какъ очень трудно отлить коробки съ гладкими поверхностями; если же дѣлать притески, то это вызоветъ лишній расходъ на работу. Вмѣсто коробокъ со сплошными стѣнками употреблялись иногда коробки со сквозными стѣнками и таковыя располагались не по всей ширинѣ моста, а на извѣстномъ взаимномъ разстояніи въ видѣ отдѣльныхъ арокъ (реберъ) (Сепдерлендскій мостъ). Система эта была вытѣснена предложеніемъ Напа (1797 г.) ставить нѣсколько отдѣльныхъ фермъ, составленныхъ изъ сплошныхъ плоскихъ косяковъ съ ребордами; эта послѣдняя система удержалась по настоящее время.

Каждое чугунное ребро состоитъ изъ двухъ частей: дуги и части надъ дугою, которая при малыхъ пролетахъ отливается вмѣстѣ съ дугою, а при большихъ—отдѣльно. Подъемъ дуги измѣняется въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{10}$  до  $\frac{1}{16}$  съ внутренней направляющей—въ видѣ дуги круга. Мостовое полотно можетъ быть расположено выше (рис. 22) или ниже арки (черт. 428). Въ первомъ случаѣ нагрузка передается на арку посредствомъ сплошной (рис. 22) или сквозной (черт. 428') надсводной части, а во второмъ случаѣ—помощью подвѣсокъ (черт. 428).

*Собственно арка или дуга* состоитъ изъ сплошныхъ косяковъ, высотой въ ключѣ при среднихъ пролетахъ около 2—3 ф., а при пролетахъ около 30 саж. высотой около 6 ф., постепенно увеличиваясь къ пятамъ. Вообще въ чугунныхъ частяхъ значительные размѣры придаются только по двумъ размѣреніямъ, третье же бываетъ въ предѣлахъ отъ 1 д. до 3 д., чтобы не было при отливкѣ пустотъ или раковинъ. Чѣмъ меньше въ дугѣ косяковъ, тѣмъ больше ея устойчивость и тѣмъ меньше расходовъ на соединеніе стыковъ, но за то косяки длиннѣе и ихъ труднѣе отливать; поэтому длина косяковъ опредѣляется средствами завода. Кромѣ того, если поперечныя связи помѣщены противъ стыковъ, то длина косяковъ должна быть такова, чтобы не было бокового выпучиванія. Средняя длина косяковъ около 15 ф.

*Косяки* имѣютъ закраины какъ вверху, такъ и внизу, такъ что въ поперечномъ размѣрѣ косяки имѣютъ форму I, причемъ перѣдко нижняя полка дѣлается шире верхней. Закраины эти предупреждаютъ боковой изгибъ косяковъ, и помощью ихъ надсводная часть удобно соединяется съ дугою. Кромѣ того имѣются еще закраины по концамъ косяка, посредствомъ которыхъ косяки соединяются между собою при помощи бол-

товъ (рис. 23). По высотѣ концевыхъ закраинъ дѣлаются поперечные приливы для того, чтобы закраины не отламывались (черт. 429); для правильности передачи давленія чрезъ закраины слѣдовало бы остругать ихъ по всей площади, но для сбереженія расходовъ по среднѣй постели косяка или нѣсколько въ сторонѣ дѣляется углубленіе, а притеска дѣляется только по краямъ такъ, чтобы площадь ея равнялась площади сѣченія косяковъ (черт. 429). Иногда косяки соединяются въ стыкахъ посредствомъ поперечныхъ чугунныхъ досокъ, идущихъ во всю ширину моста; эти послѣднія вмѣстѣ съ тѣмъ служатъ и нормальными (поперечными) связями между ребрами, какъ это сдѣлано въ Николаевскомъ мосту чрезъ р. Неву. Хотя при этомъ получается лучшая связь, но съ другой стороны косяки различныхъ фермъ не имѣютъ независимаго движенія, что необходимо при неодинаковой передачѣ нагрузки на фермы, вслѣдствіе чего одна ферма можетъ получить осадку болѣе другой, и связи будутъ подвержены изламывающему усилію. По этой причинѣ въ новѣйшихъ мостахъ связи уже не пропускаются между косяками. На черт. 430 и 431 показано соединеніе этихъ связей съ косяками, примененное на Николаевскомъ мосту. Въ поперечныхъ связяхъ сдѣланы пазы, въ которые вставляются косяки; пазы эти шире, чѣмъ закраины, сдѣланные по концамъ косяковъ; а для удержанія послѣднихъ забита плотно съ обѣихъ сторонъ заклинка, и кромѣ того части соединяются еще болтами. Въ крайнихъ фермахъ заклинка помѣщена только съ одной стороны. Въ поперечныхъ связяхъ сдѣлана выемка для сбереженія матеріала. Стыки поперечныхъ досокъ соединены въ промежуткѣ между ребрами зубомъ съ заклинкою и стянуты болтами (черт. 430 и 431).

Косяки должно дѣлать сплошными, не оставляя просвѣтовъ, такъ какъ въ углахъ этихъ пустотъ при отливкѣ легко образуются трещины. Иногда косяки дѣлаются трубчатого сѣченія, какъ напр. въ Карусельскомъ мосту въ Парижѣ, въ которомъ дуга состоитъ изъ досокъ, покрытыхъ чугуномъ, образующимъ трубчатый косякъ.

При небольшихъ пролетахъ отъ одной до двухъ саженъ *часть надъ дугою* отливаема вмѣстѣ съ аркою, такъ что здѣсь ребро снизу ограничено дугою круга, сверху же дѣляется горизонтальнымъ или съ небольшимъ подъемомъ къ срединѣ. Вверху и внизу имѣются закраины, изъ коихъ верхняя приспособлена для помѣщенія пола, а нижняя существуетъ для усиленія.

При значительныхъ пролетахъ часть надъ дугою отливаема отдѣльно отъ арки и также составляется изъ нѣсколькихъ частей (черт. 23).

Отдѣльные элементы надсводной части соединяются между собою и съ дугою помощью закраинъ и болтовъ. Кромѣ того въ надсводной части отливаются внизу шипы, которые входятъ въ гнѣзда, оставляемые въ

дугѣ. При такомъ расположеніи надсводная часть составляетъ съ дугою нераздѣльное цѣлое.

Въ Карусельскомъ мосту въ Парижѣ надсводная часть состоитъ изъ отдѣльных колець, поддерживающихъ въ то же время и двойные деревянные прогоны мостового полотна.

*Поперечныя связи.* Ребра арки ставятся на взаимномъ разстояніи около 5 или 6 футовъ, и вообще это разстояніе зависитъ отъ системы и рода нижней части мостового полотна. Между фермами устанавливаются *поперечныя и діагональныя связи*. Разстояніе между поперечными связями зависитъ отъ размѣровъ косяковъ, причемъ оно должно быть таково, чтобы косяки не могли получить бокового изгиба. Какъ уже упомянуто выше,—неудобно пропускать эти связи чрезъ всѣ фермы, поэтому предпочтительнѣе дѣлать связи независимыми отъ соединенія косяковъ. Раппорки подобныхъ связей помѣщаются между косяками у каждаго по двѣ, притомъ такъ, что если между одними косяками фермы онѣ располагаются у верхней закраины, то между слѣдующими косяками онѣ ставятся внизу (черт. 432).

Діагональныя связи располагаются по поверхности, ограничивающей верхнюю часть дуги. Связи дѣлаются отдѣльными для каждой пары фермъ. Въ косякѣ, куда упираются діагональныя связи, должны быть приливы, къ которымъ связи прикручиваются болтами (черт. 433).

Въ пересѣченіи діагональныхъ связей образуется крестъ, который отливается цѣльнымъ и прикручивается къ косякамъ въ четырехъ мѣстахъ (черт. 433).

Поперечныя связи надсводной части состоятъ изъ цилиндрическихъ распорокъ, въ среднѣй которыхъ пропускаются стяжные болты (черт. 432).

Передача давленія отъ арки на каменные опоры совершается при помощи башмака, или чугунной доски, общей для всѣхъ арокъ. Въ послѣднемъ случаѣ загоняется заклинка между доскою и дугою (черт. 434).

Въ быкахъ и устояхъ противъ каждой фермы оставляются по высотѣ зазоры, куда бы части надъ дугою могли входить при движеніи дуги отъ измѣненія температуры.

По своему устройству арочныя чугунныя фермы принадлежатъ къ типу арокъ съ задѣланными пятами. Существуетъ немного примѣровъ, гдѣ примѣнены шарниры не только въ пятахъ, но и въ ключѣ (мостъ Радецкаго въ Лайбахѣ).

#### Кратное описаніе Николаевского моста.

Приведемъ краткое описаніе Николаевского чрезъ р. Неву моста. Мостъ имѣетъ восемь пролетовъ, изъ которыхъ семь — перекрыты чугунными фермами арочной системы, а восьмой, гдѣ помѣщена разводная

часть моста—балочной фермой со сквозной стѣнкой (черт. 435). Пролеты неодинаковой величины и въ послѣдовательномъ порядкѣ отъ береговъ къ серединѣ рѣки имѣютъ слѣдующія отверстія въ свѣту: 107, 125, 143 и 156 ф.; чистое же отверстіе разводной части всего 70 ф. Постепенное измѣненіе величины пролетовъ сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы при сохраненіи пять арокъ на одномъ горизонтѣ и при однообразной почти кривизнѣ—получить продольный скатъ полотна въ обѣ стороны. Средняя арка описана радіусомъ 219 ф., а крайняя—радіусомъ 201 ф. Стрѣла подъема арки средняго пролета:—14 ф. 4 д. Ширина моста по верху  $65\frac{3}{4}$  ф., изъ которыхъ на два тротуара приходится по  $10\frac{1}{4}$  ф.; въ средней аркѣ продольный уклонъ мостового полотна 0,01, во второй и третьей отъ середины—0,02, а въ крайнихъ—0,03.

Въ каждомъ пролетѣ—по 13 арокъ или реберъ, соединенныхъ между собою поперечными и діагональными связями. Подъ мостовымъ полотномъ для экипажной ѣзды имѣется 9 арокъ на взаимномъ разстояніи 5 ф. 10 д., и подъ каждымъ изъ тротуаровъ по 3 арки на разстояніи 5 ф., причемъ двѣ арки—общія для тротуаровъ и для средней части подъ экипажную ѣзду. Въ крайнихъ пролетахъ арка состоитъ изъ 9 косяковъ, а въ остальныхъ изъ 11; наибольшій вѣсъ косяка—205 пуд. Косяки сплошного двутавроваго сѣченія; толщина стѣнки 2 д.; ширина полокъ 5 д., толщина ихъ—4 д.; высота косяковъ постепенно увеличивается отъ ключа къ пятамъ; такъ напр. въ средней аркѣ высота въ ключѣ 3 ф. 6 д., а въ пятахъ— $4\frac{1}{2}$  ф. Верхняя полка арки имѣетъ въ каждомъ косякѣ съ двухъ сторонъ по четыре прилива съ болтовыми отверстіями, и, кромѣ того, два углубленія (чер. 436). Соответственно сему нижняя полка сквозной надсводной части (черт. 437) имѣетъ также приливы и шпунты; сквозь болтовья отверстія въ приливахъ проходятъ стяжные болты, шпунты же входятъ въ соответственные углубленія арки. Смежные косяки соединяются не непосредственно: между ними въ стыкѣ проходитъ во всю ширину моста поперечная связь, изображенная на чер. 439, 431 и 433; деталь соединенія показана на чер. 438; поперечная связь имѣетъ мѣстныя утолщенія въ видѣ ласточкина хвоста, въ промежуткѣ между которыми сдѣланы двѣ выемки, соответственно выемкамъ въ ребордахъ косяка; эти послѣднія имѣютъ двоякое назначеніе: во первыхъ уменьшается поверхность, подлежащая остругиванію, и затѣмъ соединеніе дѣлается болѣе упругимъ (пружинить), что допускаетъ болѣе плотное свинчиваніе. Разстояніе между утолщеніями на доскѣ нѣсколько болѣе ширины флянца косяка, и въ образовавшийся промежутокъ загоняется сверху клинъ (*и*).

Пять арокъ упираются на чугунную пяттовую доску (черт. 434) съ мѣстными утолщеніями и заклинками.



Надсводная часть состоитъ изъ чугунныхъ сквозныхъ досокъ, соединенныхъ между собою закраинами и болтами, а съ аркой—болтами и шипами. Стыки надсводной части помѣщены по направленію діагоналей рѣшетки.

Между арками имѣются поперечныя связи, о которыхъ раньше упоминалось, и затѣмъ діагонали. На чер. 439 изображена схема расположенія связей въ половинѣ пролета; чертежъ показываетъ, что діагональныя связи направлены по линіямъ, соединяющимъ вершины противоположныхъ угловъ четырехугольника, представляющаго очертаніе моста въ планѣ и затѣмъ еще по линіямъ, проведеннымъ чрезъ средину крайнихъ поперечинъ и параллельно вышеупомянутымъ двумъ линіямъ. Такимъ образомъ нѣкоторые малые четырехугольники вовсе не имѣютъ діагональныхъ связей, другіе—одну, а третьи—по двѣ взаимно пересѣкающихся діагонали. Послѣдній типъ этихъ связей изображенъ на черт. 433; обѣ діагонали представляютъ одно цѣлое, имѣютъ крестовое сѣченіе и оканчиваются вилкой, обжимающей поперечный приливъ косяка, съ которымъ соединяются болтомъ; связь изъ одной діагонали устроена подобнымъ же образомъ.

Надсводныя части смежныхъ фермъ соединены одними лишь распорками, состоящими изъ чугунныхъ трубокъ, внутри или внѣ которыхъ (черт. 432) проходятъ стяжные болты. Въ полусферической части трубки (б) имѣется отверстіе, въ которое можно просунуть руку для завинчивания гайки болта въ трубчатой распоркѣ типа (а). Оба типа чередуются, такъ какъ иначе нельзя было бы поставить стяжные болты въ каждомъ изъ промежутковъ. Распорки помѣщены по срединѣ высоты надсводной части, именно въ точкѣ пересѣченія раскосовъ.

Нижняя часть мостового полотна состоитъ изъ чугунныхъ плитъ (досокъ) съ закраинами и ребордами (черт. 440). Эти плиты опираются на горизонтальныя заплечики верхняго ребра надсводной части и кромѣ того соединяются еще съ вертикальнымъ ребромъ болтами, пропущенными сквозь вертикальныя закраины. Поверхъ плитъ положенъ слой войлока, кирпичная кладка, покрытая слоемъ цемента, затѣмъ песокъ и булыжная мостовая. На тротуарахъ для поднятія полотна чугуныя плиты уложены ребордами внизъ, а надъ ними кирпичная кладка (прежде были гончары) и каменныя плиты.

Составителемъ проекта и строителемъ моста былъ инженеръ С. В. Керbedзь; мостъ строился 8 лѣтъ и открытъ для движенія 21 ноября 1850 г. Общая стоимость моста, включая и набережныя—4.391.400 руб., въ томъ числѣ стоимость арочныхъ пролетныхъ частей моста 1.037.107 р.; поворотная часть моста 379.066 р.; каменныя опоры на свайномъ основаніи—2.107.509 руб.

**Желѣзныя и стальныя арочныя фермы. Общія соображенія.** Различные типы поясовъ—прямого и криволинейнаго. Прикрѣпленіе раскосовъ, стоекъ и связей нъ поясамъ. Типы раскосовъ и стоекъ. Вертикальныя и горизонтальныя связи. Опорныя подушки. Шарниръ въ ключѣ арки.

Примѣненіе желѣза для арочныхъ фермъ началось съ пятидесятихъ годовъ; первые мосты имѣли фермы съ задѣланными пятами, затѣмъ появляются уже фермы съ двумя и тремя шарнирами. При величинѣ пролета отъ 25 до 35 саж., арочныя фермы состоятъ изъ нижняго криволинейнаго пояса (арки) и верхняго прямого пояса, соединенныхъ сплошной стѣнкой (черт. 441) (при пролетахъ не болѣе 8 саж.), или же системой однихъ раскосовъ или раскосовъ и стоекъ (чер. 12). Въ этомъ типѣ фермъ арка, т. е. нижній криволинейный поясъ не достаточно жестокъ, и жесткость всей фермы обуславливается исключительно неразрывной, неизмѣняемой связью арки съ верхнимъ поясомъ помощью сплошной или сквозной стѣнки, принимающей участіе въ сопротивленіи фермы изгибу.

Съ увеличеніемъ пролета, начиная отъ 26 до 75 саж., арочныя фермы имѣютъ видъ жесткой арки, состоящей изъ двухъ криволинейныхъ поясовъ, соединенныхъ сплошной или сквозной стѣнкой (рис. 24 и черт. 462); передача на арку нагрузки производится помощью вертикальныхъ стоекъ, а при ѣздѣ по низу помощью подвѣсокъ. Жесткость этого типа фермъ зависитъ только отъ жесткости самой арки.


Арочныя фермы съ задѣланными пятами и съ двумя шарнирами (черт. 441) принадлежатъ къ группѣ упругихъ фермъ, въ которыхъ температура вліяетъ на напряженіе частей фермы, не вызывая однако замѣтнаго измѣненія вида фермы. Обѣ группы фермъ устраиваются такъ, что арка и верхній поясъ составляютъ одно цѣлое (черт. 12 и 441) или же верхній прогонъ не участвуетъ въ сопротивленіи арки изгибу (рис. 24).


Въ фермахъ съ тремя шарнирами, не упругихъ, измѣненіе температуры не вызываетъ добавочнаго усилія въ частяхъ фермы, хотя производитъ очень чувствительное измѣненіе вида—поднятіе и опусканіе ключевого шарнира. Фермы этого рода устраиваются большею частью по типу, въ которомъ горизонтальный поясъ соединенъ съ аркой или сплошной стѣнкой, или системой раскосовъ и стоекъ (черт. 442).


На этомъ основаніи для мостовъ подъ ж. д. арочныя фермы съ задѣланными пятами и съ двумя шарнирами болѣе пригодны, чѣмъ фермы съ тремя шарнирами, особенно въ виду неизбежныхъ ударовъ въ среднемъ шарнирѣ при загрузкѣ одной половины арки, а также вслѣдствіе нѣкотораго усложненія при устройствѣ горизонтальныхъ связей, которыя должны быть непрерывными во всю длину фермы, имѣющей прерванный горизонтальный поясъ надъ среднимъ шарниромъ. Противъ указанныхъ

двухъ неудобствъ могутъ быть однако приняты извѣстные приспособленія, о которыхъ будетъ упомянуто ниже.

Что касается общаго расположенія фермъ,—слѣдуетъ замѣтить, что для мостовъ подъ ж. д. въ два пути двѣ фермы оказываются болѣе выгодными, чѣмъ три или четыре, причемъ одинъ изъ рельсовъ помѣщается непосредственно надъ фермой. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ подъ одинъ путь, а если подъемъ арки великъ, то и въ мостахъ подъ два пути — фермы арокъ располагаются не въ вертикальной плоскости, а въ наклонной, т. е. арка въ пятахъ раздвинута шире, чѣмъ въ ключѣ, верхніе же горизонтальные прогоны арки остаются взаимно параллельными (черт. 442). Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу ставится обыкновенно нѣсколько арочныхъ фермъ, на взаимномъ разстояніи около 1—2 саж.

*Пояса.* Въ арочныхъ фермахъ съ верхнимъ горизонтальнымъ и нижнимъ криволинейнымъ поясами (черт. 12, 441 и 442) верхній прогонъ дѣлается сѣченія тавроваго, двутавроваго (черт. 443, 443') и коробчататаго; нижній же криволинейный поясъ встрѣчается преимущественно двутавроваго сѣченія (черт. 443, 444) со сплошной или сквозной стѣпкой или же изъ двухъ прокатныхъ балокъ типа  (черт. 445), крестоваго, коробчататаго (черт. 446), трубчататаго прямоугольнаго или круглатаго сѣченія (черт. 447) и въ послѣднемъ случаѣ изъ склепанныхъ квадратовъ или изъ сегментовъ, заключенныхъ въ металлическую оболочку и стянутыхъ кромѣ того болтами.

Тавровые и коробчатые пояса не представляютъ никакого затрудненія для прикрѣпленія къ нимъ раскосовъ и стоекъ, для чего эти послѣдніе наклепываются непосредственно на стѣнки пояса или при недостаточной ширинѣ стѣнки — на фасонныя накладки (черт. 446). Въ указанномъ примѣрѣ стойки сѣченія ; къ широкой грани стойки прикрѣплена фасонная накладка во всю высоту стойки, и къ ней приклепана въ нахлестку поперечная балка, причемъ одна пара уголковъ доходитъ только до стойки, а другая пара находитъ на стойку. Прикрѣпленіе раскосовъ и стоекъ къ двутавровому поясу дѣлается весьма разнообразно. Наиболѣе простой способъ состоитъ въ томъ, что къ горизонтальному листу приклепываются два короткихъ уголка (черт. 443), между ними зажимается прокладка, и къ ней приклепываются раскосы и стойки; но этотъ типъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что заклепки работаютъ на отрываніе головокъ. Въ виду этого примѣняютъ иногда слѣдующіе пріемы: а) вблизи узла вертикальный листъ прерывается и замѣняется фасонной вставкой (черт. 443'), причемъ стыки перекрываются двойной накладкой; б) раскосы и стойки дѣлаются двутавроваго сѣченія (черт. 444 и 444') и сходящіяся въ узлѣ стыки вертикальныхъ листовъ арки, стойки и раскоса перекрываются общей фасонной двойной накладкой; поясные же уголки, не прерываясь, переходятъ

въ составъ сѣченія стойки и раскоса, или в) составляютъ двугавровое сѣченіе изъ двухъ прокатныхъ балокъ типа , въ промежуткѣ между которыми зажимается фасонная прокладка, къ которой приклепываются стойки и раскосы. Прикрѣпленіе раскосовъ и стоекъ къ аркѣ трубчатого прямоугольнаго и круглаго сѣченія дѣлается помощью фасонныхъ накладокъ, или прокладокъ, каковыя въ послѣднемъ типѣ зажимаются между флянцами квадратовъ (черт. 447).

Связи въ плоскости верхняго прогона и арки приклепываются къ горизонтальнымъ листамъ пояса или же по серединѣ высоты арки (черт. 445) помощью уголковъ и прокладки. Вертикальныя и поперечныя связи приклепываются къ фасонной накладкѣ, прикрѣпленной къ уголкамъ стоекъ.

Стыки вертикальныхъ листовъ арки располагаются преимущественно въ узлахъ; стыки же уголковъ и горизонтальныхъ листовъ—какъ въ узлахъ, такъ и въ промежуткахъ между ними.

При незначительномъ возвышеніи горизонтальнаго пояса надъ вершиной арки, сквозное заполненіе замѣняется сплошнымъ (черт. 444').

Въ арочныхъ фермахъ съ жесткой аркой (рис. 24) каждый изъ поясовъ арки дѣлается сѣченія коробчатого, трубчатого прямоугольнаго со сплошной или сквозной стѣнкой, или трубчатого круглаго сѣченія. Оба криволинейныхъ пояса соединяются системой раскосовъ или системой раскосовъ и стоекъ.

*Раскосы*—смотря по роду дѣйствующихъ въ нихъ усилій, дѣлаются плоскаго или жесткаго сѣченія. Относительно типа стоекъ и деталей прикрѣпленія слѣдуетъ повторить сказанное для фермъ балочной системы, имѣя въ виду различныя типы прикрѣпленія, показанныя на (черт. 443—448).

*Вертикальныя* связи помѣщаются между смежными арочными фермами и состоятъ изъ распорокъ и діагоналей; тѣ и другія приклепываются къ фасоннымъ накладкамъ, зажатымъ между уголками стоекъ или уголками жесткости (черт. 448). Распорки всегда жесткаго сѣченія; полезно и діагонали дѣлать того же сѣченія; иногда распорками служатъ поперечныя балки (черт. 446). Если возвышеніе прогона надъ аркой незначительно, то примѣняется одинъ крестъ діагоналей; при значительномъ возвышеніи ставится нѣсколько крестовъ по высотѣ съ промежуточными распорками (черт. 463).

Смотря по величинѣ пролета, имѣется одинъ, два или три ряда *горизонтальныхъ* связей. Въ случаѣ одного ряда, таковой помѣщается въ предѣлахъ высоты арки; при двухъ рядахъ—второй ярусъ связей располагается въ плоскости верхняго прямого пояса, а при трехъ рядахъ—сверхъ верхняго горизонтальнаго ряда имѣется еще два ряда, расположенныхъ по цилиндрическимъ поверхностямъ и соответствующихъ верх-

нему и нижнему криволинейному поясамъ арки. Горизонтальныя связи состоятъ изъ жесткихъ распорокъ и диагоналей, приклепанныхъ къ фасоннымъ прокладкамъ и прикрѣпленныхъ по серединѣ высоты арки (черт. 445) или же приклепанныхъ къ горизонтальнымъ листамъ пояса (черт. 446 и 448).

Эти связи представляютъ собою обыкновенную раскосную ферму, и расположеніе ихъ въ арочныхъ фермахъ безъ шарнира въ ключѣ не представляетъ никакого затрудненія; въ фермахъ съ тремя шарнирами устройство нѣсколько сложнѣе, такъ какъ связи верхняго прямого и нижняго криволинейнаго поясовъ необходимо свести въ ключѣ въ одну точку и перевести, не прерывая, черезъ шарниръ. На черт. 449, 449' и 449" показано одно изъ такихъ приспособленій. Въ стальномъ шарнирѣ сдѣлано цилиндрическое углубленіе съ винтовою нарѣзкою; въ это углубленіе ввинчивается желѣзный стержень, имѣющій мѣстное утолщеніе; стержень проходитъ отъ шарнира одной арки до слѣдующаго и служитъ распоркою, общей для связей верхняго прямого и нижняго криволинейнаго поясовъ. Въ промежуткѣ между шарниромъ и мѣстнымъ утолщеніемъ помѣщаются падѣтые предварительно на стержень два желѣзныхъ пустотѣлыхъ цилиндра съ двумя вѣтвями (на подобіе дверныхъ петель), къ которымъ приклепываются диагонали верхнихъ и нижнихъ связей \*).

*Опорныя подушки* арокъ съ задранными пятами состоятъ изъ двухъ чугунныхъ досокъ, изъ которыхъ одна прикрѣплена къ кладкѣ, а другая къ аркѣ; между обѣими подушками помѣщаются клинья (черт. 450). Опорныя части арокъ съ шарнирами въ пятахъ состоятъ (черт. 451) изъ доски, прикрѣпленной къ кладкѣ; на эту доску устанавливается подушка достаточной высоты и имѣющая полуцилиндрическое углубленіе, въ которое вставляется стальной шарниръ. Подушка снабжена ребордами и закрѣпляется клиньями. На шарниръ опирается арка помощью втулки, ограниченной съ наружной стороны призматической поверхностью, что дѣлается во избѣжаніе вращенія, а слѣдовательно стиранія и изнашивания стѣнки арки. Для обезпеченія передачи давленія отъ арки на всю длину шарнира, стѣнка арки двутавроваго сѣченія утолщается вблизи пяты цѣлымъ рядомъ листовъ, расположенныхъ уступами; при значительной толщинѣ склепки, заклепки замѣняются болтами (черт. 451). На черт. (458') показанъ другой типъ подушки (Александровскій (Литейный) мостъ). На нижнюю доску опирается помощью клиньевъ подушка, на

\*) Другое приспособленіе состоитъ въ томъ, что по обѣ стороны шарнира къ обѣимъ половинамъ арки приклепываются короткіе горизонтальные уголки, между которыми зажимается общій сплошной горизонтальный листъ съ соответственнымъ вырѣзомъ для шарнира. Къ этому листу, не препятствующему незначительному изгибленію подъема арки, — приклепываются связи.

которой расположенъ стальной подшипникъ, принимающій давленіе отъ стального пятника, привинченнаго къ аркѣ. Взамѣнъ утолщенія стѣнки арки, приклепаны съ обѣихъ сторонъ по срединѣ высоты горизонтальныя ребра, такъ что около пяти арка имѣетъ не двутавровое, а крестовое сѣченіе. Для болѣе равномерной передачи давленія на пятникъ вставлены между четырьмя уголками каждаго изъ отдѣленій креста четыре стальные коробки съ выемкой и съ болтовымъ отверстіемъ на днѣ. Коробки эти прилегаютъ своими стѣнками къ стѣнкамъ арки и къ боковымъ выступамъ пятника, днищемъ же непосредственно прилегаютъ къ верхней площадкѣ пятника, къ которому также привинчиваются болтами.

Шарниры въ ключѣ состоятъ изъ стальныхъ болтовъ съ поясками на концахъ (черт. 449). Обѣ половины арки утолщаются въ ключѣ подобно тому, какъ около пяти и опираются на шарниръ помощью вкладышей. Для уменьшенія силы удара на шарниръ, неизбѣжнаго при односторонней загрузкѣ желѣзнодорожнаго арочнаго моста, — между обѣими половинами средней стойки (черт. 452) зажимается кольцо изъ стального листа толщиной около 10 мм. | и получается родъ буфера.

Верхній прогонъ и крайняя продольная балочка опираются на устоѣ на особую подушку, по которой они могутъ свободно скользить. Во избѣжаніе излома этихъ концевыхъ частей или вреднаго напряженія, которое могло бы проявиться въ нихъ при осѣданіи арочной фермы вслѣдствіе пониженія температуры, крайнія продольныя балки соединяются съ послѣдней поперечной балкой помощью болта, допускающаго свободное вращеніе (черт. 453). Къ поперечной балкѣ приклепаны два короткихъ уголка, къ которымъ наглухо приклепаны двѣ планки; въ промежуткѣ между планками проходитъ вертикальная стѣнка продольной балки, соединенной съ планками болтомъ. Для того, чтобы заклепки, проходящія чрезъ два уголка, двѣ планки и стѣнку продольной балки, не препятствовали свободному вращенію послѣдней — отверстія въ ней дѣлаются большаго діаметра. На томъ же чертежѣ показано приспособленіе, состоящее изъ желѣзной доски, вращающейся на шарнирѣ, и позволяющее устроить верхнее мостовое полотно безъ перерыва.

#### Краткое описаніе Александровскаго моста.

Приведемъ краткое описаніе Александровскаго (бывшаго Литейнаго) моста чрезъ р. Неву. Мостъ состоитъ изъ пяти пролетовъ, перекрытыхъ арочными фермами и изъ разводной части, расположенной со стороны Литейнаго проспекта. Средній пролетъ имѣетъ отверстіе въ 35 саж., два смежныхъ къ нему — въ 30,5 саж., два крайніе по — 25 саж., разводная часть пролетомъ въ 10 саж. Мостъ имѣетъ въ длину 176,5 саж. между

лицевыми плоскостями устоевъ; длина же по поверхности мостового полотна — 200,66 саж. Ширина полотна между перилами 11 саж., изъ которыхъ на два тротуара отходить по  $1\frac{1}{2}$  саж. Средняя часть моста имѣетъ продольный уклонъ въ  $\frac{1}{60}$ , вблизи устоевъ около  $\frac{1}{50}$ , а въѣзды на мостъ устроены съ подъемомъ въ  $\frac{1}{30}$ . Въ виду сего, а также съ цѣлью поставить пяты всѣхъ арокъ на одномъ горизонтѣ—въ среднемъ пролетѣ возвышеніе ключа арки надъ пятами составляетъ 3,08 саж., въ слѣдующемъ 2,52 саж., а въ крайнихъ 1,90 саж.

На черт. (454) изображенъ фасадъ разводнаго и смежнаго съ нимъ пролета, а также разрывы опоръ. Правый береговой устой основанъ на сваяхъ (750 шт.), забитыхъ до отказа и срѣзанныхъ на глубинѣ 2 саж. ниже межени. Головы свай соединены ростверкомъ и разбучены сухою кладкою на высоту 0,25 саж. ниже ростверка. Для производства подводной кладки основаніе было окружено перемычкой изъ двойного ряда шпунтовыхъ свай съ глиняной забойкой. Шпунтовые сваи со стороны рѣки забиты до глубины 3 саж. ниже основанія и срѣзаны на 1,50 саж. ниже ординара. Около устоевъ сдѣлана каменная отсыпь, покрывающая головы шпунтовыхъ свай. Устои сложены изъ бутовой кладки на цементъ, съ прокладными рядами изъ грубо околотыхъ штучныхъ камней; разстояніе между рядами около 1 саж. Подъ пяты арокъ положены штучные камни изъ гранита твердой породы. Устои облицованы гранитнымъ тесовымъ камнемъ чистой тески.

Лѣвый устой помимо того, что поддерживаетъ насыпь, имѣетъ между прочимъ назначеніе служить основаніемъ для поворотной части (черт. 454). Передняя часть его, удовлетворяя послѣдней цѣли, имѣетъ горизонтальную площадку около 154 кв. саж., расположенную на высотѣ въ одну саж. надъ уровнемъ воды и основана частью на кессонѣ, опущенномъ на глубину около  $5\frac{1}{2}$  саж. ниже дна рѣки. Задняя часть устоя построена на свайномъ основаніи, причемъ кладка отдѣлена отъ передней части во избѣжаніе неравномѣрной осадки.

Всѣ быки основаны на кессонахъ, опущенныхъ на глубину 10 саж. ниже ординара. Глубина рѣки въ мѣстахъ расположенія быковъ измѣняется отъ 5 до 6 саж.

Крайній къ разводной части быкъ выдерживаетъ распоръ арокъ только съ одной стороны, и поэтому поперечные размѣры его отличаются по сравненію съ другими (черт. 454). Такъ напр. толщина въ горизонтѣ дна рѣки 7 саж., а въ горизонтѣ ординара 6,38 саж.; остальные быки имѣютъ соотвѣтственно: 4,15 саж., 3,25 саж. Всѣ быки снабжены ледорѣзами съ полукруглымъ уклономъ передняго ребра, имѣютъ прокладные ряды и облицованы штучнымъ камнемъ.

Верхнее строеніе каждаго изъ пяти арочныхъ пролетовъ состоитъ изъ

13 арочныхъ фермъ, расположенныхъ на разстояніи 6 ф. одна отъ другой. Ферма съ двумя шарнирами и составлена изъ сплошной арки двутавроваго сѣченія высотой 4 ф., изъ прогона и изъ системы стоекъ и раскосовъ (черт. 455). Стойки расположены на взаимномъ разстояніи 10 ф., приче́мъ въ аркѣ наибольшаго пролета имѣется съ каждой стороны по 7 стоекъ, а въ остальныхъ 6 и 4. Въ средней же части арочной фермы сквозное заполненіе замѣнено сплошнымъ (черт. 455). Арка, какъ сказано, двутавроваго сѣченія высотой 4 ф.; стѣнка двойная изъ двухъ листовъ толщиной  $\frac{3}{8}$  д.; каждый изъ поясовъ состоитъ изъ двухъ уголковъ:  $5 \times 5 \times \frac{1}{2}$  д. и изъ двухъ, трехъ или четырехъ листовъ сѣченія  $20 \times \frac{1}{3}$  д. (черт. 456). Стыки вертикальной стѣнки помѣщены въ каждомъ узлѣ, раздвинуты на 8 ф. и перекрыты двойной накладкой. Поверхъ этихъ накладокъ приклепано съ каждой стороны по два уголка, къ которымъ прикрѣпляются связи. Кроме того въ промежуткѣ между двумя узлами приклепано для жесткости два тавра. На томъ же черт. 456 показано перекрытіе стыка уголка и стыковъ горизонтальных листовъ. Стойки крестоваго сѣченія, составленнаго изъ четырехъ уголковъ:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д.  $3 \times 3 \times \frac{1}{2}$  д. Раскосы состоятъ изъ двухъ прокатныхъ балокъ сѣченія ] [ , размѣромъ:  $6 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. и  $6 \times 3 \times \frac{1}{2}$  д. Верхніе прогоны (черт. 457) двутавроваго сѣченія, высотой 20 д. съ верхнимъ поясомъ изъ двухъ уголковъ и листа шириною 12 д.; нижній же поясъ состоитъ только изъ двухъ уголковъ, расположенныхъ притомъ между стойками фермы, и слѣд. прогонъ въ дѣйствительности—тавровый, такъ какъ нижніе уголки мѣстами прерваны. Стойки и раскосы приклепаны къ аркѣ помощью фасонныхъ планокъ, зажатыхъ между короткими уголками (черт. 456). Раскосы приклепаны къ прогону такимъ же образомъ; стойки же обхватываютъ вертикальный листъ прогона съ обѣихъ сторонъ (черт. 457). Во избѣжаніе нагибанія уголковъ стоекъ на уголки фасонныхъ планокъ, вездѣ подъ уголками проложены прокладки, вслѣдствіе чего промежутокъ между уголками стоекъ  $1\frac{1}{2}$  д. (черт. 456).

Арочныя фермы соединены между собою связями, расположенными въ вертикальныхъ плоскостяхъ стоекъ, въ плоскостяхъ верхняго и нижняго пояса арокъ, а также въ плоскостяхъ раскосовъ. Связи состоятъ изъ уголковъ, прикрѣпленныхъ къ планкамъ, которыя въ свою очередь приклепаны къ поясамъ и къ раскосамъ.

Нижняя часть мостоваго полотна состоитъ изъ желобчатаго желѣза **л** (черт. 458), уложеннаго сплошь поперекъ моста, непосредственно на поясахъ прогоновъ арочныхъ фермъ. Всѣ эти поперечины взаимно соединены такимъ же желобчатымъ желѣзомъ, приклепаннымъ снизу, вдоль моста по срединѣ разстоянія между двумя фермами;—это приспособленіе дало возможность дѣйствіе сосредоточеннаго груза передать на



нѣсколько смежныхъ поперечинъ. Промежутки заполнены бетономъ и асфальтовой смазкой, поверхъ которой расположенъ слой песку въ 0,06 саж. и мостовая толщиною въ 0,05 саж.

Тротуары расположены на поперечныхъ балочкахъ, возвышающихся на 1,10 саж. надъ уровнемъ полотна и поставленныхъ на двѣ крайнія фермы на взаимномъ разстояніи въ 5 ф. (черт. 458). Поперечныя балки перекрыты волнистымъ желѣзомъ, а это послѣднее выравнено бетономъ съ асфальтовой смазкой, а затѣмъ уложена лещадная плита па слоѣ песку. На черт. 458 показано расположеніе чугунной спускной трубы, опирающейся закраиной на полки желѣза Зоре; труба покрыта сверху сѣткой. Водопроводныя и газопроводныя трубы проложены подъ внутреннимъ карнизнымъ камнемъ тротуара.

Чугунныя перила высотой 4 ф. привинчены къ выступающимъ концамъ поперечныхъ балокъ; оконечности поперечинъ связаны общимъ чугуннымъ карнизомъ. Чугунныя перила прикрѣплены слѣдующимъ образомъ. Къ концу поперечной балки приклепанъ въ нахлестку листъ; къ выступающей части этого листа привинчены болтами два чугунныхъ кронштейна. На эти кронштейны поставлена колонка периль и привинчена болтомъ (иа черт. видѣтъ только одинъ болтъ). Къ верхней части кронштейна и къ нижней части поперечной балки приклепаны уголки, къ которымъ привинчивается чугунный карнизъ. Кромѣ того къ верхнему уголку при помощи накладки и прокладки прикрѣплена болтомъ колонка периль.

Детали пять показаны иа черт. 458'.

Разводная часть съ полотномъ шириною въ 11 саж. расположена на восьми фермахъ рѣшетчатой системы, на взаимномъ разстояніи въ 9 футъ, связанныхъ поперечными балками и діагоналями въ одно общее крыло (черт. 459). Такимъ образомъ эта часть моста образуетъ собою однополотный мостъ (рис. 4). Въ закрытомъ состояніи моста каждая изъ восьми фермъ этого пролета имѣетъ четыре опорныхъ точки: двѣ на концахъ фермы, т. е. одна на устоѣ, другая на толстомъ быкѣ, и двѣ среднихъ на кругѣ катанія (черт. 459), укрѣпленномъ на площадкѣ устоя. При разведенномъ же состояніи каждая изъ фермъ опирается только на кругъ катанія, т. е. имѣетъ двѣ опорныя точки. Ось вращенія не нагружена и служитъ лишь шипомъ при вращеніи. Во избѣжаніе опрокидыванія свѣшивающагося длиннаго плеча, короткая часть снабжена противовѣсомъ. Для передачи давленія отъ фермъ на кругъ катанія всѣ фермы связаны общимъ барабаномъ (а) (черт. 459) изъ котельнаго желѣза, діаметромъ 72 ф. Кругъ катанія состоитъ изъ чугунныхъ рельсовъ (б), укрѣпленныхъ на площадкѣ устоя; верхняя поверхность рельсовъ остругана и имѣетъ уклонъ въ  $\frac{1}{21}$ . На этомъ кругѣ расположены 72 ко-

ническихъ катка (*с*) діаметромъ 21 д., цапфы коихъ покоятся въ чугунной кольцеобразной рамѣ (*г*), соединенной 12 радіальными балками (*д*) съ кольцомъ (*е*), насаженнымъ свободно на основаніе пяты (*ж*); наконецъ на катки опирается барабанъ (*а*) помощьюъ чугуннаго балочнаго круга. Слѣдовательно, если какимъ либо путемъ заставить барабанъ вращаться около вертикальной оси, то при вращеніи барабана проявится катучее треніе между барабаномъ и катками, и послѣдніе будутъ перемѣщаться по кругу катанія, заставляя въ то же время вращаться около подпятника (*ж*) кольцеобразную раму (*г*) и связанное съ нею кольцо (*д*). Вращеніе барабана, а слѣд. и фермъ, достигается слѣдующимъ образомъ: къ площадкѣ устоя прикрѣплена чугунная кремальерка (*з*) (зубчатая полоса), расположенная по полуокружности; къ барабану привинченъ чугунный кронштейнъ (*и*), поддерживающій вертикальную ось вращенія (*і*), на нижній конецъ которой насажено зубчатое колесо (*к*), зацѣпляющееся за зубцы кремальерки, а на верхній конецъ насажено коническое колесо (*л*); съ этимъ послѣднимъ зацѣпляется другое коническое колесо (*м*), приводимое во вращательное движеніе рукояткой (*н*), укрѣпленной на станинѣ, поставленной внутри барабана. (Чтобы не затемнять чертежа, не показаны имѣющіяся въ дѣйствительности зацѣпленія лебедокъ, помощьюъ которыхъ приводится во вращательное движеніе ось колеса (*м*); равнымъ образомъ не показано полное число катковъ (*с*), поставленныхъ почти вплотную, а также не показаны связи между радіальными балками (*д*) и проч.). При вращеніи рукоятки (*н*) колесо (*м*), зацѣпляясь за колесо (*л*), сообщаетъ вращательное движеніе зубчатому колесу (*к*), которое, зацѣпляясь въ свою очередь за зубчатую кремальерку, какъ бы отталкивается отъ нея и при помощи кронштейна (*и*) передаетъ свое поступательное движеніе барабану (*а*); послѣдній вращается около оси (*о*).

Каждый изъ концовъ фермъ поддерживается при закрытомъ состояніи особыми опорами. Предъ вращеніемъ моста необходимо концы фермъ сдѣлать свободными, слѣд. опоры должны быть такого устройства, чтобы по желанію можно было ихъ опускать или поднимать. Въ данномъ примѣрѣ опоры устроены различно для короткаго и длиннаго конца. Опоры короткаго конца служатъ домкраты (*п*) (черт. 450 и 460), состоящіе изъ чугунной станины (*п*) (черт. 460), съ винтомъ (*р*), приводимымъ во вращательное движеніе колесомъ (*с*), образующимъ подвижную гайку винта. Колесо (*с*) приводится во вращеніе бозконечнымъ винтомъ (*т*), связаннымъ системой зубчатыхъ колесъ съ рукояткой, вращаемой рабочими. Колесо (гайка) (*с*), вращаясь въ ту или другую сторону, выдвигаетъ или опускаетъ винтъ (*р*), представляющій опору фермы.

Длинный конецъ каждой изъ фермъ подпирается особаго рода дом-

кратами, расположенными по прямой линии и приводимыми въ движеніе лебедкой, установленной на быкъ подъ мостомъ, между двумя средними фермами. Въ общихъ чертахъ устройство слѣдующее: концы фермъ поставлены на катки ( $y$ ) (черт. 461), оси которыхъ опираются на ползуны ( $\phi$ ), способные опускаться и подниматься вдоль верхней части станины ( $x$ ); ползуны соединены съ колѣнчатымъ шарнирнымъ рычагомъ, связаннымъ другимъ концомъ съ низомъ станины; во всѣхъ трехъ соединеніяхъ имѣются шарниры; на средній шарниръ насажена общая для четырехъ фермъ горизонтальная тяга ( $u$ ), соединенная шарниромъ съ гайкой ( $w$ ), опускающейся или поднимающейся вслѣдствіе вращенія безконечнаго винта ( $z$ ). При опусканіи гайки ( $w$ ), обѣ половины тяги ( $u$ ) получаютъ горизонтальное перемѣщеніе, направленное въ сторону винта ( $z$ ), вслѣдствіе чего вѣтви колѣнчатого рычага сближаются, а ползуны и слѣд. катки опускаются внизъ. При движеніи гайки вверхъ имѣетъ мѣсто обратное явленіе. (Катки ( $y$ ) поставлены съ тою цѣлью, чтобы дать возможность фермѣ свободно удлиняться при измѣненіи температуры). Винтъ ( $z$ ) приводится въ движеніе колѣнчатой осью ( $w$ ) (черт. 461) при помощи конического зацѣпленія; оба конца оси опираются на чугунную станину, а для болѣе равномернаго движенія на ось насажено маховое колесо.

Поворотный мостъ вѣсомъ около 43.000 пуд. приводится въ движеніе двумя лебедками, на которыхъ состоятъ по восьми рабочихъ; продолжительность поворота моста около 8 минутъ; мостъ этотъ можетъ быть приводимъ въ движеніе силою воды помощью турбинъ, и въ этомъ случаѣ продолжительность поворота уменьшается до 4 минутъ.


Стоимость моста 5.100.000 руб. Мостъ начался постройкой въ Маѣ 1874 года и открытъ для движенія 30 Августа 1879 г. Составителемъ проекта и строителемъ моста былъ инженеръ А. Е. Струве.

#### Краткое описаніе Опортнаго моста.

На черт. 462 изображенъ общій видъ арочнаго моста черезъ р. Дуэро близъ Опорто. Величина пролета арки—160 метр.; возвышеніе вершины ключа арки надъ линіею пять: 37,5 метр. для нижняго пояса и 47,5 метр.—для верхняго пояса. Арка серповидной формы состоитъ изъ двухъ криволинейныхъ поясовъ и раздѣлена стойками на 21 неравную панель; въ каждой панели двѣ системы раскосовъ; въ пятахъ—шарниры. Вся длина между крайними устоями 352,87 метр. На лѣвомъ берегу имѣются три пролета въ 36,625 + 37,375 + 37,375, всего 111,375 метр., перекрытыхъ неразрѣзной фермой, продолжающейся еще надъ аркой на два пролета въ 28,8 метр. Эта неразрѣзная ферма длиною въ 169,275 метр. неподвижно закрѣплена на металлической опорѣ, поставленной на камен-

номъ устоѣ арки, а на остальные опоры ферма опирается свободно. Надъ пятью средними панелями арки перекинута неразрѣзная ферма длиною 52,5 метр., опирающаяся на шести поперечинахъ трубчатого сѣченія (черт. 463), связывающихъ обѣ арки. Остальная затѣмъ часть перекрыта третьей неразрѣзной фермой о четырехъ пролетахъ, изъ которыхъ два по 28,75 метр. приходятся надъ аркой, а остальные два—на правомъ берегу, общеою длиною въ 37,375 + 36,625 метр. Такимъ образомъ верхній прогонъ опирается на арку—въ восьми точкахъ.

Разстояніе между обѣими арками въ пятахъ 15 метр., а въ вершинѣ—3,45 метр. Арки соединены жесткими вертикальными связями, а также и горизонтальными, помѣщенными въ плоскости обоихъ поясовъ. Пояса коробчатого сѣченія и состоятъ изъ двухъ вертикальныхъ стѣнокъ 600 × 12 мм., четырехъ уголковъ 100 × 110 × 15 мм. и изъ четырехъ горизонтальныхъ листовъ 650 × 12 мм. Нижніе края вертикальныхъ листовъ окаймлены уголками 120 × 90 × 10 мм., связанными рѣшеткой изъ уголковъ. Стойки и раскосы двутаврового сѣченія, изъ четырехъ уголковъ 130 × 90 × 10 мм., связанныхъ сплошнымъ листомъ или сквозной рѣшеткой.

Середины стоекъ и раскосовъ соединены общей связью изъ  желѣза, высотой 250 мм. Крайнія къ пятамъ панели имѣютъ сплошное заполненіе. Распорки связей трубчатого сѣченія, изъ четырехъ уголковъ 80 × 80 × 8,5 мм. и 70 × 70 × 7 мм., связанныхъ плоской рѣшеткой. Неразрѣзныя фермы верхняго прогона сложной раскосной системы; поперечная балка приклепана къ стойкамъ (черт. 463); на ней поставлено пять прокатныхъ балокъ (по двѣ балки подъ рельсъ), перекрытыхъ сплошь металлическими поперечинами изъ желѣза Зоре; для уменьшенія вреднаго дѣйствія ударовъ въ углубленіяхъ между желѣзомъ Зоре проложены деревянные подушки.

Вѣсъ двухъ арокъ—512 тоннъ; вѣсъ опирающихся на арку металлическихъ опоръ и неразрѣзной фермы—226,4 тоннъ; итого вѣсъ арочнаго пролета на погонный метръ: 4.625 кил.

Металлическія пролетныя части съ распоромъ обратнаго направленія или висячія фермы.

Висячая ферма состоитъ (рис. 25—30): изъ *подвѣсной* цѣпи или каната, перекинутыхъ черезъ опоры и поддерживающихъ весь грузъ мостового полотна; изъ *удерживающей* цѣпи или каната, которые закладываются въ устояхъ и служатъ для удержанія подвѣсной цѣпи, и наконецъ изъ *подвѣсныхъ трутневъ*, помощью которыхъ *мостовое полотно* подвѣшено къ цѣпи. По виду и по роду дѣйствующихъ въ фермѣ усилий, висячая ферма представляетъ собою *обратную арочную* ферму.

Такъ какъ въ этомъ типѣ фермъ: а) матеріаль (жельзо, сталь) работаютъ сообразно своимъ лучшимъ свойствамъ (подвергаются вытягивающимъ усилямъ); б) центр тяжести сооруженія расположенъ ниже точекъ привѣса (устойчивость фермы); в) сборка фермъ можетъ быть произведена безъ подмостей или при помощи подмостей легкой конструкціи, — въ виду всего этого висячія фермы представляются вполне пригодными для перекрытія большихъ пролетовъ, глубокихъ долинъ, овраговъ или рѣкъ, на которыхъ устройство промежуточныхъ опоръ или невозможно, или обошлось бы крайне дорого. Въ настоящее время наибольшій пролетъ въ цѣпныхъ мостахъ 148 саж. (мостъ въ Буда-Пештѣ), а изъ числа проволочныхъ — 243,53 саж. (Бруклинскій мостъ въ Нью-Йоркѣ). Но съ другой стороны висячія фермы имѣютъ и недостатки: онѣ требуютъ высокихъ опоръ, весьма прочнаго закрѣпленія удерживающихъ цѣпей въ каменныхъ опорахъ, которыя въ свою очередь должны быть очень массивными, чтобы сопротивляться опрокидыванію и скольженію, и наконецъ главное — это отсутствіе достаточной жесткости. (Послѣднее обстоятельство было причиною тому, что фермы этого типа не получили широкаго примѣненія на желѣзныхъ дорогахъ \*).

Еслибы цѣпь была подвержена нагрузкѣ, равномерно распределенной по длинѣ цѣпи (напр. собственный вѣсъ при постоянномъ поперечномъ сѣченіи), то она приняла бы видъ такъ называемой цѣпной линіи.

Если же нагрузка распределена равномерно по горизонтальной проекціи цѣпи (напримѣръ вѣсъ мостового полотна), то пренебрегая вѣсомъ цѣпи, — послѣдняя расположилась бы по дугѣ параболы. Въ дѣйствительности же вѣсъ цѣпи имѣетъ опредѣленную величину, и поэтому при

---

\*) Первый мостъ, приспособленный къ пропуску желѣзнодорожныхъ поѣздовъ — это проволочно-канатный мостъ черезъ Ніагару (1851 — 1855), съ пролетомъ въ 117,66 саж. (черт. 469); четыре каната, расположенные попарно одинъ надъ другимъ; каждый канатъ, 10 дюймовъ въ діаметрѣ, составленъ изъ семи придоковъ по 520 проволокъ толщиной въ 3,4 мм. Къ обоимъ парнымъ канатамъ подвѣшена пролетная часть балочной системы съ рѣшетчатыми фермами; по верхнему ярусу этой трубы расположена желѣзная дорога, а по нижнему — обыкновенная дорога.

Второй мостъ, уже цѣпной, построенъ Шпиркомъ (1859 — 1860) черезъ каналъ р. Дунай, около Вѣны (рис. 27 и черт. 497); величина пролета 39,19 саж. При осмотрѣ моста въ 1881 г., оказалось, что удерживающія цѣпи въ закрѣпленныхъ колодцахъ подверглись значительной ржавчинѣ, стрѣла провѣса увеличилась, въ шарнирныхъ соединеніяхъ обнаружено разнѣшваніе, въ виду чего признано было небезопаснымъ оставить мостъ неперестроеннымъ, и въ настоящее время онъ замѣненъ мостомъ съ фермами арочной системы.

Накопецъ третій мостъ, приспособленный къ желѣзнодорожному движенію — опять проволочный, а именно Бруклинскій въ Нью-Йоркѣ (1876—1885); средний пролетъ 243,53 саж. и два полупроекта по 136,09 саж.; четыре каната, діаметромъ 15,8 дюйма, состоятъ изъ 19 придоковъ по 331 проволокѣ, діаметромъ 4,3 мм. Поѣзда пропускаются безъ паровоза, а при помощи безконечной цѣпи и постоянной паровой машинки, поставленной на одной изъ опоръ.

совмѣстномъ дѣйствіи собственнаго вѣса цѣпи и равномерно-распределенной нагрузки по мостовому полотну, цѣпь расположится по кривой, мало отличающейся отъ параболы, и тѣмъ менѣе, чѣмъ положе цѣпь и чѣмъ она легче по сравненію съ грузомъ мостового полотна.

На этомъ основаніи въ всякихъ мостахъ съ гибкою цѣпью и недостаточно жесткимъ мостовымъ полотномъ, цѣпь подъ вліяніемъ равномерно-распределенной сплошной нагрузки—принимаетъ форму параболы; нагрузка не сплошная, но симметричная относительно середины провѣса,—вызываетъ измѣненіе вида этой кривой, увеличивая или уменьшая стрѣлу провѣса. При несимметричной, т. е. односторонней нагрузкѣ, происходитъ не только повышеніе или пониженіе, но и горизонтальное перемѣщеніе наиболѣе пониженной точки цѣпи.

Для уничтоженія или уменьшенія этихъ колебаній устраиваются тѣ или другія приспособленія, съ цѣлью обезпеченія извѣстной жесткости.

По роду этихъ приспособленій слѣдуетъ отличать фермы, въ которыхъ имѣется:

а) *Жесткое мостовое полотно*, что достигается взаимнымъ соединеніемъ всѣхъ поперечинъ между собою помощью продольнаго бруса или рѣшетчатой фермы (рис. 25), или независимымъ прикрѣпленіемъ полотна къ наклоннымъ вантамъ (рис. 26), перекинутымъ черезъ опоры и прикрѣпленнымъ къ удерживающей цѣпи.

б) *Жесткая подвѣсная цѣпь*—состоящая изъ двухъ отдѣльныхъ вѣтвей (поясовъ), соединенныхъ между собою раскосами, причемъ оба пояса могутъ быть равно отстоящіе и гибкіе (рис. 27), или же одинъ изъ нихъ—жесткій—располагается по направленію хорды, а другой—гибкій—по направленію параболы (рис. 28); въ послѣднемъ случаѣ обѣ половины цѣпи соединяются помощью шарнира; иногда же жесткость увеличивается помѣщеніемъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ вантъ, прикрѣпленныхъ къ основанію опоръ (черт. 464).

в) *Жесткое мостовое полотно и жесткая подвѣсная цѣпь* (черт. 464).

г) *Раскосное (неизмѣняемое) соединеніе цѣпи съ прогономъ*—причемъ между смежными привѣсными прутьями помѣщаются одиночные или взаимно-пересѣкающіеся раскосы (рис. 29) при сохраненіи цѣпи гибкою, или же цѣпь составляется изъ непрерывнаго жесткаго скелетнаго пояса съ такими же прогономъ, раскосами и стойками, имѣя шарнирные соединенія смежныхъ полуфермъ на опорахъ и въ пониженной точкѣ (рис. 30 и черт. 13).

и д) *Сложная* висячая ферма, состоящая изъ соединенія висячей и обыкновенной балочной фермы; въ этомъ случаѣ часть нагрузки принимается висячей фермой, а остальная часть—балочной фермой.

*Общее расположеніе.* Если отверстіе имѣется въ виду перекрыть однимъ

только пролетомъ, тогда примѣняется цѣльная висячая ферма (рис. 27 и 28). При двухъ пролетахъ пользуются двумя полуфермами съ высокою промежуточной опорой. При трехъ и болѣе пролетахъ—средніе пролеты перекрываются цѣльными фермами, а крайніе — полуфермами (рис. 26 и 30 и черт. 13).

Мостовое полотно обыкновенно помѣщается подъ цѣпью, хотя есть нѣсколько примѣровъ съ обратнымъ расположеніемъ, причеиъ подвѣсныя прутья замѣняются стойками (черт. 515).

Пологость цѣпи дѣлается отъ  $\frac{1}{18}$  до  $\frac{1}{10}$ ; уголъ наклоненія, составляемый касательной къ подвѣсной цѣпи у опоръ съ горизонталью, — измѣняется въ предѣлахъ отъ  $17^\circ$  до  $21^\circ$ ; наиболѣе же выгодный уголъ наклоненія для удерживающей цѣпи:— $45^\circ$ .

Въ пониженной точкѣ цѣпь касается иногда мостового полотна, что также содѣйствуетъ нѣкоторой жесткости, какъ и расположеніе полотна по кривой съ подъемомъ къ серединѣ пролета.

Съ цѣлью увеличенія жесткости относительно боковыхъ качаній разстояніе между подвѣсными цѣпями дѣлается у опоръ шире, чѣмъ по серединѣ пролета, а такъ какъ ширина мостового полотна сохраняется постоянной по всей длинѣ моста, то привѣсныя прутья принимаютъ наклонное направленіе. Впрочемъ при пролетахъ средней величины — цѣпи, а слѣдовательно и прутья располагаются въ вертикальныхъ параллельныхъ плоскостяхъ.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, въ зависимости отъ ширины полотна, число фермъ увеличивается даже до пяти. При двухъ фермахъ достигается равномерное распредѣленіе нагрузки на каждую изъ цѣпей, причеиъ для уменьшенія размѣровъ поперечинъ и ширины устоевъ, тротуары устраиваются иногда па вѣсу. Последнее расположеніе очень выгодно и можетъ быть допущено въ мостахъ небольшихъ пролетовъ; въ противномъ случаѣ, съ цѣлью увеличенія жесткости относительно боковыхъ качаній, полезно раздвинуть цѣпи и помѣстить тротуары внутри фермъ (черт. 465). При болѣе дѣятельномъ размѣрѣ движенія, требующемъ значительной ширины проезжей части, пользуются тремя, четырьмя или пятью фермами (Пантелеймоновскій мостъ въ Петербургѣ, близъ Лѣтняго сада), усиливая иногда поперечныя балки шпренгелями (черт. 466). Тротуары помѣщаютъ между цѣпями (черт. 467), или съ внѣшней стороны (черт. 468). На черт. 469 изображена схематически фасадъ и поперечный разрѣзъ двухъяруснаго Ніагарскаго моста (сложной системы), въ которомъ имѣются четыре каната, поддерживающіе попарно—поперечины верхняго (жельзнодорожнаго) и нижняго (подъ обыкновенную дорогу) мостового полотна. Черт. 470 показываетъ въ общихъ чертахъ висячій мостъ, по которому проведенъ каналъ.

Устройство цѣпей и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ.

Цѣпи могутъ располагаться одна возлѣ другой, или одна надъ другой, какъ напр. въ Менэйскомъ мосту (черт. 471), гдѣ четыре цѣпи размѣщены одна надъ другой, причемъ подвѣсные прутья прикрѣплены поочередно къ той или другой парѣ цѣпей.

Цѣпи состоятъ изъ звеньевъ, причемъ въ ширину ихъ можетъ быть одно или нѣсколько; въ послѣднемъ случаѣ звенья располагаются одно возлѣ другого и по концамъ соединяются болтами, продѣтыми сквозь проушины. Каждая такая отдѣльная часть цѣпи называется *связкою*. Звено состоитъ изъ желѣзной полосы, представляющей по концамъ ушп-рѣніе съ проушинами для болтовъ, и имѣетъ въ поперечномъ сѣченіи форму круглую (черт. 472) или прямоугольную (черт. 473); иногда же имѣетъ продолговатое кольцообразное очертаніе (черт. 474). Толщина звеньевъ измѣняется отъ  $\frac{3}{4}$  до  $1\frac{1}{4}$  дюйм. при полосовомъ желѣзѣ и даже до  $1\frac{7}{8}$  дюйм. въ случаѣ брусковаго желѣза: ширина же ихъ не превосходитъ 8 дюймовъ. Число звеньевъ въ связкахъ бываетъ не болѣе 12, такъ какъ при большемъ числѣ передача давленія на болтъ можетъ быть неравномѣрной.

Длина звеньевъ опредѣляется разстояніемъ между поперечинами моста вслѣдствіе того, что подвѣсные прутья, поддерживающіе поперечныя балки, прикрѣпляются къ цѣпямъ въ соединеніяхъ связокъ. Для увеличенія же жесткости фермы слѣдуетъ дѣлать звенья длиннѣе \*), а такъ какъ разстояніе между поперечинами нельзя увеличивать болѣе извѣстнаго предѣла, то для увеличенія длины звеньевъ помѣщаютъ нѣсколько цѣпей, располагая звенья въ перевязку, и поперечины подвѣшиваютъ къ каждой цѣпи. Цѣпи размѣщаютъ въ этомъ случаѣ рядомъ или одну надъ другой (черт. 471).

*Болты*, соединяющіе связки, имѣютъ съ одного конца головку, а на другомъ навинчивается гайка (черт. 475) или закладывается чека.

Къ тому же болту прикрѣпляется посредствомъ *серьги* пруть, къ которому подвѣшена поперечная балка. Серьга имѣетъ видъ проушины (черт. 475, 476, 477 и 478) и располагается между звеньями, или же дѣлаютъ двѣ серьги и помѣщаютъ ихъ по концамъ болта (черт. 497). Для мостовъ съ малыми пролетами употребляютъ сопряженіе прутьевъ съ цѣпью, показанное на черт. 479 или на черт. 480 (Египетскій мостъ); въ послѣднемъ примѣрѣ пруть подвѣшенъ къ цѣпи при помощи подушки, опирающейся на звенья вблизи узла; для того, чтобы подушка не могла скользить, она свабжена вертикальными приливами, которые проходятъ

\*) Въ существующихъ мостахъ крайній предѣлъ длины звеньевъ—18 футовъ, наиболѣе употребительная длина отъ 7 до 12 футовъ.



въ промежуткахъ между звеньями и соприкасаются съ выступающими концами звеньевъ слѣдующей связки. На черт. 481 показано соединеніе, примѣненное въ Пантелеймонскомъ мосту (построенномъ Треттеромъ въ 1824 г. [нынѣ уже разобраннымъ]). Звенья изъ круглаго желѣза діаметромъ  $1\frac{7}{8}$  дюйм. съ овальными проушинами; каждая связка состоитъ изъ двухъ звеньевъ, расположенныхъ по всей длинѣ моста по одной линіи, что потребовало соединенія соответственныхъ звеньевъ помощью короткихъ связокъ съ двумя шарнирными болтами. Подвѣсныя прутья продѣты сквозь желѣзную подушку, опирающуюся на выступающіе концы двухъ смежныхъ связокъ, въ подушкѣ сдѣлано полусферическое углубленіе, и въ него вставлена такая же чашка, сквозь которую проходитъ подвѣсный пруть, снабженный сверху гайкой. Подушка прикрыта особой чугунной крышкой, привинченной шурупами.

Для возможности подтягиванія цѣпи употребляютъ такъ называемый *уравнительный приборъ* (черт. 482). Между крайними звеньями цѣпи вмѣсто болта вгоняется заковка, состоящая изъ двухъ полуцилиндровъ и нѣсколькихъ клинцевъ, обращенныхъ тонкими концами въ разныя стороны.

#### Устройство металлическихъ канатовъ и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ.

Удерживающая цѣпь устраивается такъ же, какъ и подвѣсная.

Канаты могутъ быть или *обвязные*, или *проволочные* (кабели).

*Обвязные* канаты состоятъ изъ тонкихъ полосъ прокатнаго желѣза, связанныхъ желѣзными или чугунными коробками (черт. 483). Ширина обручаго желѣза около 4 дюйм., толщина около  $\frac{1}{4}$  дюйм., при длинѣ до 50 фут., причемъ число полосъ въ канатѣ доходитъ до 20. Полосы располагаются въ ступенчатомъ порядкѣ, какъ показано на черт. 484, чѣмъ исключается возможность появленія стыковъ внутри толщи каната, которые встрѣчаются только въ наружныхъ полосахъ. Прерванная полоса возмѣщается новой наружной полосой, помѣщенной съ другой стороны каната, и обѣ онѣ взаимно соединяются помощью желѣзнаго обруча (черт. 485), которымъ обвертывается канатъ два или три раза, или же помощью чугунной коробки (черт. 483). Въ обонхъ случаяхъ концы стыкаемыхъ полосъ загибаются подъ угломъ  $180^\circ$  и приклепываются или привинчиваются къ желѣзной или чугунной коробкѣ. Последняя состоитъ обыкновенно изъ двухъ половинъ, свинчиваемыхъ болтами; къ той же коробкѣ прикрѣпляется и подвѣсный пруть.

*Проволочные* канаты (кабели) состоятъ изъ параллельно сложенныхъ проволокъ толщиною отъ 3 до 5 милл. (черт. 486), стянутыхъ мѣстами обвязными отожженными проволоками, навитыми въ нагрѣтомъ состояніи; или же проволоки въ канатѣ располагаются спиралью около средней прямой прядки, причемъ каждая прядка въ отдѣльности состоитъ изъ

спирального тонкого каната (черт. 487). Канатъ Бруклинскаго моста имѣеть 19 параллельныхъ прядокъ (черт. 488), которыя въ свою очередь также составлены изъ параллельно сложенныхъ 331 стальныхъ проволокъ; здѣсь какъ каждая прядка, такъ и канатъ обвязаны по всей длинѣ проволокой. Взамѣнъ нагрѣванія этой послѣдней, что въ данномъ случаѣ было бы неудобно, употреблялись особые сжимы, которыми при обматываніи плотно сжимались отдѣльныя проволоки и прядки. Проволочный витой канатъ на 10% слабѣе каната съ параллельными прядками. Диаметръ проволочнаго каната доходитъ до 400 милл., какъ напр. въ Бруклинскомъ мосту, гдѣ онъ состоитъ изъ 19 прядокъ по 331 проволока въ каждой, толщиною въ 4,3 мм.

Во избѣжаніе сварки или сращиванія концовъ проволокъ, что во всякомъ случаѣ представляло бы слабое мѣсто, проволоки стараются дѣлать цѣльными, не сращенными. Такъ напр. въ Ніагарскомъ мосту длина отдѣльныхъ проволокъ доходила до 273,79 саж.: каждая такая проволока была вытнута изъ бруска длиною 4,58 метр., площадью въ 11 кв. сант., вѣсомъ въ 63,42 кил. Сращиваніе отдѣльныхъ проволокъ достигается различнымъ образомъ, а именно: концы смежныхъ проволокъ ударами молотка дѣлаютъ слегка плоскими на протяженіи 2 или 3 дюйм. и особымъ штампомъ сообщаютъ поверхности нѣкоторую шероховатость, затѣмъ складываютъ проволоки плоскою стороною и обвязываютъ тонкой проволокой; но подобное соединеніе представляетъ лишь около 80% сопротивленія проволоки. Болѣе совершененъ слѣдующій приѣмъ, примененный при сооруженіи Бруклинскаго моста: концы проволокъ осаживались, т. е. утолщались и ударами молотка обдѣлывались въ конусъ. На поверхности утолщеннаго конуса дѣлалась винтовая нарѣзка (черт. 489) на протяженіи полудюйма, и оба конца соединялись общей муфтой съ нарѣзкой по двумъ направленіямъ. Затѣмъ стыкъ погружался въ расплавленный цинкъ съ прибавленіемъ олова, причемъ предварительно этого погруженія стыкъ обмывался слабымъ растворомъ кали. Прочность стыка оказалась въ 95% отъ сопротивленія цѣльной проволоки. Передъ употребленіемъ въ дѣло проволоки покрывали три раза варенымъ горячимъ или холоднымъ льнянымъ масломъ, выжидая каждый разъ, чтобы отдѣльные слои совершенно просохли.

Кабели располагаются по нѣскольку въ рядъ или одни надъ другими (черт. 490).

Подвѣсные прутья изъ проволочныхъ канатовъ, изъ штангъ, или изъ уголковъ надвѣваются на канатъ помощью особыхъ вилокъ (черт. 486, 490 и 491), или же уголки подвѣсокъ приклепываются къ планкамъ, которыя надвѣваются на болтъ, положенный въ углубленіе муфты (черт. 487); эта послѣдняя состоитъ изъ двухъ половинокъ, сжимаемыхъ осо-

быми стяжными болтами, и держится однимъ треніемъ. Помощью подобной же муфты можетъ быть надѣта подвѣска изъ круглаго желѣза, заканчивающаяся въ верхнемъ концѣ петель (черт. 492). На черт. 493 изображено прикрѣпленіе канатной подвѣски къ проволочному канату и къ нижнему стремени. Два пучка проволокъ, изъ которыхъ свить канатъ, раздвигаются по концамъ и оггибаютъ желѣзную обойму въ формѣ подковы, имѣющей одно углубленіе по окружности для помѣщенія каната и два поперечныхъ—по концамъ подковы; эти послѣднія углубленія назначены для помѣщенія обвязной проволоки, которою канатъ подвѣски плотно привязывается къ подковѣ. Концы смыкающихся проволокъ наложены одинъ на другой на длину 4 дюйм. и обмотаны отожженной проволокой. Верхняя подкова надѣвается на вилку или сѣдло, въ которомъ сдѣлано по срединѣ углубленіе; на нижнюю подкову надѣвается крючкомъ стремя, поддерживающее поперечину. Для того, чтобы вилка не могла скользить по подвѣсному канату, на послѣдній навивается въ мѣстахъ помѣщенія подвѣски обвязной канатъ на протяженіи 7—10 дюймовъ (черт. 494). Другое соединеніе проволочной подвѣски съ желѣзнымъ стремнемъ показано на черт. 495. Здѣсь развитые концы каната входятъ въ коническое отверстіе, сдѣланное въ желѣзной толстой планкѣ; меньшій діаметръ немного болѣе діаметра каната, а большій — вдвое болѣе. Раздвигувъ концы проволокъ, вгоняютъ желѣзные коническіе стержни въ видѣ гвоздей до тѣхъ поръ, пока не заполнится все пространство; сначала забиваютъ длинные и толстые гвозди, а затѣмъ болѣе короткіе и тонкіе; при этомъ какъ проволоки, такъ и гвозди смазываются льнянымъ масломъ. Затѣмъ концы проволокъ обвязываютъ около головокъ гвоздей, заливаютъ свинцомъ и тщательно зачеканиваютъ. Въ два остальныхъ отверстія желѣзной планки проходятъ стержни стремени, обхватывающіе поперечину или чугунную муфту, которая навинчена на подвѣсный канатъ. Винтовая наръзка на стержняхъ стремени позволяетъ регулировать длину. Этотъ способъ соединенія встрѣчается преимущественно въ Америкѣ.

На черт. 495' показано прикрѣпленіе подвѣски къ одиночному проволочному канату помощью стяжной муфты, состоящей изъ двухъ половинокъ съ внутренними ребордами, обезпечивающими болѣе плотное соприкасаніе муфты къ канату при нажатіи.

На черт. 495'' изображенъ другой типъ прикрѣпленія, предложенный \*) фирмою общества машиностроительнаго завода, въ Нюрнбергѣ. Канаты не соединяются въ одинъ общій канатъ, а располагаются въ нѣсколько рядовъ въ вертикальномъ и горизонтальномъ направленіяхъ. Въ вертикальной плоскости между отдѣльными канатами располагаются чугунины

\*) Взята привиллегія.

или стальные распорки, и все обжимается подковообразнымъ желѣзнымъ бандажемъ; между верхнимъ канатомъ и перегибомъ бандажа также помещается серповидная прокладка. Помощью особаго пресса вся эта связъ сильно сжимается, послѣ чего нижняя подушка скрѣпляется съ оконечностями бандажа помощью клиньевъ или болтовъ. Въ среднихъ распоркахъ сдѣлано отверстіе, сквозь которое продѣвается шарниръ; къ этому послѣднему подвѣшиваются серьги (на чертежѣ показано 4 серьги), приклепанные помощью уголковъ и диафрагмы къ уголкамъ подвѣски, состоящей изъ четырехъ уголковъ и рѣшетки. Этотъ типъ подвѣски имѣеть то достоинство, что площадь соприкасания съ канатомъ очень велика.

На черт. 495<sup>'''</sup> показанъ типъ прикрѣпленія подвѣски, предложенный фирмою Narkort'a. Нѣсколько канатовъ соединяются въ одинъ общій канатъ, образуя фигуру шестиугольника. Муфта состоитъ изъ половинокъ, съ приливами вверху, внизу и по бокамъ; внутренняя поверхность обѣихъ половинокъ муфты покрыта особой замазкой для обезпеченія плотнаго соприкасания муфты къ канатамъ; на верхній и нижній выступы (въ видѣ разрѣзаннаго на двое цилиндра) надѣваются въ горячемъ состояніи сжимныя кольца, которыя, сжимаясь при остываніи, плотно стягиваютъ обѣ половинки. На боковые приливы ввидѣ цилиндрическихъ выступовъ надѣваются серьги, прикрѣпленные гайками; къ серьгамъ же прикрѣпляются подвѣски. На муфту можетъ быть насаженъ коробчатый поясъ, который можетъ служить для мѣстнаго усиленія пояса.

#### Сопряженіе подвѣсонъ съ поперечинами.

Различные способы сопряженія подвѣсокъ съ деревянными поперечинами показаны на черт. 496 и 497. Такъ здѣсь мы видимъ, что подвѣска пропускается чрезъ отверстіе, сдѣланное въ балкѣ, и завинчивается гайкой; или болтъ, оканчиваясь вилкой съ винтовой нарѣзкой, обхватываетъ балку и поддерживаетъ ее помощью планки, закрѣпленной гайкой; между вилкой и верхней гранью балки оставляется зазоръ, чтобы въ случаѣ надобности можно было ее подтянуть. Накопецъ къ болту подвѣшивается чугунная подушка (черт. 497) съ гвѣздами для парныхъ поперечинъ. Первое устройство имѣеть ту невыгоду, что болтъ, проходя чрезъ отверстіе въ балкѣ, способствуетъ доступу сырости.

Прикрѣпленіе подвѣсокъ къ металлической поперечинѣ можетъ быть сдѣлано различнымъ образомъ. На черт. 497' показано приспособленіе, которое было примѣнено въ мостѣ системы Шнирха. Подвѣсный пруть состоялъ изъ двухъ частей, соединенныхъ общей муфтой. Нижняя половина имѣла внизу утолщеніе съ цилиндрическими выступами; на эти выступы надѣвались и прикрѣплялись гайкой двѣ подвѣски, которыя были пропущены сквозь заклепочныя отверстія, сдѣланныя въ полкахъ верх-

нихъ и нижнихъ поясныхъ уголковъ, и снизу подвинчивались гайкой. Или же можно приклепать къ стѣпкѣ поперечины двѣ планки и соединить ихъ съ подвѣской парниромъ.

Въ большинствѣ Петербургскихъ цѣпныхъ мостовъ подвѣски поддерживаютъ не поперечину, а продольную, поставленную на ребро, желѣзную полосу, на которую ставятся деревянные поперечины (черт. 498). Въ Ниагарскомъ мосту подвѣсный пруть нижняго кабеля оканчивается стременемъ, охватывающимъ подушку, на которой расположены парныя поперечины по обѣ стороны стремени.

#### Проведеніе цѣпей надъ опорами.

При переходѣ черезъ опоры цѣпи лежатъ на чугунныхъ коробкахъ (черт. 499), или на каткахъ (черт. 500). Первое расположеніе имѣетъ то неудобство, что въ виду значительнаго тренія происходитъ неодинаковая натянутость подвѣсной и удерживающей цѣпей, подвергаящая опору изгибу. Болѣе выгодно проведеніе цѣпи по каткамъ, соединеннымъ общей рамой и помѣщеннымъ на чугунной доскѣ; часто катки не имѣютъ поступательнаго движенія, а вращаются въ неподвижныхъ подшипникахъ (черт. 501). Иногда цѣпь покоится на чугунной подушкѣ, способной передвигаться по каткамъ, помѣщеннымъ на доскѣ (черт. 502). Во всѣхъ этихъ случаяхъ часть цѣпи надъ опорой составляется изъ одного короткаго звена, изогнутаго по дугѣ, или изъ нѣсколькихъ мелкихъ звеньевъ (черт. 502). вмѣсто тѣлѣжки употребляютъ иногда двойной секторъ (черт. 503), качающійся въ выемкѣ, сдѣланной въ чугунной доскѣ, или обѣ цѣпи прикрѣпляютъ къ стержню (черт. 504), вращающемуся около горизонтальной оси. Если для подвѣски полотна употреблено двѣ цѣпи, или даже двѣ пары цѣпей одна подъ другою, тогда на опору ставятся двѣ тѣлѣжки. Черт. 505 изображаетъ примѣръ подобнаго случая. На опору поставлена чугунная двухъярусная коробка, стѣнки которой снабжены ребрами и проемами; на днищѣ коробки помѣщенъ рядъ катковъ съ утолщеннымъ пояскомъ по срединѣ, что препятствуетъ боковому перемѣщенію; катки, связанные общей рамой, поддерживаютъ подушку, на которой расположены звенья нижняго яруса; на верхней площадкѣ коробки сдѣлано подобное же устройство для звеньевъ верхняго яруса. Черт. 506 изображаетъ другой примѣръ проведенія чрезъ опоры двухъярусной цѣпи: верхняя цѣпь прикрѣплена къ большому рычагу, вращающемуся около горизонтальной оси, помѣщенной вверху чугунной опоры; нижняя же цѣпь прикрѣплена къ меньшему рычагу, ось вращенія котораго укрѣплена въ большомъ рычагѣ. На черт. 507 показано нѣсколько типовъ проведенія удерживающей цѣпи чрезъ устой, причѣмъ примѣнены тѣ же приспособленія, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Проволочные канаты пропускаются чрез опоры на каткахъ (черт. 508) или прикрѣпляются къ качающемуся сектору помощью желѣзной обѣйки и шарнира (черт. 509).

#### Закрѣпленіе цѣпей.

Закрѣпленіе цѣпей можетъ быть сдѣлано при малыхъ пролетахъ—непосредственно въ грунтѣ, а при болѣе значительныхъ—въ каменномъ массивѣ, а именно: или въ однихъ крайнихъ устояхъ (черт. 510), или еще въ промежуточномъ низкомъ бычѣ (черт. 511); въ послѣднемъ случаѣ цѣльная ферма замѣняется двумя полуфермами, по послѣднее расположение встрѣчается очень рѣдко. Устои эти должны быть вообще такихъ размѣровъ, чтобы могли сопротивляться какъ вертикальному поднятію, такъ и горизонтальному сдвигу. Для увеличенія сопротивленія перемѣщенію по горизонтальному направленію, особливо если недостаточно одного тренія между кладкой и грунтомъ, прибѣгаютъ къ слѣдующимъ искусственнымъ мѣрамъ: закладываютъ основаніе уступами, или по наклонному восходящему направленію; ростверкъ, если таковой имѣется, дѣлаютъ съ уступами, или головы свай задѣлываютъ въ кладку.

Удерживающая цѣпь продолжается въ устоѣ (въ массивѣ) по прямому направленію (черт. 512), или цѣпь принимаетъ ломанное направленіе (черт. 513), или наконецъ она огибаеть устой внутри. Иногда удерживающія цѣпи взаимно соединяются (черт. 513'), чѣмъ достигается одинаковость натянутости обѣихъ цѣпей. Измѣненіе направленій цѣпи дѣлается для уменьшенія длины устоя. При прямомъ и достаточно пологомъ направленіи удерживающей цѣпи основанія устоевъ устраиваются иногда отдѣльно отъ основанія высокихъ опоръ, соединяясь по верху аркой; при этомъ каменную кладку располагаютъ такимъ образомъ, чтобы давленіе отъ закрѣпленныхъ цѣпей передавалось на этотъ сводъ (черт. 514). Если же цѣпь дѣлаетъ крутой перегибъ, тогда пользуются общей опорой (черт. 515) и (черт. 516). Для проведенія цѣпи внутри массива устраиваютъ наклонный (черт. 517) или вертикальный колодезь, обдѣлываемый тесовой кладкой; наклонные колодцы перекрываются сводомъ или плитами (съ напускомъ) (черт. 517). Въ случаѣ измѣненія направленія цѣпи ведутъ внутри устоя сводчатую кладку по равнодѣйствующей (черт. 515). Для каждой цѣпи устраиваются отдѣльные колодцы, которые соединяются одной общей поперечной галлереей (черт. 517).

Собственно закрѣпленіе цѣпи состоитъ въ томъ, что въ нижней части вертикальнаго или наклоннаго колодца помѣщается чугунная доска, опирающаяся на края колодца, и сквозь эту доску пропускаются звенья удерживающей цѣпи, закладываемой чекой (черт. 515 и 517). Весьма остроумно закрѣпленіе (черт. 518), примененное въ Фрейбургскомъ мосту

въ видѣ зубчатаго зацѣпленія; въ скалѣ сдѣланъ колодезь глубиною 16 метровъ, сѣченіемъ  $1 \times 3$  метра; внутри колодца сложена сводчатая кладка изъ трехъ ярусовъ съ капаломъ по оси; давленіе отъ чугунной доски передается сводами на скалу.

На черт. 519, 520 и 521 показано въ общемъ видѣ закрѣпленіе удерживающей цѣпи изъ звеньевъ, изъ проволочнаго и обвязнаго канатовъ. Чертежи 522 и 523 изображаютъ то же въ увеличенномъ масштабѣ. Такъ какъ чугунная закрѣпная доска подвергается изламывающему усилю, то она отливается довольно высокою и съ ребордами. Клинья, играющіе роль чеки, позволяютъ регулировать натянутость цѣпи!

На черт. 520 показано закрѣпленіе проволочнаго каната, который впрочемъ часто замѣняется внутри колодца или рядомъ болѣе тонкихъ канатовъ, или звеньями. Въ первомъ случаѣ оба рода канатовъ обвиваютъ желѣзную обойму (черт. 524) и къ ней прикрѣпляются проволоками; въ промежуткахъ между обоймами помѣщается рядъ клиньевъ. Въ Ніагарскомъ мосту соединеніе проволочнаго каната съ звеньями сдѣлано помощью продолговатой чугунной доски (черт. 525), имѣющей по наружному обводу желобъ (для помѣщенія каната), а въ болѣе узкой части—утолщенную шейку съ двумя отверстіями: цилиндрическимъ и коническимъ. Канатъ проходитъ черезъ цилиндрическое отверстіе, огибаетъ доску по желобу и закрѣпляется въ коническомъ отверстіи подобно тому, какъ было сказано относительно подвѣсныхъ прутьевъ. Звено цѣпи соединяется съ чугунной доской помощью короткой связки и двухъ болтовъ, одинъ изъ которыхъ проходитъ сквозь отверстіе, сдѣланное въ доскѣ; тамъ же помѣщается клинъ для регулированія. Въ Бруклинскомъ мосту проволока огибаетъ чугунную муфту (вродѣ обоймы) (черт. 526); парные же звенья соединяются съ муфтой помощью шарнира. Выше было упомянуто, что канатъ этого моста состоитъ изъ 19 прядокъ; каждая изъ прядокъ удерживающей цѣпи оканчивается подобной муфтой, и всѣ онѣ расположены въ четыре яруса, какъ указано на черт. 527, такимъ образомъ, что каждая изъ муфтъ нѣсколько передвинута относительно нижележащей; это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы получить (по высотѣ) только два ряда звеньевъ, соединяя два ряда въ одинъ помощью общаго шарнира.

На черт. 527' показано приспособленіе для перехода отъ проволочнаго каната къ цѣпямъ въ удерживающемъ канатѣ. Прядки каната продвѣваются въ коническую муфту, снабженную проушинами и болтомъ, на который надѣваются звенья цѣпи. Концы прядокъ тщательно очищаются погруженіемъ въ слабый растворъ соляной кислоты и затѣмъ оцинковываются. Внутренняя поверхность муфты также оцинкована. Насадивъ плотно муфты на канатъ и расправивъ прядки въ видѣ щетки—кониче-

ское пространство заливаютъ жидкимъ (горячимъ) составомъ. Этотъ составъ дѣлается изъ  $\frac{2}{3}$  олова и  $\frac{1}{5}$  цинка, а остальная часть изъ антимонія для придачія при остываніи большей жесткости. Иногда составы дѣлають изъ девяти частей по вѣсу олова, двухъ частей по вѣсу антимонія и одной части бисмута.

Если закрѣпной канатъ сохраняетъ свой типъ на всемъ протяженіи, т. е. не переходитъ въ звенья, то концы каната задѣлываются подобно описанному способу въ брусчатые металлическія балки, въ которыхъ сдѣланы коническія отверстія (черт. 527<sup>11</sup>); балки эти опираются на металлическій ростверкъ, задѣланный въ кладку. Уголъ наклоненія производящей конуса около  $15^\circ$ . Коэффициентъ тренія принимается около 0,3.

### О п о р ы.

Опоры, чрезъ вершины которыхъ проходятъ цѣпи, по роду матеріала бывають каменные (черт. 528), металлическія (черт. 529), а иногда и деревянные. Каменные опоры болѣе устойчивы, но занимають много мѣста; металлическія легче, но качка при нихъ болѣе ощутительна, и поэтому онѣ употребляются только при малыхъ пролетахъ. Цѣпи помещаются или на отдѣльныхъ столбахъ, выведенныхъ на общемъ основаніи, приче́мъ столбы соединяются иногда арками (черт. 528 и 529), или же каждый столбъ выводится на отдѣльномъ основаніи, какъ въ Ниагарскомъ мосту (черт. 530). Въ Бруклинскомъ мосту (черт. 531) опора представляетъ общій массивъ съ двумя сводчатыми пролетами; на крайнія стѣнки опираются крайніе кабели, а на среднюю—два среднихъ кабеля.

Каменные опоры должны быть сдѣланы пзъ твердаго камня; но иногда дѣлають ихъ и кирпичными, прокладывая подъ цѣпами вертикальные ряды изъ твердаго камня и продолжая въ общемъ основаніи тесовую кладку въ видѣ обратнаго свода.

Металлическія опоры могутъ быть также отдѣльными для каждой цѣпи; иногда же онѣ соединяются вверху аркой или прогономъ (черт. 529). Чугунныя колонны большею частью трубчатого или крестоваго сѣченія; ихъ прикрѣпляютъ къ каменному основанію или неподвижно, какъ напр. въ бывшемъ Пантелеймоновскомъ мосту (черт. 530<sup>1</sup>, 530<sup>11</sup>), или же онѣ устраиваются качающимися, опираясь на чугунную подушку помощью шипа (черт. 532). Опоры Пантелеймоновскаго моста состояли изъ пяти чугунныхъ колоннъ, перекрытыхъ вверху общей балкой. Впѣшній діаметръ ихъ—12 д., а внутренній—10 д. Основаніе колонны вставлено въ цилиндрическое углубленіе, сдѣланное въ чугунномъ продольномъ башмакѣ, прикрѣпленномъ болтами къ каменной кладкѣ; въ башмакѣ, по обѣ стороны колонны, имѣется по три углубленія, въ которыя вставлены и закрѣплены чекой квадратныя ребра, упирающіяся верхнимъ концомъ въ особые приливы



колонны. Промежуток между ребрами заполненъ чугунными кольцами, прикрѣпленными къ ребрамъ винтами. Цѣпь проведена чрезъ опору помощью короткаго изогнутаго звена. Удерживающая цѣпь имѣетъ внутри кладки устоя вертикальное направленіе; сопряженіе вертикальнаго направленія съ наклоннымъ сдѣлано помощью короткаго криваго звена (черт. 530"). Крайнее же къ закрѣпной доскѣ звено имѣетъ на одномъ концѣ проушину, а на другомъ утолщеніе, въ видѣ шляпки, что замѣняетъ собою чеку.

Если размѣры колонны довольно значительны, то ее составляютъ изъ частей (косяковъ), толщиной около 1 д., соединяемыхъ помощью болтовъ, проходящихъ чрезъ флянцы. Иногда внутри колонны пропускаютъ штырь, соединенный крестовинами со стѣнками, для чего около ребордъ должны быть сдѣланы особые приливы съ проушинами. Штырь или стойка дѣлается большею частью крестоваго сѣченія. Отъ этой стойки направляются въ горизонтальной плоскости радіальныя чугунные распорки, и въ вертикальныхъ радіальныхъ плоскостяхъ—желѣзные тяжи. Стойка составляется по высотѣ изъ нѣсколькихъ частей; каждая часть снабжена по концамъ круговымъ плоскимъ флянцемъ съ приливами; къ этимъ послѣднимъ прикрѣпляются чугунные распорки и желѣзные тяжи, другой конецъ которыхъ соединяется съ вертикальными ребордами косяковъ. Часть внутренности трубы заполняется кладкой.

На черт. 533 показана желѣзная опора жесткаго висячаго моста чрезъ р. Майнъ во Франкфуртѣ, изображеннаго на черт. 13. Мостъ назначенъ исключительно для пѣшеходовъ и имѣетъ три отверстія—среднее—въ 76,69 метр., а два крайнихъ по 39,56 метр. Фермы представляютъ собою обратную арочную систему и состоятъ изъ жесткихъ поясовъ, стоекъ и раскосовъ. На опорахъ п въ ключѣ—фермы соединяются помощью шарнира. Опоры трубчатаго сѣченія состоятъ изъ 8 уголковъ, соединенныхъ въ верхней части рѣшеткой, а въ средней и нижней—сплошнымъ листомъ. Для увеличенія устойчивости приклепаны къ двумъ боковымъ гранямъ опоры контрофорсы изъ четырехъ уголковъ, связанныхъ между собою рѣшеткой. Прикрѣпленіе къ кладкѣ сдѣлано помощью болтовъ и чугунной подушки съ закраинами. Обѣ опоры взаимно соединены вверху поперечной балкой двутавроваго сѣченія. Поверхъ трубчатой опоры поставленъ желѣзный ящикъ, къ которому прикрѣплена чугунная доска. На доскѣ лежатъ катки, имѣющіе по срединѣ выступъ, который входитъ въ углубленіе, сдѣланное въ чугунной доскѣ, и препятствуетъ боковому сдвиженію фермы. Поверхъ катковъ поставленъ балансиръ съ углубленіемъ, соотвѣтствующимъ выступу въ каткахъ. На балансирѣ, какъ въ подшипникѣ, покоится шарниръ, соединяющій фермы смежныхъ пролетовъ.

**Мѣры, уменьшающія начну мостового полотна. Горизонтальныя связи.**

Въ началѣ статьи было упомянуто въ общихъ чертахъ о различныхъ приспособленіяхъ для увеличенія жесткости моста. Резюмируя все изложенное, можно сказать, что мѣры, уменьшающія качку въ вертикальной плоскости, представляются слѣдующими: подъемъ мостового полотна къ серединѣ, со стрѣлою подъема около  $\frac{1}{100}$ ; связь всѣхъ поперечинъ общимъ продольнымъ прогономъ или фермой (о деталяхъ соединенія деревянной рѣшетчатой фермы съ деревянными поперечинами будетъ сказано при описаніи Кіевскаго и Островскаго мостовъ); прикрѣпленіе полотна къ особымъ наклоннымъ вантамъ, перекинутымъ черезъ опоры; соединеніе полотна съ вантами, прикрѣпленными къ устою ниже полотна; соединеніе цѣпи съ наклонными вантами, прикрѣпленными къ основанію высокихъ опоръ; увеличеніе длины звеньевъ; помѣщеніе рѣшетки между двумя вѣтвями цѣпи; помѣщеніе раскосовъ между подвѣсными прутьями; соединеніе цѣпи съ жесткимъ поясомъ системою раскосовъ и стоекъ, и устройство висячей фермы изъ склепаннаго криволинейнаго и прямого пояса, соединенныхъ раскосами и стойками.

Для уменьшенія же качки по горизонтальному направленію примѣняютъ между прочимъ слѣдующія мѣры: раздвигаютъ цѣпи на опорахъ шире, чѣмъ по серединѣ моста, такъ что подвѣсныя прутья расположены не въ вертикальной, а по косои плоскости; или полотно прикрѣпляется вантами къ берегу (черт. 534); или же ребра полотна прикрѣпляются къ двумъ взаимно пересѣкающимся канатамъ, изогнутымъ по кривои и концы которыхъ неразрывно соединены съ устоями (черт. 534).

Для приведенія реберъ мостового полотна въ неизмѣняемую систему помѣщаются горизонтальныя связи (черт. 540), которыя ставятся иногда и между подвѣсными цѣпями вблизи вершины опоръ.

**Вратное описаніе Николаевскаго висячаго моста въ Кіевѣ.**

Николаевскій мостъ \*) чрезъ р. Днѣпръ имѣетъ четыре пролета по 440 фута, каждый, два полупролета по 220 ф. и добавочный пролетъ въ 7 саж., перекрытый поворотнымъ мостомъ, открываемымъ для прохода судовъ во время высокихъ водъ. Ширина мостового полотна  $52\frac{1}{2}$  ф. Изъ нихъ  $33\frac{2}{3}$  назначены для проѣзжей части, а остальные  $18\frac{5}{6}$  для размѣщенія цѣпей и тротуаровъ. На каждомъ изъ пяти быковъ сложено по двѣ кирпичныя опоры, соединенныя арками. На опоры поставлены коробки, чрезъ которыя проведены цѣпи изъ желѣзныхъ звеньевъ съ одного пролета на другой. Ребра полотна состоятъ изъ шпиргельныхъ и рѣшетчатыхъ балокъ, привѣшенныхъ къ цѣпи желѣзными прутьями. Полотно досчатое изъ двухъ рядовъ досокъ. Для уменьшенія качки поперечины связаны съ раскосой фермой системы Гау.

\*) Извлечено изъ Стр. Иск. Усова.

Основаемъ промежуточныхъ опоръ служить бетонный массивъ, заложенный прямо на грунтъ въ огражденномъ перемычками котлованѣ; глубина котлована доходить до 18 ф. Основаніе же цѣпныхъ устоевъ, т. е. въ которыхъ закрѣплены цѣпи, устроено изъ свай, перекрытыхъ слоемъ бетона. Перемычки состоятъ изъ одного, двухъ и трехъ рядовъ четырехкаптовыхъ свай, промежутки между которыми заполнены тщательно перемѣшанной смѣсью изъ глины, навоза и щебня. Ложе рѣки въ предѣлахъ моста укрѣплено фашинными тѣлками.

Столбы опоръ, перекрытые сводомъ, имѣютъ выше свода сплошную кладку, возвышающуюся на 38 ф. надъ полотномъ моста. На этой высотѣ положено два ряда гранитныхъ камней, на которые опираются желѣзные коробки, назначенныя для провода цѣпей. Коробки прикрѣплены къ кладкѣ длинными  $2\frac{1}{2}$ , дюймовыми болтами, пропущенными во всю высоту опоры; въ каждомъ столбѣ помѣщено 14 болтовъ.

Всего имѣется четыре цѣпи, по двѣ съ каждой стороны. Разстояніе между крайними точками цѣпи равно 424 футамъ, при стрѣлѣ кривизны въ  $29\frac{1}{4}$  фут. Каждая связка состоитъ изъ 8 звеньевъ длиною 12 фут., сѣченіемъ  $10\frac{1}{4} \times 1$  дюйм.; толщина болта, на который надѣты звенья— 5 дюйм. Проушины звеньевъ въ двухъ цѣпяхъ, поддерживающихъ одну сторону моста, размѣщены въ перевязку, такъ что проушины связки одной цѣпи приходятся противъ середины связки другой цѣпи (черт. 535). На середину каждаго болта надѣта серыга съ проушиною на концѣ, которая входитъ въ промежутокъ двухъ такихъ же проушинъ, составляющихъ верхнюю оконечность привѣснаго стержня, и соединяется съ нимъ болтомъ, подобно указанному на черт. 477 и 478. Нижній конецъ прута пропущенъ сквозь поперечную балку и снизу завинченъ гайкою. Звенья, лежація на коробкахъ, имѣютъ въ длину отъ 3 до 5 ф.; имъ придана кривизна, соответствующая радіусу коробки (черт. 535). Сопряженіе цѣпи, лежащей на коробкѣ, съ привѣсною цѣпью сдѣлано помощью продолговатыхъ проушинъ, полуболтовъ и клиньевъ, подобно указанному на черт. 482. Каждая цѣпь укрѣплена въ устоѣ за чугуною плитою четырьмя желѣзными засовами, длиною 5 фут. и толщиною въ 5 д. Общій вѣсъ цѣпей съ болтами, гайками, клиньями и засовами 98.000 пуд. Число привѣсныхъ прутьевъ 672: изъ нихъ по 238 въ каждомъ пролетѣ и по 60—въ полупролетахъ; изъ числа послѣднихъ прутьевъ 48 находятся выше пола, а 12—ниже. Вѣсъ прутьевъ съ гайками 3.850 пуд.

Нижеприведенное описаніе проѣзжей части моста относится къ прежнему устройству ея \*).

\*) Въ 1899 г. деревянная проѣзжая часть замѣнена металлической съ поднятіемъ ея уровня, такъ что въ средней части пролетовъ она расположена выше цѣпей; при этомъ тросгары помѣщены между цѣпами, а не на вѣсу, какъ это было прежде.

Въ виду значительной ширины моста поперечныя балки были одѣ— рѣшетчатыя (черт. 536), а другія—шпренгельныя (черт. 537).

Рѣшетчатая балка состояла изъ верхняго и нижняго поясовъ, распер- тыхъ раскосами и стянутыхъ болтами; вышина ея  $6\frac{1}{2}$  фут. На концахъ балки были поставлены деревянныя стойки. Стойки и раскосы упирались въ пояса помощью чугунныхъ подушекъ. Сѣченіе верхняго пояса  $9 \times 13$  д., а нижняго— $8 \times 12$  д. Диаметръ стягивающихъ болтовъ  $1\frac{1}{4}$  дюйма.

Шпренгельная балка (черт. 537) состояла изъ деревяннаго бруса, сѣченія  $9 \times 13$  д. Къ нижней грани ея прикрѣплены три чугунныя под- порки, изъ которыхъ средняя выступаетъ болѣе крайнихъ. Этими под- порками брусъ опирался на желѣзные тяжи, толщиною  $1\frac{1}{4}$  дюйма, концы которыхъ пропущены сквозь схватку продольной фермы и завин- чены гайками. Половыя балки были прикрѣплены къ цѣпи посредствомъ желѣзныхъ стержней, которые пропущены сквозь брусъ каждой балки и внизу завинчены гайками. Стержни, принадлежатіе внутреннимъ связ- камъ цѣпи, поддерживаютъ шпренгельныя балки, а стержни наружныхъ— рѣшетчатыя.

Для увеличенія жесткости моста поперечины связаны были фермой Гау, одна половина которой находилась надъ полотномъ, другая же по- ловина подъ нимъ. Ферма прикрѣплялась къ поперечинамъ двумя парами схватокъ, врубленныхъ въ раскосы и поперечины. Длина панели въ рѣ- шеткѣ равнялась удвоенному разстоянію между поперечинами, причемъ стяжные болты фермы пропущены сквозь поперечины. Такъ какъ попе- речины черезъ одну приходились противъ середины панели фермы, то онѣ встрѣчаютъ пересѣченіе раскосовъ, а потому въ этомъ мѣстѣ на нихъ была надѣта чугунная коробка съ гнѣздами для раскосовъ. Ферма поставлена въ промежуткѣ между парными цѣпиями.

Для образованія поперечнаго уклона полотна въ верхніе пояса по- перечныхъ балокъ врѣзаны были продольные бруски, изъ коихъ средніе врѣзаны менѣе крайнихъ, такъ что верхнія грани ихъ расположены по прямой съ подъемомъ къ серединѣ. Чтобы уменьшить боковую качку, на упомянутые бруски положены по направленно діагоналей доски, на ко- торыхъ настланъ полъ, состоящій изъ двухъ рядовъ: нижняго въ 3 д. и верхняго въ  $1\frac{3}{4}$  дюйм.; первый рядъ поперекъ моста, а второй—по длинѣ.

Тротуаръ составлялъ продолженіе верхнихъ поясовъ поперечныхъ балокъ и поддерживался на вѣсу деревянными кривыми брусьями, ниж- ніе концы которыхъ упирались въ нижніе пояса рѣшетчатыхъ попереч- ныхъ балокъ, а верхніе врѣзаны зубьями въ верхніе пояса тѣхъ же ба- локъ и притянуты къ нимъ болтами. Ширина тротуара 4 ф., съ настил- кой изъ одного ряда 3 дюймовыхъ досокъ. На опорахъ тротуаръ под- держивался кронштейнами. Перила состояли изъ нижней и верхней

обвязки съ деревянными стойками, промежутокъ между которыми заполненъ металлической рѣшеткой. Мостъ построенъ въ 1853 г.

**Кратное описаніе моста чрезъ рѣку Великую въ г. Островѣ.**

Мостъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ пролетовъ, построенныхъ чрезъ два рукава р. Великой; величина каждаго изъ пролетовъ  $43\frac{6}{7}$  саж. (черт. 538). Въ виду прямого направленія удерживающей цѣпи,—массивы, въ которыхъ закрѣплены цѣпи, заложены отдѣльно отъ основанія поддерживающихъ опоръ. Эти послѣднія выведены па общемъ основаніи, заложеномъ на глубинѣ  $4\frac{3}{4}$  фута ниже межени. Вся высота сплошной части опоръ  $22\frac{3}{4}$  фута, а высота столбовъ, поддерживающихъ цѣпи— $32\frac{1}{4}$  фута. Столбы не связаны аркой и имѣютъ въ основаніи  $10,5 \times 8$  фут., а въ вершинѣ  $8\frac{5}{12} \times 6\frac{5}{24}$  ф. Опоры выведены изъ отборной плиты и облицованы булыжнымъ камнемъ. Три нижнихъ и три верхнихъ ряда отдѣльныхъ столбовъ сдѣланы изъ гранита.

Мостовое полотно привѣшено къ четыремъ цѣпямъ, расположеннымъ въ два яруса по обѣимъ сторонамъ моста; стрѣла кривизны 26 ф. 11 д., что составляетъ  $\frac{1}{11}$  доли пролета (черт. 539 и 510). Каждая цѣпь состоитъ изъ шести полосъ толщиною  $\frac{3}{4}$  д. и шириною 5 дюйм. (черт. 475). Детали серьги, подвѣсныхъ прутьевъ и уравнительнаго прибора показаны на черт. 476, 477, 478 и 482. Всѣ звенья одинаковой длины, такъ что разстояніе между привѣсными прутьями измѣняется отъ 4 ф. 1 д. до 3 ф. 10,5 д. Чугунная коробка для проведенія цѣпей надъ опорами двухъярусная (черт. 505). Коробка связана съ подферменнымъ камнемъ желѣзными болтами толщиною  $1\frac{1}{2}$  дюйм.; нижняя постель коробки, а также поверхности коробки и подушекъ, соприкасающіяся съ катками, оструганы. Закрѣпная доска изображена на черт. 522 и имѣетъ по срединѣ вертикальную перегородку.

Ширина мостового полотна между перилами  $21\frac{1}{6}$  ф., а между предохранительными брусьями 18 ф. Разстояніе между центрами сѣченія цѣпей—24 фут. Мостовое полотно (черт. 540) состоитъ изъ двойного досчатого пола толщиною  $2\frac{1}{2}$  д., настлаинаго на поперечинахъ длиною 25,5 ф., сѣченія  $8,5 \times 12,5$  д. Для уменьшенія вертикальной качки,—перила замѣнены фермой Гау высотой 7 ф. (черт. 539), нижній поясъ которой помѣщенъ непосредственно подъ поперечинами. Ферма опирается на поперечины помощью двухъ схватокъ (черт. 540), врубленныхъ въ раскосы. При указанномъ расположеніи фермы, стяжные болты ея не проходятъ сквозь поперечины, и нересѣченіе раскосовъ не встрѣчается на поперечинахъ, какъ это имѣетъ мѣсто въ Кіевскомъ мосту. Мостъ построенъ въ 1853 году.

## XIV.

# Производство работъ по сборкѣ, склепкѣ и установкѣ на мѣсто металлическихъ мостовыхъ фермъ.

Опишемъ предварительно вкратцѣ главнѣйшія свойства чугуна, желѣза и стали и приготовленіе мостового желѣза.

Главнѣйшія свойства чугуна, желѣза и стали.

*Чугунъ.* Въ зависимости отъ вида излома чугунъ называется *бѣлымъ*, *серымъ* и *половинчатымъ* (тигровымъ, пестрымъ). Въ строительномъ дѣлѣ преимущественно употребляется сѣрый чугунъ; удѣльный вѣсъ 7,1; температура плавленія 1250°—1300° Cels; строеніе кристаллическое, мелкозернистое, въ свѣтло-сѣромъ чугунѣ и крупнозернистое—въ темносѣромъ чугунѣ. Величина зерна (сыпи) зависитъ какъ отъ условій, при которыхъ происходитъ остываніе послѣ отливки, такъ и отъ величины отливной штукп; чѣмъ меньше объемъ предмета, тѣмъ мельче сыпь.

Наибольшее содержаніе углерода не превосходитъ 5<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, въ среднемъ около 3,5<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Чугунъ не обладаетъ ни ковкостью, ни свариваемостью. (Предметы изъ такъ называемаго *ковкаго* чугуна отливаются изъ бѣлаго чугуна по возможности чистаго, содержащаго незначительное количество кремнія и марганца и затѣмъ обезуглероживаются, для каковой цѣли помѣщаются въ закрытыя помѣщенія безъ доступа воздуха (горшки, муффели), перекладываются слоями песку и окиси желѣза (въ порошокъ) и подвергаются дѣйствию высокой температуры въ теченіе 5—6 дней. При этомъ большая часть углерода окисляется и улетучивается, и металлъ болѣе или менѣе приближается по составу къ ковкому желѣзу. Считаютъ затруднительнымъ обезуглероживать этимъ путемъ предметы толщиной болѣе 2—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> д., и поэтому въ мостовомъ дѣлѣ ковкій чугунъ почти не употребляется).

Въ нижеприведенной таблицѣ сгруппированы численныя значенія различныхъ коэффиціентовъ, относящихся до чугуна.

Чугунъ получается изъ желѣзной руды, для каковой цѣли послѣдняя съ прибавленіемъ *флюсовъ* или плавней засыпается въ *доменныя* печи, нижняя часть которыхъ предварительно загружена на <sup>1</sup>/<sub>3</sub> высоты всей печи коксомъ \*) или древеснымъ углемъ, и затѣмъ подвергается дѣйствию

\*) Коксъ есть каменный уголь, подвергнутый перегонкѣ въ закрытыхъ отъ доступа воздуха сосудахъ, вслѣдствіе чего смолистыя части улетучиваются и остается чистый углеродъ; несгораемыя же части образуютъ золу.

высокой температуры примѣрно въ теченіе 24—48 часовъ. Доменная печь состоитъ какъ бы изъ двухъ усѣченныхъ конусовъ, соединенныхъ между собою основаніями, съ общей высотой отъ 30 до 90 футъ и съ объемомъ отъ 4 до 40 куб. саж. Въ нижнюю часть печи вдувается воздухъ, сжигающій горючій матеріалъ; образующіеся газы и пламя выходятъ сквозь верхнее отверстіе печи, а расплавленные вещества собираются въ нижней части печи и выпускаются оттуда постоянно или періодически. По мѣрѣ сгорания горючаго матеріала въ нижней части печи поверхность засыпанныхъ веществъ понижается и въ печь засыпаютъ новое количество горючаго матеріала и руды. Какъ сказано выше, время пребыванія руды въ печи составляетъ отъ 24 до 48 часовъ; промежутокъ же между двумя послѣдовательными загрузками измѣняется въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ.

*Въ процессъ выплавки чугуна выдѣляется изъ руды желѣзо, которое затѣмъ насыщается углеродомъ и обращается въ чугунъ; кромѣ того образуются шлаки (кремнекислыя, легкоплавкія соединенія).*

Шлакъ, какъ болѣе легкое вещество, собирается въ верхней части расплавленной массы и выпускается постоянно. По мѣрѣ накопленія выпускаютъ чугунъ два или три раза въ сутки въ полуцилиндрическія формы, сдѣланныя въ пескѣ; отлитый въ подобной формѣ чугунъ называется *свинною*.

На каждые 100 пудовъ добываемаго чугуна расходуется отъ 100 до 150 пудовъ кокса и отъ 160 до 300 пуд. руды.

*Желѣзо.* Удѣльный вѣсъ: 7,3—7,9. При нагрѣваніи желѣза до 500° Cels, оно начинаетъ свѣтиться въ темнотѣ, при 700°—800° Cels—дѣлается вишневокраснымъ, при 1.100°, 1.300°, 1.600° Cels оно принимаетъ послѣдовательно цвѣта темнооранжевый, бѣлый и яркобѣлый, наконецъ, при 1.700° (по Сименсу) желѣзо плавится.

Желѣзо содержитъ въ себѣ углерода, начиная отъ слѣдовъ до 0,30‰. Въ зависимости отъ такого малаго содержанія углерода желѣзо тугоплавко, тягуче, куется, сваривается и не закаливается, между тѣмъ какъ чугунъ при значительномъ сравнительно содержаніи углерода легкошлавокъ, хрупокъ, не куется, не сваривается и закаливается только съ поверхности при быстромъ охлажденіи.

Передъ плавленіемъ желѣзо размягчается, обращается въ тѣстообразное состояніе, въ которомъ оно легко сваривается (приблизительно около 1.400° Cels).

*Хорошее* желѣзо въ зависимости отъ содержанія углерода можетъ быть *твердымъ* (отъ 0,15‰ до 0,30‰ углерода) или *мягкимъ* (при содержаніи углерода отъ слѣдовъ до 0,15‰). Послѣдній родъ желѣза хотя и отличается меньшимъ сопротивленіемъ, но обладаетъ большею тягу-

честью, вязкостью, легко обрабатывается въ холодномъ и горячемъ состояніи и поэтому преимущественно употребляется для мостовыхъ сооруженийъ.

Слѣдующія постороннія примѣси вліяютъ на ухудшеніе качества желѣза: сѣра дѣлаетъ желѣзо красноломкимъ, фосфоръ—хладноломкимъ. Къ хладноломкимъ относится и горѣлое желѣзо,—т. е. подвергавшееся продолжительное время дѣйствию высокой температуры въ окисляющей атмосферѣ (желѣзные колосники).

Исслѣдованіе вида излома, т. е. его *цвѣта, блеска и сложенія* въ связи съ кузнечными пробами могутъ въ достаточной мѣрѣ опредѣлить качество желѣза.

Такъ, большею частью *совпаденіе свѣтлаго цвѣта съ матовымъ изломомъ, или темнаго цвѣта съ блестящимъ изломомъ—служитъ признакомъ доброкачественнаго желѣза*. Свѣтлый цвѣтъ при блестящемъ изломѣ указываетъ на мѣньшую доброкачественность или чаще всего на хладноломкость.

Сложеніе же въ изломѣ можетъ быть *зернистое, волокнистое и пластинчатое*. Естественное сложеніе желѣза *зернистое, кристаллическое* (октаэдръ, кубъ и табличное съ плоскими зернами), но дѣйствіемъ прокатки,ковки, растяженія и проч., *кристаллическое кубическое* сложеніе можетъ быть обращено въ *волокнистое*, а *табличное*—въ *пластинчатое*. Обратное, подъ вліяніемъ высокой температуры, волокнистое и пластинчатое сложеніе переходятъ въ кристаллическое (кубическое и табличное).

Такимъ образомъ, *доброкачественное твердое* (по содержанію углерода) *желѣзо* характеризуется матовымъ изломомъ свѣтло-сѣраго цвѣта; при зернистомъ сложеніи — *мелкой* остроконечной сыпью неправильной формы съ загнутыми остріями, а въ волокнистомъ сложеніи—длинными, тонкими однородными фибрами свѣтлаго серебристаго цвѣта.

*Хорошее мягкое желѣзо* представляетъ въ изломѣ блестящую поверхность темнаго цвѣта; въ зернистомъ сложеніи—сыпь *крупная* и того же характера, какъ и въ твердомъ желѣзѣ; при волокнистомъ сложеніи фибры также длинныя, тонкія, но болѣе темнаго цвѣта съ свинцовымъ оттѣнкомъ.

*Красноломкое желѣзо*—пепельно-сѣраго цвѣта съ слабымъ блескомъ; зернистость не ясна, преобладаетъ жилковидное сложеніе; въ случаѣ же волокнистаго сложенія—фибры крупныя, короткія, иеровныя и съ поперечными трещинами.

*Хладноломкое желѣзо* — въ изломѣ бѣлаго цвѣта съ сильнымъ блескомъ; зерно плоское съ правильными гранями, изломъ чешуйчатый, преобладаетъ пластинчатость.

Въ горѣломъ желѣзѣ — изломъ имѣетъ видъ сланца.



Качество желѣза не только зависитъ отъ химическаго состава, но и отъ механической обработки. Послѣдовательно повторенная обработка улучшаетъ качество желѣза вмѣстѣ съ числомъ повторенныхъ обработокъ, но до известнаго предѣла, послѣ котораго послѣдующая обработка уже ухудшаетъ качество, т. е. желѣзо перегорааетъ.

Временное сопротивленіе и предѣлъ упругости зависятъ какъ отъ способа обработки, такъ и отъ постороннихъ примѣсей. Углеродъ, а въ нѣкоторой степени и фосфоръ повышаютъ до известнаго предѣла временное сопротивленіе и предѣлъ упругости, но понижаютъ вязкость.

Данныя о различныхъ сопротивленіяхъ помѣщены ниже въ таблицѣ.  
*Желѣзо рѣдко получается непосредственно изъ желѣзныхъ рудъ, а передѣлывается обыкновенно изъ чугуна.*

Замѣтимъ здѣсь, что передѣлка чугуна на желѣзо, т. е. уменьшеніе углерода въ чугунѣ достигается окисленіемъ его кислородомъ воздуха или прибавленіемъ къ чугуну желѣза съ малымъ содержаніемъ углерода и сплавленіемъ обоихъ металловъ.

Окисленіе производится дѣйствіемъ кислорода воздуха на расплавленный чугунъ. Если при этомъ чугунъ плавится на древесномъ углѣ въ *горнахъ* (въ количествѣ около 10 пуд.), то желѣзо называется *кричнымъ*; при плавкѣ же чугуна въ особыхъ отражательныхъ пудлинговыхъ печахъ, около 25 пуд. заразъ, получаемый продуктъ называется *пудлинговымъ* желѣзомъ. (Въ пудлинговыхъ печахъ топливо отдѣлено отъ желѣза, причѣмъ примѣненіе ископаемаго матеріала вполне безвредно, такъ какъ устранена возможность перехода сѣры къ металлу). Накопецъ, если расплавленный чугунъ, въ количествѣ около 300 — 600 пуд., вливается за одинъ разъ въ большія желѣзныя реторты, выложенныя огнеупорнымъ матеріаломъ, и продувается многими тонкими струйками воздуха, подъ давленіемъ около 1,5 атмосферы, тогда желѣзо называется *бессемеровымъ* желѣзомъ.

Уменьшеніе углерода въ чугунѣ, путемъ сплавленія съ нимъ малоуглеродистаго желѣза, производится или на поду печи Сименса-Мартена, вмѣщающемъ до 400 пуд. (Мартеновскій металлъ), или сплавленіемъ чугуна съ желѣзомъ въ отдѣльныхъ тигляхъ, въ которыхъ помѣщается до 2 пуд. (тигельный металлъ).

Въ общихъ чертахъ вышеупомянутыя операціи состоятъ въ слѣдующемъ:

При *кричномъ* способѣ въ горнъ, предварительно разогрѣтый, засыпаютъ древесный уголь и кладутъ свинки чугуна. При помощи искусственнаго дутья температура постепенно повышается, и чугунъ начинаетъ плавиться; при этомъ чугунъ постоянно перемѣшиваютъ ломомъ для того, чтобы вся расплавленная масса равномерно окислялась кислородомъ воздуха. По мѣрѣ выдѣленія углерода чугунъ начинаетъ густѣть, такъ какъ

температура печи ниже температуры плавления желѣза, и получается губчатая масса, въ видѣ творага. Когда чугуны потеряютъ весь углеродъ, приступаютъ къ накаткѣ *крицы*, для чего мастеръ ломомъ сближаетъ отдѣльные куски и надавливаніемъ соединяетъ ихъ въ общій комокъ, вѣсомъ отъ 2 до 5 пуд. Затѣмъ повышаютъ температуру, чтобы проварить крицу, послѣ чего вынимаютъ ее клещами, кладутъ на двухколесную тележку и отвозятъ подѣ лобовой (черт. 541) или паровой (черт. 541') молотъ, или жомъ; это дѣлается для выдѣленія шлака и для уплотненія желѣза; (въ паровомъ молотѣ на чугунной станинѣ помѣщается паровой цилиндръ, поршень котораго соединенъ съ молотомъ). Обжатая подѣ молотомъ крица имѣетъ обыкновенно форму осьмигранной болванки.

При *пудлинговомъ* способѣ операція въ сущности та же; разница только въ томъ, что чугуны помѣщаются въ печи отдѣльно отъ горючаго матеріала (черт. 542). *С*—топка, *В*—порогъ печи, *А*—рабочее помѣщеніе, гдѣ помѣщается чугуны, *F*—дымовая труба, *D*—окна для садки чугуна и перемѣшванія; *E*—окно для подбрасыванія топлива.

Способъ *Бессемера* основанъ на выжиганіи изъ чугуна углерода, кремнія и другихъ примѣсей дѣйствіемъ струи воздуха, пропускаемой чрезъ расплавленный металлъ, причѣмъ получается чистое желѣзо и нѣкоторая часть закиси желѣза. Усиленный притокъ воздуха, способствующій между прочимъ горѣнію кремнія съ выдѣленіемъ значительнаго количества единицъ тепла, вызываетъ повышеніе температуры, что поддерживаетъ не только чугуны, но и желѣзо въ жидкомъ состояніи. Для восстановленія желѣза изъ этой закиси и для введенія въ обезуглерожениую массу нѣкотораго количества углерода (для сообщенія твердости) прибавляется къ расплавленной массѣ зеркальный чугуны или ферро-манганъ, и, смотря по количеству этой примѣси, получается сталь или желѣзо. Вся эта операція ведется въ желѣзныхъ ретортахъ, называемыхъ *конверторами* (черт. 543), которые могутъ вращаться около горизонтальной оси, составляющей одно цѣлое съ чугуннымъ кольцомъ, опоясывающимъ конверторъ. Одна изъ цапфъ оси пустотѣлая и сообщается съ воздуходувной машиной; на другой же цапфѣ насажено зубчатое колесо, зацѣпляющееся за кремальерку, а эта послѣдняя составляетъ продолженіе штока поршня, приводимаго въ движеніе гидравлическимъ двигателемъ.

Внутренность конвертора выложена огнеупорнымъ матеріаломъ; въ чугунномъ же днищѣ толщиною около 4 д. дѣлается нѣсколько достаточно большихъ (около 7 д.) коническихъ отверстій (черт. 543'), въ которыя вставляются такъ называемыя *фурмы* изъ огнеупорнаго матеріала, формы усѣченного конуса высотой около 14 дюйм. и снабженныя каждая нѣсколькими продольными каналами, діаметромъ  $\frac{3}{8}$  д.; пространство

между фурмами затрамбовывается. Верхняя часть фурмъ сообщается съ внутренностью реторты, а основаніе—съ особой, прикрѣпленной къ конвертору низкой цилиндрической камерой; отъ этой послѣдней идетъ труба къ пустотѣлой цапфѣ, внутренность которой въ свою очередь, какъ ска-  
запо выше, сообщается съ воздуходувной машиной.

Емкость конвертора соотвѣтствуетъ 5—10 тоннамъ металла.

Чугунъ, предназначенный для бессемерованія, плавится въ особыхъ вагранкахъ, откуда по желобамъ стекаетъ въ конверторъ, повернутый го-  
ризоньтально, т. е. такъ, что верхнее его отверстіе, горло становится въ уровнѣ цапфъ оси вращенія. Чугунъ занимаетъ около  $\frac{1}{10}$  объема кон-  
вертора, и при горизонтальномъ положеніи его, поверхность чугуна ниже фурмъ, такъ что вытеканіе чугуна невозможно. Затѣмъ конверторъ по-  
ворачиваютъ въ первоначальное положеніе, и въ то же время при по-  
мощи воздуходувныхъ машинъ начинаютъ дутье, при давленіи отъ 1,5 до 2,0 атмосферъ. Сначала появляется красноватое короткое пламя (при-  
знакъ горѣнія кремнія); затѣмъ — голубоватое, и, наконецъ, когда угле-  
родъ горитъ, пламя становится бѣлымъ. Вся операція, продолжающаяся около 20 минутъ, сопровождается шумомъ и выбрасываніемъ изъ ре-  
торты искръ и крупныхъ капель выплесковъ шлака и металла. Когда угле-  
родъ сгорѣлъ, пламя становится желтымъ и почти прозрачнымъ. На-  
блюденіе за ходомъ процесса ведется помощью спектроскопа. Предъ окон-  
чаніемъ операціи прибавляютъ расплавленный зеркальный чугунъ или  
раскаленный ферро-манганъ для возстановленія желѣза изъ закиси желѣза  
и для введенія некотораго количества углерода, для чего реторта опять  
приводится въ горизонтальное положеніе. Затѣмъ по прошествіи 8 —  
10 секундъ, желѣзо изъ реторты выпускается въ разливочный ковшъ, и  
изъ него расплавленный металлъ выливается въ подставленные чугуныя  
изложницы. Ковшъ діаметромъ и высотой около 4 футъ опоясанъ же-  
лѣзнымъ кольцомъ съ горизонтальными цапфами, что позволяетъ накло-  
неніе ковша. Кромѣ того опъ подвѣшенъ къ крану, вертикальная стойка  
котораго можетъ опускаться или подниматься (черт. 543"). Такимъ обра-  
зомъ, вращая кранъ, удобно производить наполненіе металломъ излож-  
ницъ, разставленныхъ по окружности круга, открывая на иѣсколько  
секундъ клапанъ, сдѣланный въ днищѣ ковша.

Изложницы обыкновенно чугуныя, открытыя съ обѣихъ концовъ,  
квадратнаго сѣченія съ закругленными ребрами и формы усѣченной пи-  
рамиды. Опъ ставятся на чугунное днище, и основаніе обмазывается  
иногда снаружи глиной, чтобы предотвратить вытеканіе металла. Когда  
металлъ нѣсколько остываетъ, приподнимаютъ посредствомъ гидравличе-  
скаго крана изложницы, которыя, благодаря пирамидальности, легко  
отстаютъ отъ болванки.

Въ способѣ *Сименса-Мартена* существенную роль играетъ особенность устройства печи.

Вообще въ газовыхъ печахъ высокая температура достигается сжиганіемъ въ кислородѣ воздуха горючаго газа, получаемого въ специально для того устроенныхъ приборахъ, *генераторахъ*.

Особенность газовой печи Сименса состоитъ въ томъ, что здѣсь сжигаемый газъ и воздухъ предварительно уже нагрѣты въ особыхъ, такъ называемыхъ, *регенераторахъ*. Для сего подъ подомъ печи или сбоку устраиваютъ четыре камеры, которыя имѣютъ постоянное сообщеніе съ рабочимъ помещеніемъ печи (гдѣ происходитъ плавка металла); независимо отъ сего двѣ изъ этихъ камеръ (газовыя) могутъ быть по произволу соединены или съ генераторомъ, или съ дымовой трубой, а другія двѣ (воздушныя)—съ наружнымъ воздухомъ или также съ дымовой трубой. Камеры заполнены рѣшетчатой кладкой изъ огнеупорнаго кирпича (черт. 543<sup>'''</sup>).

Въ началѣ дѣйствія одна изъ газовыхъ камеръ приводится въ сообщеніе съ генераторомъ, а одна изъ воздушныхъ—съ наружнымъ воздухомъ; остальные же двѣ камеры—съ дымовой трубой. Тогда смѣсь притекающихъ газа и воздуха сжигается въ рабочемъ помещеніи, откуда продукты горѣнія проходятъ чрезъ двѣ остальные камеры, нагрѣвая при этомъ кирпичи этихъ послѣднихъ, и затѣмъ выходятъ чрезъ дымовую трубу. Когда кирпичи регенераторовъ достаточно накалились, тогда мѣняютъ направленіе теченія газа и воздуха, и они вступаютъ въ рабочее пространство печи уже нагрѣтыми. Черезъ часъ или полчаса послѣ того, какъ кирпичи охладятся, — снова мѣняютъ направленіе и т. д. Въ этихъ печахъ развивается весьма высокая температура, при которой плавится желѣзо и платина.

Самый процессъ состоитъ въ слѣдующемъ. На подѣ газовыхъ печей Сименса дѣлается садка изъ чугуна, желѣзнаго и стального лома. Отъ дѣйствія газовъ печи углеродъ выгораетъ; наступаетъ моментъ, когда желѣзо не содержитъ углерода, а удерживаетъ въ соединеніи незначительное количество кислорода, образуя закись желѣза. Для возстановленія желѣза изъ этой закиси прибавляютъ нѣсколько зеркальнаго чугуна или ферро-мангана; тогда марганецъ зеркальнаго чугуна соединяется съ кислородомъ закиси желѣза, а углеродъ переходитъ въ желѣзо и сообщаетъ ему извѣстную твердость. Во время самой операціи берутъ нѣсколько пробъ, проковываютъ ихъ и по излому судятъ о степени выгоранія углерода. Процессъ продолжается около 8 часовъ. Готовый расплавленный металлъ выпускается изъ печи по желобамъ и попадаетъ въ изложницы, помещенныя на длинной телѣжкѣ, передвигаемой вдоль печи (черт. 543<sup>'''</sup>).

Наконецъ при *тигельномъ* способѣ вышеуказанные материалы кла-

дугся въ графитовые и глиняные тиглы, которые ставятся въ газовыя печи пли въ горны. Стѣнки тигля книзу утолщаются; крышка же снабжена отверстіемъ для наблюденія за плавкой. Готовый металлъ также выливается въ изложницы. Способъ этотъ крайне дорогой и употребляется только для полученія стали высокаго достоинства.

При кричномъ и пудлинговомъ способѣ—желѣзо получается въ твердомъ или тѣстообразномъ состояніи и оно называется *сварочнымъ*: если же желѣзо получается въ жидкомъ видѣ, какъ напр. при бессемеровскомъ, мартеновскомъ и тигельномъ способахъ, тогда оно носитъ названіе *литого*.

Въ сварочномъ желѣзѣ, не смотря на тщательную обработку подъ молотами, нельзя вполне отдѣлить *шлаки* (кремнекислыя соединенія), которые въ литомъ желѣзѣ почти не содержатся, такъ какъ они легко всплываютъ на поверхность и могутъ быть отдѣлены. Съ другой стороны, литое желѣзо при дальнѣйшей его обработкѣ и при приготовленіи изъ него составныхъ частей мостовой фермы требуетъ соблюденія многихъ предосторожностей, при каковыхъ условіяхъ металлъ этотъ и можетъ только считаться выше сварочнаго желѣза.

*Сталь*. Удѣльный вѣсъ измѣняется отъ 7,6 до 7,8 въ обратной зависимости отъ содержанія углерода. Сложеніе мелкозернистое, свѣтлосѣраго цвѣта съ матовымъ отгѣнкомъ. Чѣмъ тверже сталь, тѣмъ мельче и плотнѣе сложеніе и тѣмъ меньше блескъ. При нагрѣваніи чистая поверхность стали принимаетъ слѣдующіе цвѣта: свѣтло-желтый—220° Cels.; бронзовый (коричневый) — 250° Cels.; пурпуровый — 277° Cels.; свѣтло-голубой—288° Cels.; темно-синій—293° Cels.; при 1.400°—1.700° Cels., смотря по содержанію углерода,—сталь плавится.

Наибольшее содержаніе углерода: 2,3<sup>0</sup>/<sub>100</sub>; количество вредныхъ примѣсей (сѣры, фосфора и мѣди) не должны превосходить 0,1<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, а для хорошей стали не болѣе 0,05<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Сталь куется, хотя труднѣе желѣза и тѣмъ труднѣе, чѣмъ больше содержитъ углерода.

Если нагрѣтую до температуры краснаго каленія сталь быстро охладить, погружая въ воду, масло или подвергая дѣйствию струи холоднаго воздуха, то сталь приобретаетъ большую твердость и упругость, но дѣлается болѣе хрупкой, т. е. закаливается.

Для уменьшенія хрупкости сталь отжигаютъ, нагрѣвая не выше 310°, и медленно охлаждають.

Твердость стали зависитъ отъ большаго или меньшаго содержанія углерода. При отсутствіи постороннихъ примѣсей, среднее содержаніе углерода около 1<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Фосфоръ дѣлаетъ сталь хладноломкой; сѣра и мѣдь—красноломкой. Содержаніе сѣры въ размѣрѣ 0,06<sup>0</sup>/<sub>100</sub>—0,07<sup>0</sup>/<sub>100</sub> достаточно, чтобы сдѣлать сталь красноломкой. Сопротивленіе разрыву уве-

личивается вмѣстѣ съ содержаніемъ углерода; при 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — сопротивление разрыву наибольшее, за этимъ предѣломъ оно уменьшается. Марганецъ вліяетъ также, какъ углеродъ, но въ несравненно меньшей степени.

Способы передѣлки чугуна на сталь почти тѣ же, какъ и при переработываніи чугуна на желѣзо; разница состоитъ въ томъ, что процессъ останавливается такъ, чтобы въ металлѣ осталось большее (сравнительно съ желѣзомъ) количество углерода. Равнымъ образомъ сталь можетъ быть получена и изъ желѣза, съ увеличеніемъ содержанія углерода (цементная сталь), для чего желѣзные полосы, толщиной не болѣе  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$  д., перекладываются слоями съ раздробленнымъ древеснымъ углемъ и подвергаются дѣйствию высокой температуры въ теченіе 8—12 дней.

Въ слѣдующей таблицѣ для характеристики приведены нѣкоторыя среднія данныя относительно чугуна, желѣза и стали.

Названіе.	Содержаніе углерода въ 0/0	Временное сопротивленіе въ кл. на кв. мм.			Предѣлъ упругости въ кл. на кв. мм.			Удлиненіе при разрывѣ		Удлиненіе при предѣлѣ упругости.		Коэффициентъ упругости въ кл. на кв. мм.		
		Вытяг.	Сжат.	Срѣз-ыв.	Вытяг.	Сжат.	Срѣз-ыв.	Вытяг.	Сжат.	Вытяг.	Сжат.	Вытяг.	и сжат.	Срѣз-ыв.
Чугунъ . . . . .	—	12,50	75,00	20,00	7,50	15,00	5,6			0,00075	0,0015	10.100	3.750	
Брусковое или круглое желѣзо.	—	40,00	35,00	35,00	14,00	14,00	10,50			0,0006	0,0007	20.000	7.500	
Литовое и поло- совое желѣзо . . . . .	—	35,00	30,00	—	14,00	14,00	10,50	0,18		0,0008	0,0008	17.500	6.562	
Желѣзная прово- лока . . . . .	—	65,00	—	—	24,00	—	—			0,0012	—	20.000	7.500	
Сталь . . . . .	1,00	63,00	—	—	34,00	—	—	0,17		0,00100	—	17.760	—	
» . . . . .	0,50	50,00	—	—	24,00	—	—			0,00110	—	19.478	—	
» . . . . .	0,12	44,00	—	—	22,00	—	—			0,0012	—	18.871	—	
Литое желѣзо . . . . .	0,08	37,00	—	—	—	—	—	0,28		—	—	—	—	
Мягкая сталь . . . . .	—	54,00	—	—	24,00	—	—			0,0013	—	17.273	—	
Твердая сталь . . . . .	—	57,64	—	—	25,32	—	—			0,0012	—	20.746	—	
Стальн. проволока (Бруклин. мостъ)	—	115,00	—	—	—	—	—			—	—	18.600	—	
Мягкая сталь за- кален. . . . .	—	87,84	—	—	74,40	—	—			0,0037	—	19.906	—	
Твердая сталь за- кален. . . . .	—	88,80	—	—	50,56	—	—			0,0026	—	19.199	—	

Приготовленіе плоскаго и углового мостового желѣза и заклепокъ.

*Мостовое плоское желѣзо.* Въ металлическихъ мостовыхъ фермахъ встрѣчаются сорта плоскаго желѣза преимущественно толщиной отъ

$\frac{5}{16}$  до  $\frac{6}{8}$  д., шириною отъ 3 до 60 д., при длинѣ отъ 5 до 35 ф.— приче́мъ вѣсь отдѣльной штуки не превосходитъ 25—30 п. Такимъ образомъ, сорта эти, въ строгомъ смыслѣ, не подходятъ ни къ листовому, ни къ полосовому и котельному желѣзу, а скорѣе они составляютъ специальный родъ желѣза—*мостового*, поясного и раскоснаго.

Желѣзо этого типа получается путемъ прокатки опредѣленнаго сѣченія болванокъ (Brame) между валками прокатнаго стана. Болванки могутъ прокатываться, находясь подъ давленіемъ валковъ съ четырехъ сторонъ (при изготовленіи длинныхъ, узкихъ полосъ), или только съ двухъ сторонъ (широкіе и короткіе листы) (черт. 544).

Поперечное сѣченіе, а отчасти и длина упомянутыхъ болванокъ, зависятъ какъ отъ размѣровъ даннаго мостового желѣза, такъ и отъ числа предстоящихъ нагрѣвовъ, а также и отъ того — обрѣзывается ли листъ съ двухъ, или съ четырехъ краевъ.

Если брусь долженъ быть приготовленъ изъ сварочнаго желѣза, то составляютъ такъ называемый *пакетъ* (черт. 545), днище и крышка котораго состоятъ изъ двухъ или трехъ рядовъ полосъ односварочнаго желѣза; средняя же часть его ( $\frac{2}{3}$  по вѣсу) заполняется мнѣлбарсомъ \*). Иногда же пакетъ во всю высоту составляется изъ полосъ, ограничиваясь снизу и сверху широкими крышками, равными ширинѣ пакета (черт. 546).

Полосы, изъ которыхъ составляется пакетъ шириною въ 3 д. и 4 д. и толщиною около  $\frac{3}{4}$ —1 д., получаютъ прокаткою и разрѣзываются специальными пожницами (черт. 547).

Пакетъ обвязывается нагрѣтымъ полосовымъ желѣзомъ, помещается въ сварочную печь (черт. 548), гдѣ нагрѣвается до бѣлокалильнаго жара, и затѣмъ пѣз него отковывается или прокатывается болванка, т. е. брусь опредѣленныхъ размѣровъ. Если вѣсь пакета не болѣе 20 п., то ограничиваются однимъ нагрѣвомъ и одной проковкой; въ противномъ случаѣ необходимы два нагрѣва.

Выше было упомянуто, что размѣры этихъ болванокъ паходятся въ зависимости отъ размѣровъ даннаго мостового желѣза. Изъ двухъ слѣдующихъ примѣровъ можно видѣть, на сколько вѣсь пакета болѣе вѣса готоваго листа при одномъ или двухъ нагрѣвахъ. Такъ, для полосы, длиною 12 метр., шириною 400 мм. и толщиною 10 мм., при одиначномъ нагрѣвѣ и при прокаткѣ въ универсальномъ станѣ имѣемъ слѣдующіе различные вѣса, начиная отъ готовой полосы до пакета въ сыромъ видѣ (въ дѣйствительности порядокъ перехода, конечно, обратный):

\*) Желѣзо, полученное прокаткою крицъ вслѣдъ за образованіемъ таковыхъ, безъ предварительнаго подогрѣва передъ прокаткой.

Вѣсъ готоваго листа. . . . .	373 кил.
Обрѣзка концовъ, 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	7 »
<hr/>	
Вѣсъ бруса предъ обрѣзкой . . . . .	380 кил.
Потеря при прокаткѣ, 5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	20 »
<hr/>	
Вѣсъ бруса передъ прокаткой. . . . .	400 кил.
Потеря при сваркѣ и ковкѣ пакета, 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	40 »
<hr/>	
Вѣсъ пакета . . . . .	440 кил.

Для листа длиною 4,3 метра, шириною 1 метръ и толщиною 10 мм. при двойномъ нагрѣвѣ и при прокаткѣ подъ двумя валками:

Вѣсъ готоваго листа. . . . .	334,54 кил.
Обрѣзка съ четырехъ сторонъ, 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	33,45 »
<hr/>	
Вѣсъ необрѣзаннаго листа. . . . .	367,99 кил.
Второй нагрѣвъ, 5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	18,39 »
<hr/>	
Вѣсъ бруса передъ прокаткой. . . . .	386,38 кил.
Первый нагрѣвъ 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	38,63 »
<hr/>	
Вѣсъ бруса передъ первымъ нагрѣвомъ . . . . .	425,01 кил.
Сварка и ковка пакета, 15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	63,75 »
<hr/>	
Вѣсъ пакета . . . . .	488,76 кил.

Полученный при предварительной проковкѣ пакета брусь вновѣ нагрѣвается до краснокашпльнаго жара и затѣмъ подвергается прокаткѣ въ прокатномъ станѣ съ двумя горизонтальными валками (черт. 549) или въ такъ называемомъ универсальномъ прокатномъ станѣ (черт. 550). Въ этомъ послѣднемъ, кромѣ горизонтальныхъ валковъ, имѣются еще вертикальные, ограничивающіе ширину прокатываемаго листа; валки при помощи винтовъ могутъ быть сближены или раздвинуты. Въ универсальномъ прокатномъ станѣ вертикальные цилиндры раздвигаются вначалѣ нѣсколько болѣе требуемой ширины листа и затѣмъ постепенно сближаются до требуемыхъ размѣровъ. Диаметръ вертикальныхъ валовъ—0,4 метра, а горизонтальныхъ — 0,6; скорость вращенія около 30 оборотовъ въ минуту.

Механическая работа увеличивается по мѣрѣ увеличенія ширины и уменьшенія толщины листа; послѣднее потому, что трудность прокатыванія увеличивается съ пониженіемъ температуры, которое совершается тѣмъ быстрее, чѣмъ меньше толщина листа.

Болванку литого желѣза, предназначенную для выдѣлки мостового желѣза, большею частью, не подвергая проковкѣ, всю прокатываютъ въ



листъ, между двумя валками, и затѣмъ изъ этого дѣльнаго длиннаго и широкаго листа выкраиваютъ уже листы требуемыхъ размѣровъ, отрѣзавъ предварительно такъ называемый прибыльный конецъ, соответствующій верхней части болванки съ усадочной раковиной. Такая болванка предъ прокаткой вновь нагрѣвается, хотя существуютъ примѣры, что только что отвердѣвшую болванку протаскиваютъ къ прокатному стану и тотчасъ же начинаютъ прокатывать. На черт. 550' показанъ примѣръ подобнаго близкаго расположенія прокатнаго стана отъ конверторовъ. На чертежѣ — *H* изображаетъ конверторъ; *k'* — крапъ съ ковпомъ; *m* — изложницы; *k* — крапъ, снимающій изложницы и приподымающій болванки для опусканія въ ровъ, на днѣ котораго устроены ролики, по которымъ протаскивается болванка; *V* — крапъ, поднимающій болванки изъ рва и подводящій ихъ къ прокатному станку *G*.

Вышедшіе изъ прокатнаго стана листы выпрямляютъ ударами деревянныхъ колотушекъ и оставляютъ на полу остыть.

*Уголки* бываютъ съ двумя равными или неравными полками, образующими между собою извѣстный уголъ. Трудность выдѣлки уголковъ возрастаетъ съ размѣрами полокъ. Дѣйствительно, уголки прокатываются такъ, что плоскость симметріи (т. е. плоскость, раздѣляющая уголъ между вѣтвями пополамъ) остается постоянно вертикальною; слѣдовательно, по мѣрѣ увеличенія ширины полокъ различныя части ихъ будутъ прокатываться при неодинаковыхъ скоростяхъ (неодинаковое разстояніе отъ оси вращенія), что составляетъ одну изъ главныхъ причинъ несовершенства выдѣлки.

Пакеты большею частью квадратнаго сѣченія и складываются пзъ полосъ односварочнаго желѣза, причемъ не только верхнія и нижнія грани, но и боковыя перекрываются широкими, дѣльными полосами изъ лучшаго желѣза.

Болванка подвергается двумъ нагрѣваньямъ; послѣ перваго нагрѣва она проходитъ въ трехъ *ручьяхъ*, а послѣ втораго — въ десяти послѣдующихъ, причемъ сѣченія ручьевъ постепенно измѣняются (ручьями называются углубленія въ валкахъ, соответствующія сѣченію прокатываемой части; въ первыхъ ручьяхъ — поперечное очертаніе едва напоминаетъ окончательное сѣченіе, въ послѣдующихъ же оно болѣе характерно) (черт. 551).

*Заклепки* представляютъ собою цилиндрической стержень, имѣющій на одномъ концѣ сферическую головку, образуемую штампомъ; другая же головка выбивается при склепываніи листовъ. Склепка можетъ быть холодная или горячая; въ первомъ случаѣ требуется, чтобы стержень заклепки былъ правильно обточенъ въ цилиндрическую или слабо коническую форму; во второмъ же случаѣ обточки не требуется, такъ какъ осаживаніемъ горячей заклепки достигается совершенное заполненіе заклепочнаго отверстія.

Заклепки приготовляются изъ двухсварочнаго мягкаго желѣза, т. е. составляется пакетъ изъ полосъ односварочнаго желѣза, который сваривается и прокатывается въ узкія полосы; эти послѣднія вновь разрѣзываются и изъ нихъ вторично составляется пакетъ, который по сваркѣ прокатывается въ круглое желѣзо діаметромъ отъ 18 до 33 мм. Круглое желѣзо разрѣзывается въ холодномъ состояніи на части, соответствующія длинѣ заклепки, причемъ на каждую изъ головокъ прибавляется около 35 мм. или вообще отъ  $1,3d$  до  $1,7d$ . Полученныя такимъ образомъ короткія цилиндрическія части вставляются въ чугуныя матрицы (маточникъ), и ударомъ штампа выбивается головка.

Переходъ отъ стержня къ головкѣ дѣлается постепенный въ видѣ коническаго пояса (черт. 552).

Иногда требуется, чтобъ головка заклепки была втопленной, и въ такомъ случаѣ она дѣлается конической формы (черт. 553).

#### Требуемыя качества отъ мостового желѣза. Испытаніе желѣза.

Одно изъ самыхъ существенныхъ качествъ сварочнаго мостового желѣза есть его однородность; эту послѣднюю обнаруживаютъ отчасти путемъ изслѣдованія концовъ листа, ударяя по данной штукѣ желѣзнымъ молоткомъ, причемъ долженъ получиться по всей ея длинѣ ясный, чистый звукъ. Разрѣзъ листа долженъ представлять жирную, не сухую поверхность; обрѣзки должны отдѣляться не ломаясь.

Согласно послѣднимъ техническимъ условіямъ предъявляются къ мостовому желѣзу слѣдующія требованія:

*Сварочное* желѣзо должно быть хорошо сварено, мягкое, безъ пленъ и углубленій, превышающихъ 1 мм., съ поверхности должно быть чистое, безъ всякихъ слѣдовъ дурной сварки, ржавчины и окалины; листы должны быть однообразной толщины по всей длинѣ, причемъ въ толщинѣ допускается отступленіе въ  $\frac{1}{2}$  мм., въ ширинѣ—въ  $2\frac{1}{2}$  мм., а въ длинѣ—въ 1 мм.; кромѣ того, они должны быть съ чистыми правильными кромками, представляя при обработкѣ разными орудіями плотную и однообразную массу.

Угловое желѣзо, обладая такими же качествами, можетъ представлять отступленія отъ размѣровъ не болѣе  $\frac{1}{2}$  мм. въ толщинѣ и 1 мм. — въ ширинѣ полокъ.

Для заклепокъ должно быть употреблено безусловно мягкое желѣзо.

Отъ мостового *литого* желѣза требуется, кромѣ того, чтобы оно содержало углерода не болѣе  $0,1\%$ , причемъ фосфоръ допускается лишь въ размѣрѣ  $0,04\%$ . Наружная поверхность болванокъ литого желѣза, изъ которыхъ прокатываются листы, уголки и пр., должна быть безъ прогаровъ и пузырей. Внутри болванокъ не должно быть усадочныхъ

раковинъ и пустотъ, и для устраненія послѣднихъ отламывается отъ болванки—до прокатки изъ нея желѣза,—вся та часть, гдѣ заключаются эти раковины и пустоты. Обрѣзка прибыльнаго конца допускается и послѣ прокатки болванки въ листъ, но съ условіемъ, что послѣ выкройки листа съ обоихъ концовъ его, —соотвѣствующихъ прибыльному и нижнему концу, — отрѣзываются узкія полосы, которыя послѣ многократныхъ перегибовъ должны привести къ убѣжденію объ отсутствіи въ нихъ плень.

Качество сварочнаго и литога желѣза всего лучше опредѣляется *механическими* испытаніями и *кузнечными* пробами (въ холодномъ и горячемъ состояніи).

Такъ напр., по составленнымъ въ послѣднее время техническимъ условіямъ:

а) При механическомъ испытаніи на разрывъ заклепочное желѣзо должно выдерживать 38 кил. на кв. мм.; мостовое сварочное вдоль прокатки—34 кил., и поперекъ прокатки—27 кил. съ предѣломъ упругости—въ 15 кил.; литое желѣзо—не менѣе 34 кил. и не болѣе 40 кил. Удлиненіе при разрывѣ образца длиною 200 мм., должно составлять для заклепочнаго желѣза — 18<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; для другихъ сортовъ сварочнаго желѣза при такой же длинѣ образца и шириною въ 30 мм.—не менѣе 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> вдоль прокатки и 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>—поперекъ прокатки; для звѣздъ же—по обоимъ направленіямъ сопротивленіе разрыву и удлиненіе должно быть такое, какъ для листового желѣза. Удлиненіе литога желѣза должно быть не менѣе 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

б) При кузнечной пробѣ въ холодномъ состояніи заклепочное желѣзо сгибается такъ, чтобы обѣ вѣтви были взаимно параллельны при разстояніи равномъ толщинѣ прута. Листовое желѣзо сгибается около вала діаметромъ въ 25 мм. подъ слѣдующими углами между одной стороной и продолженіемъ другой:

	При изгибѣ вдоль воло- конъ.	При изгибѣ поперекъ волоконъ.
При толщинѣ листа отъ 20 мм. до 16 мм.	25°	10°
» » » » 15 » » 12 »	35°	15°
» » » » 11 » » 7 »	50°	20°

Угловое желѣзо подвергается тѣмъ же испытаніямъ, какъ и листовое вдоль прокатки, причемъ предварительно уголокъ разрѣзывается по вершинѣ угла.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ желѣзо должно выдержать испытаніе, не ломаясь.

в) При кузнечной пробѣ въ горячемъ состояніи — куски всѣхъ сортовъ желѣза подвергаются ковкѣ и сваркѣ. Литое желѣзо испытывается, кромѣ того, на закалку, для чего полоса длиною 12 д. нагрѣвается до

вишневокраснаго цвѣта и охлаждается до 28° по Cels., послѣ чего она должна ломаться, подвергаясь изгибу такъ, чтобы внутреннія поверхности вѣтвей въ разстояніи отъ вершины изгиба въ 1½ толщины листа взаимно отстояли на три толщины.

По тѣмъ же техническимъ условіямъ предъявляемое къ приѣмкѣ желѣзо подвергается осмотру, причемъ удаляются всѣ тѣ части, которыя не удовлетворяютъ требованіямъ наружнаго осмотра. Отобранныя части разбиваются на партіи однороднаго сорта и калибра, но не болѣе 500 шт., и изъ каждой партіи выбирается не менѣе 3 штукъ для изготовленія образцовъ для производства испытаній: а) на разрывъ, б) на холодную кузнечную пробу и в) на горячую кузнечную пробу, съ тѣмъ, чтобы каждаго рода испытаніе было произведено не менѣе, какъ надъ тремя образцами.

Если при испытаніи на разрывъ, на холодную кузнечную пробу (а для литого желѣза и па кузнечную пробу въ холодномъ состояніи) получатся неудовлетворительные результаты для двухъ образцовъ, — то вся соотвѣтствующая партія бракуется; если же только одинъ образецъ при пѣкоторыхъ или при каждомъ изъ испытаній дастъ неудовлетворительные результаты, то испытаніе повторяется надъ двойнымъ числомъ образцовъ, причемъ по одному неудовлетворительному результату бракуется уже вся партія.

Иногда при приѣмкѣ частей изъ литого желѣза требуется, чтобы изъ каждой плавки испытывалось не менѣе, какъ три образца.

Чугунъ долженъ выдержать не менѣе 60 кил. на раздробленіе, при предѣлѣ упругости въ 16 кил., а на разрывъ не менѣе 10 кил.

Сталь—для катковъ и балансира должна выдерживать до разрыва не менѣе 60 кил. при 12% удлиненія.

*Очистка матеріала.—Планировка листовъ и спрямленіе уголковъ и тавровъ.—Огибаніе по данному шаблону.—Обрѣзка, отдѣлка кромокъ и граней.—Намѣтка занлепочныхъ отверстій на листахъ и уголкахъ.*

Переходимъ теперь къ описанію различныхъ послѣдовательныхъ манипуляцій, которымъ подвергаются въ мастерской листы, уголки и проч. предназначенные для мостовой фермы.

*Очистка матеріала.* Удаленіе ржавчины производится химическимъ или механическимъ путемъ. Въ первомъ случаѣ погружаютъ желѣзо часа па три въ слабый растворъ соляной кислоты, затѣмъ счищаютъ ржавчину соломенными щетками, вновь погружаютъ его въ известковое молоко, потомъ въ кипящую воду и, наконецъ, покрываютъ слоемъ горячаго льнянаго масла.

Большеею же частью прибѣгаютъ къ механической очисткѣ помощью проволочныхъ щетокъ.

Иногда желѣзо освобождаютъ отъ ржавчины уже послѣ того, какъ просверлены заклепочныя отверстія; но во всякомъ случаѣ очистка должна предшествовать загрузковкѣ желѣза.

*Планировка листовъ и спрямленіе уголковъ и тавровъ.* Листы, доставленные изъ прокатной въ сборочную мастерскую, имѣютъ почти всегда волнообразную поверхность, вслѣдствіе неравномѣрнаго охлажденія; по той же причинѣ кромки (края) листовъ часто бываютъ ограничены по кривой.

Для уничтоженія неровностей кладутъ ненагрѣтый листъ на толстую чугунную доску, укрѣпленную на досчатомъ основаніи и ударами тяжелого молотка сглаживаютъ всѣ выпуклости. Иногда для той же цѣли подвергаютъ листы вальцовкѣ (черт. 554); при этомъ, если они очень топки, то ихъ кладутъ по нѣсколько штукъ заразъ, такъ какъ тонкіе листы при вальцовкѣ сильно пружинятся. Та или другая степень планировки листа зависитъ отъ того, предполагается ли заклепочныя отверстія продавливать или просверливать. Въ послѣднемъ случаѣ листы должны быть вполне плоскіе; въ первомъ случаѣ это требуется не въ такой мѣрѣ, такъ какъ отъ продавливающихся отверстій листъ мѣстамъ выпучивается, и вторичное спрямленіе неизбѣжно.

Искривленіе листа въ плоскости широкой грани исправляютъ также ударами молотка, направляя удары отъ середины къ краямъ, чтобы избѣжать появленія неравномѣрныхъ натяженій. На черт. 555 показано пунктиромъ направленіе подобныхъ ударовъ.

Мѣстныя значительныя искривленія полокъ уголковъ уничтожаютъ сначала особаго рода щипцами (черт. 556); затѣмъ спрямляютъ уголокъ подъ винтовымъ прессомъ (черт. 557), вставляя между штемпелемъ прессы и уголкомъ соотвѣтственныя прокладки. Иногда для того же пропускаютъ уголокъ между валками (черт. 558), но такимъ способомъ можно сгладить только значительныя выпуклости; кромѣ того уголокъ, вышедшій изъ валковъ, всегда изогнутъ, и требуется дальнѣйшее спрямленіе подъ прессомъ или на чугунной станинѣ при помощи молотка (черт. 559).

*Сгибаніе по данному шаблону.* Нерѣдко концы уголковъ, тавровъ и проч. требуется изогнуть по кривой или по ломанной линіи (черт. 560). Это дѣлаютъ большею частью отъ руки, нагрѣвъ предварительно уголокъ и наблюдая, чтобы сгибаніе производилось постепенно и чтобы приняты были соотвѣтственныя предосторожности противъ выпучиванія полокъ. Правильность сгибанія повѣряется шаблономъ. Мѣстный уступъ, высадка (Körpfen), въ концѣ уголка (черт. 560) производится отъ руки на наковальнѣ (черт. 561), или чаще винтовымъ прессомъ.

*Обрѣзка, отдѣлка кромокъ и граней.* Намѣтивъ на листѣ точную длину по чертежу, обрѣзываютъ излишнюю часть ножницами или на

особомъ станкѣ. (Въ послѣднемъ случаѣ можно обрѣзывать нѣсколько листовъ одновременно). При прямоугольной формѣ листовъ, они обрѣзываются только съ одного конца. Если ширина листа и превосходитъ нѣсколько требуемую\* чертежемъ величину, то, въ виду дороговизны обрѣзки листа по продольнымъ его кромкамъ,—этой работы не дѣлаютъ. Въ случаѣ же необходимости, или значительнаго отклоненія отъ требуемыхъ размѣровъ,—излишняя часть снимается на строгальномъ станкѣ или зубиломъ. Если листы изъ литого желѣза, то послѣ обрѣзки ножницами требуется снять напильникомъ слой, толщиною около 3 мм.

Подобнымъ же образомъ выкраиваются различныя фасонныя накладки, звѣзды и проч.; образующіяся при этомъ зазубрины, заусеницы снимаются напильникомъ.

Уголки обрѣзываются ножницами такого устройства, что лезвіе касается одновременно всего внутренняго периметра уголка (черт. 562).

Иногда для обрѣзки концовъ пользуются круглой пилой или шарошечнымъ станкомъ.

Если не имѣется подъ рукой соотвѣтственныхъ станковъ для обрѣзки листовъ и проч.,—можно ограничиться ручными инструментами: плоскимъ и крестообразнымъ зубиломъ (крейцмесселемъ), кувалдами, молотками и напильниками (черт. 563).

*Намѣтка заклепочныхъ отверстій на листахъ и уголкахъ.* Послѣ того, какъ всѣ составныя части фермы обрѣзаны согласно чертежу, необходимо намѣтить на нихъ заклепочныя отверстія. При этомъ намѣчаютъ отверстія въ каждой отдѣльной части; иногда же временно соединяютъ въ одно цѣлое всю ферму или нѣкоторую ея часть, и на собранной такимъ образомъ части дѣлаютъ намѣтку отверстій.

Первый приемъ допускаетъ *продавливаніе* и *просверливаніе* отверстій, а второй—исключительно *просверливаніе*.

Опишемъ предварительно *первый* приемъ. Въ примѣненіи къ *листамъ* работа распадается на три манипуляціи: на вычерчиваніе контура, на приготовленіе шаблона и на пользованіе имъ для полученія листовъ опредѣленнаго очертанія съ намѣченными заклепочными отверстіями. Прежде всего на выровненномъ досчатомъ полу, или на топкихъ желѣзныхъ листахъ, окрашенныхъ известковымъ молокомъ, вычерчиваютъ стальнымъ остриемъ по правиламъ геометріи—контуръ известной серіи листовъ, накладокъ и проч. въ настоящую ихъ величину. Затѣмъ изъ цинковаго или тонкаго желѣзнаго листа вырѣзывается шаблонъ, вполне точный съ вычерченной эскизой; на этомъ листѣ при помощи линейки, наугольника, циркуля (черт. 564) и стального острія (черт. 564'), руководствуясь чертежемъ, проводятъ прямыя линіи, точки пересѣченія коихъ соотвѣтствуютъ центрамъ заклепочныхъ отверстій, гдѣ и пробиваютъ дыры величиною

въ 1 мм. Цинковый шаблонъ кладутъ на листъ желѣза, вычерчиваютъ на послѣднемъ контуръ и намѣчаютъ керномъ (Körner) (черт. 565) центры заклепочныхъ отверстій; послѣ чего обрѣзаютъ листъ по контуру и продавливаютъ или просверливаютъ заклепочныя отверстія даннаго діаметра.

Вотъ этотъ листъ и служить собственно дальнѣйшимъ шаблономъ, а именно, накладывая его на другіе листы, очерчиваютъ контуръ, вставляютъ въ заклепочныя отверстія цептровой керпъ (черт. 566), который на оконечностяхъ втулки имѣетъ пояски, соотвѣтствующіе тому или другому діаметру, и намѣчаютъ имъ на листѣ центръ отверстія. Вслѣдъ за тѣмъ углубляютъ центръ болѣе крупнымъ или круговымъ керномъ (черт. 567). Эти углубленія служатъ для вставки сверла или пунсона.

Предполагая примѣнить сверленіе, полезно обвести остриемъ отверстіе (въ шаблонѣ) п на намѣченномъ такимъ путемъ очертаніи окружности выбить керномъ четыре углубленія. Этими углубленіями можно контролировать правильность сверленія, такъ какъ знаки углубленія должны остаться на окружности отверстія.

Вмѣсто желѣзныхъ шаблоновъ употребляютъ иногда деревянные или бумажные, что нельзя однако признать цѣлесообразнымъ, въ виду неодинаковаго расширенія металла и дерева отъ измѣненія температуры. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при употребленіи особыхъ автоматически дѣйствующихъ станковъ, можно обойтись безъ предварительной намѣтки заклепочныхъ отверстій, о чемъ будетъ сказано ниже.

Намѣтку отверстій на *уголкахъ* дѣлаютъ на *внѣшней* или на *внутренней* сторонѣ полки, пользуясь для сего циркулемъ, стальнымъ остриемъ, керномъ, наугольникомъ (черт. 568 и 569) и такъ называемыми рейсма-сами (Streichmass) (черт. 569—569<sup>'''</sup> и черт. 570—570<sup>'''</sup>). Первые относятся къ намѣткѣ на наружной сторонѣ, а вторые—на внутренней сторонѣ. Каждая серія уголковъ должна имѣть соотвѣтствующіе рейсмасы, которые большею частью такъ устраиваются, что при равнобокихъ уголкахъ ими намѣчается середина ширины внутренней стороны полки (черт. 571).

Если на широкой полкѣ неравнобокаго уголка должно быть два ряда отверстій (въ шахматномъ порядкѣ), то готовится двойной рейс-мась (черт. 569<sup>'</sup> и 571<sup>'</sup>). При соединеніи же уголковъ, какъ показано на черт. 571<sup>''</sup>, рейсмасы должны соотвѣтствовать срединѣ внѣшней стороны полки.

Намѣтка на *внѣшней* сторонѣ дѣлается слѣдующимъ образомъ: прикладывая рейсмасть къ уголку, передвигаютъ его вдоль полки (черт. 573) и въ то же время проводятъ непрерывную черту стальнымъ остриемъ, прижатымъ къ краю рейсмаса, или вставленнымъ въ углубленіе (черт.

569<sup>'''</sup>). Затѣмъ циркулемъ намѣчаютъ заклепочныя отверстія и помощью наугольника (черт. 568 и 573) проводятъ короткія черты, опредѣляющія при пересѣченіи съ непрерывной линіей центры отверстій.

Намѣтка на внѣшней сторонѣ дѣлается еще помощью шаблона, каковымъ можетъ служить уголокъ той же серіи съ пробитыми уже отверстиями (черт. 574); для сего пользуются центровымъ керномъ (черт. 566).

Намѣтка на *внутренней* сторонѣ уголка дѣлается или непосредственно, какъ выше было указано, или же помощью шаблона изъ узкой полосы; шаблонъ изъ уголка непримѣнимъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ заклепочныя отверстія получались бы на неодинаковомъ разстояніи отъ кромки (черт. 575).

Для намѣтки помощью полосы-шаблона прикрѣпляютъ ее струбцинкой (Schraubzwinde) (черт. 576) къ уголку; затѣмъ наугольникомъ *а* имѣющимъ видъ рейсмаса (черт. 570<sup>''</sup>), прочерчиваютъ поперечныя короткія линіи, соответствующія діаметру отверстія и, наконецъ, рейсмасомъ намѣчаютъ короткія продольныя линіи; точки пересѣченія этихъ линій опредѣляютъ центры заклепочныхъ отверстій.

Обыкновенно предпочитаютъ дѣлать намѣтку на наружной сторонѣ, такъ какъ здѣсь неоднобразная толщина уголковъ не вліяетъ на точность работы и, кромѣ того, уголокъ съ пробитыми отверстиями можетъ служить шаблономъ для дальнѣйшей размѣтки.

При *второмъ* приѣмѣ намѣтки, т. е. намѣтки отверстій уже послѣ того, какъ нѣкоторыя части фермы временно собраны въ одно цѣлое на особомъ помостѣ (о чемъ будетъ сказано при описаніи предварительной сборки фермы), прочерчиваютъ на листахъ и уголкахъ помощью рейсмасовъ особаго вида (черт. 570<sup>ш</sup>, 570<sup>ч</sup> и 577) продольныя линіи, на которыхъ должны быть расположены центры заклепочныхъ отверстій; затѣмъ отмѣчаютъ циркулемъ центры отверстій; дѣленіе обыкновенно начинаютъ отъ стыковъ, гдѣ отверстія располагаются иногда при иномъ взаимномъ разстояніи; намѣченные циркулемъ центры отверстій обозначаютъ ясиѣ кернами (черт. 565, 567), выбивающими углубленія.

#### Продавливаніе и просверливаніе заклепочныхъ отверстій.

*Продавливаніе* отверстій производится или помощью переноснаго гидравлическаго пресса, или же на станкѣ. Общій видъ такого станка съ машиннымъ приводомъ показанъ на черт. 578. На чугунную станину опирается ось шкива *А*, приводимаго въ движеніе безконечнымъ ремнемъ, который перекинутъ чрезъ рабочій валъ мастерской. На оси *А* насажена шестерня, зацѣпляющаяся за зубчатое колесо съ осью вращенія въ *В*; на ту же ось *В* насаженъ эксцентрикъ *Е*, находящійся въ постоянномъ соприкосновеніи съ выступомъ *Г* неравнолечаго рычага *СГ*,



съ осью вращения въ *C*. На концѣ рычага имѣется шпепекъ *l*, на который надѣта серьга съ продольнымъ прорѣзомъ, соединенная наглухо со стержнемъ *i*, имѣющимъ возможность перемѣщаться вертикально въ пазахъ *f* станины. Въ нижнюю часть стержня *i* вставляется стальной штемпель *h*, удерживаемый нажимнымъ винтомъ и назначенный для продавливанія отверстій. Между верхнею частью стержня *i* и короткимъ плечомъ рычага *CG* можно вставлять вкладышъ *d* различной толщины (въ зависимости отъ толщины продавливаемыхъ листовъ). Размѣры прибора такъ рассчитаны, что, когда вкладыша нѣтъ, конецъ рычага *CG*, нажимая непосредственно на верхнюю часть стержня *i*, настолько опускаетъ его внизъ, что штемпель *h* только что касается листа. Вставивъ же вкладышъ, толщиной равный толщинѣ листа, штемпель *h* продавитъ отверстіе въ листъ *mn*. Листъ, назначенный для продавливанія, кладется на особаго рода подставку. Эта послѣдняя состоитъ (черт. 579) изъ стальной кольцевой втулки *gg*, внутренняя поверхность которой (*R*) обдѣлана конусомъ, чтобъ способствовать болѣе легкому проходу выдавки. Верхній діаметръ втулки *gg* нѣсколько болѣе діаметра продавливаемого отверстія, и тѣмъ болѣе, чѣмъ толще листъ (около  $\frac{1}{20}$  дюйма на дюймъ толщины листа). Верхняя поверхность втулки слегка закруглена, какъ для уменьшенія тренія, такъ и для болѣе точной установки листа. Стальная втулка вдѣлана въ стальную обойму (*M*), вставленную въ свою очередь въ станину. Штемпель конической формы (разница въ діаметрахъ около 1 мм. при высотѣ въ 20 мм.), чѣмъ устраняется зажиманіе его при прорѣзываніи листа; болшій наклонъ вреденъ, требуя въ послѣдствіи значительной развертки для полученія цилиндрическаго отверстія (черт. 580); коническое остріе въ нижней части штемпеля содѣйствуетъ болѣе правильной установкѣ его. Діаметръ штемпеля долженъ быть больше толщины листа, не менѣе какъ на 50%, иначе продавливаніе затруднительно. Для того, чтобы при обратномъ подъемѣ штемпеля листъ не могъ приподняться или сдвинуться, онъ прижимается скобой, не препятствующей, однако, горизонтальному перемѣщенію его по роликамъ.

Соотвѣтственная установка листа, такъ, чтобы намѣченное отверстіе приходилось противъ штемпеля, дѣлается па глазъ. Для болшей увѣренности можно предъ каждымъ продавливаніемъ вынимать вкладышъ; тогда стальной штифтъ только что касается листа. Въ минуту штемпель продавливаетъ до 15 отверстій; изнашиваніе его очень быстрое; послѣ каждой тысячи отверстій приходится его мѣнять.

Въ нѣкоторыхъ приборахъ предъ каждымъ продавливаніемъ листъ автоматически передвигается на требуемую величину, такъ что тутъ предварительная намѣтка отверстій почти излишня. Если по ширинѣ листа необходимо сдѣлать нѣсколько отверстій, и въ шахматномъ порядкѣ, то

въ этомъ случаѣ съ пользою употребляютъ самодѣйствующій приборъ съ нѣсколькими штемпелями (*perçoir multiplex*) (черт. 581), причемъ одновременно поднимаются штемпеля одного ряда. Послѣ каждаго продавливанія листъ автоматически передвигается въ рамѣ *gg* на равныя величины  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  и т. д.

Къ недостаткамъ этого способа получения отверстій слѣдуетъ отнести слѣдующее: невозможность продавливать отверстия разомъ въ нѣсколькихъ листахъ, положенныхъ одинъ на другой; листъ при продавливаніи выпучивается, удлиняется, искривляется и притомъ въ неодинаковой степени; листы изъ мягкаго желѣза удлиняются болѣе, чѣмъ листы жесткаго желѣза, такъ что, не смотря на тщательность работы, отверстия двухъ листовъ, положенныхъ одинъ на другой, взаимно не перекрываются иногда на цѣлый діаметръ заклепки (черт. 582); отверстия получаютъ коническими, требующими примѣненія затѣмъ развертки (черт. 580). Во избѣжаніе излишняго отъ сего ослабленія сѣченія листа, — отверстия продавливаются нѣсколько меньшаго діаметра. Это дѣлается иногда и съ другою цѣлью, чтобъ снять разверткой поврежденный продавливаніемъ матеріалъ. Съ этою цѣлью діаметръ пробиваемаго отверстия дѣлается на 4 мм. менѣе требуемаго, и затѣмъ отверстие уже развертывается. Это безусловно необходимо въ случаѣ пользованія литымъ желѣзомъ или мягкою сталью. Развертка дѣлается особаго рода сверлами, рейбалами, изображенными на черт. 583.

*Просверливаніе* отверстій можетъ быть сдѣлано трещеткой (ручной работой), но это примѣняется только въ исключительныхъ случаяхъ, какъ напр. на мѣстѣ установки фермъ (въ часть просверливается не болѣе 3 отверстій). Въ мастерскихъ сверленіе отверстій производится особыми станками (стѣнной, радіальный съ передвижимымъ сверломъ, или передвижной сверлильный станокъ), причемъ перемѣщаются части, подлежащія сверленію (на роликахъ), или сверла (радіальный станокъ), или же весь станокъ. Оконечность сверла имѣетъ видъ, показанный на черт. 584; весьма важно, чтобы обѣ вѣтви были одинаковой длины, во избѣжаніе эксцентричнаго сверленія. Послѣднее обстоятельство имѣетъ также мѣсто и при правильныхъ сверлахъ, если только матеріалъ на поверхности не однороденъ: сверло всегда выбираетъ болѣе слабую часть и передвигаетъ листъ. Закрѣпленіе листа мало помогаетъ въ этомъ случаѣ; при достаточной игрѣ сверло принимаетъ косое положеніе и получается цилиндрическое наклонное отверстие, такъ что и въ этомъ случаѣ приходится иногда прибѣгать къ разверткѣ.

Послѣ сверленія необходимо снять напильникомъ бородки около краевъ отверстій.

Относительно сравнительнаго достоинства продавленныхъ и просверленныхъ отверстій, невидимому, слѣдуетъ отдать предпочтеніе послѣд-

нимъ, хотя встрѣчается и противоположное этому мнѣніе. При продавливаніи не можетъ быть употреблено жесткое, дурного качества желѣзо: недостатки тотчасъ же обнаружатся въ видѣ трещинъ около краевъ отверстій,—между тѣмъ, какъ при просверливаніи недостатки желѣза ничѣмъ не проявятся. Сверленіе отверстій обходится отъ трехъ до шести разъ дороже продавливанія.

Предварительная сборка въ мастерскихъ. Онлепа—машинная и ручная.

*Предварительная сборка фермъ* производится въ мастерскихъ, которыя состоятъ большею частью изъ двухъ или трехъ отдѣленій, расположенныхъ рядомъ въ продольномъ направленіи (черт. 585). Въ боковыхъ отдѣленіяхъ помѣщаются различные станки для выпрямленія, обрѣзки, продавливанія и сверленія отдѣльныхъ составныхъ частей фермы, а также находится помость для сборки и склепки продольныхъ и поперечныхъ балокъ. Средняя часть мастерской, болѣе широкая, назначена для сборки главныхъ фермъ въ опрокинутомъ (лежащемъ) положеніи \*); здѣсь имѣется: помость для сборки, на нѣкоторомъ возвышеніи — передвижные въ поперечномъ и продольномъ направленіи сверлильные станки, а нѣсколько выше—телѣжка съ лебедкой для подъема и перемѣщенія тяжелыхъ частей фермы. Въ каждое изъ отдѣленій ведутъ особые рельсовые пути. На черт. 585 изображены схематически планъ и поперечный разрѣзъ мастерской.

Помость устраивается изъ ряда свай, перекрытыхъ насадками, на которыхъ расположены въ горизонтальной плоскости рельсы или брусья (черт. 586).

Опишемъ послѣдовательный ходъ работъ по сборкѣ продольныхъ и поперечныхъ балокъ и главныхъ фермъ раскосной системы, въ предположеніи, что не имѣется еще заклепочныхъ отверстій. Если бы таковыя были налицо, то, опустивъ изъ описанія эту часть работы, все остальное сохраняется безъ измѣненія.

Замѣтимъ здѣсь, что въ мастерскихъ не только предварительно собираются, но и склепываются: продольныя и поперечныя балки, каждыя въ отдѣльности, сжатые раскосы, стойки, а иногда и части пояса; нерѣдко склепываются и цѣлыя фермы, что зависитъ отъ условій и удобства перевозки; вообще стараются возможно болѣе ограничить работу по склепкѣ на мѣстѣ установки.

Если пояса *продольныхъ* балокъ состоятъ изъ однихъ только уголковъ, то складываютъ въ опрокинутомъ видѣ балку, скрѣпляютъ временно деревянными подушками и хомутами (черт. 587), затѣмъ намѣчаютъ закле-

---

\*) Предварительная сборка фермы въ вертикальномъ положеніи примѣняется рѣже.

почныя отверстія, просверливаютъ ихъ радіальными или передвижными сверлильными станками, разбираютъ балку, снимаютъ напильникомъ бородки, грунтуютъ, вновь собираютъ и склепываютъ.

Если же пояса продольныхъ балокъ имѣютъ еще горизонтальные листы, какъ это почти всегда встрѣчается въ *поперечныхъ* балкахъ, то кладутъ сначала листы пояса, ставятъ на нихъ уголки, раздвинутые на величину, соотвѣтствующую толщинѣ стѣнки (черт. 588), между уголками помѣщаютъ прокладки, все сжимаютъ струбцинками и просверливаютъ отверстія, назначенныя для заклепокъ, соединяющихъ уголки съ листами. Затѣмъ разбираютъ, счищаютъ бородки, вновь собираютъ, соединяя болтами или оправками (коническій на оба конца стержень), вставляютъ вертикальный листъ (черт. 589), стягиваютъ хомутами и просверливаютъ остальные отверстія. Разобравъ и снявъ бородки, грунтуютъ, вновь собираютъ и склепываютъ.

При сборкѣ *стоекъ* или *сжатыхъ раскосовъ* двутавроваго сѣченія со сквозной стѣнкой, собираютъ сначала пояса, какъ для поперечныхъ балокъ; потомъ разбираютъ, счищаютъ бородки и вновь собираютъ, но только безъ двухъ верхнихъ уголковъ (*a*) (черт. 590). Затѣмъ кладутъ рѣшетку, наблюдая, чтобы торцы раскосовъ не касались листа пояса, а оставался бы промежутокъ въ 3 — 4 мм., чтобы обезпечить свободный стокъ воды (черт. 591); на рѣшетку ставятъ уголки (*a*), сжимаютъ струбцинками, и т. д.

*Главные фермы* собираются въ опрокинутомъ положеніи въ средней части мастерской, причемъ слѣдуетъ наблюдать, чтобы внутренняя сторона фермы была обращена кверху—для удобства сверленія отверстій, относящихся къ прикрѣпленію связей.

Прежде всего отмѣчаютъ на помостѣ прямую продольную линію, по ней отмѣриваютъ стальной рулеткой или линейкой всѣ длины и отъ нея же откладываютъ ординаты.

Иногда взамѣнъ сего протягиваютъ на нѣкоторомъ возвышеніи проволоку, закрѣпляютъ ее неподвижно, и помощью отвѣса проектируютъ на помостъ направленіе основной прямой линіи.

Начинаютъ сборку съ поясовъ, для чего размѣщаютъ по чертежу горизонтальные листы, начиная съ нижняго листа и отъ середины пролета въ обѣ стороны. Сложивъ листы, ставятъ поясные уголки, сжимаютъ струбцинками и хомутами (*brides*) и просверливаютъ отверстія. Затѣмъ поясъ разбираютъ, счищаютъ напильникомъ бородки и вновь собираютъ\*), пользуясь болтами или оправками, послѣ чего опрокидываютъ поясъ, поддерживаютъ его деревянными подушками и вставляютъ вертикальный листъ, который плотно прижимается къ горизонтальному поясу желѣз-

\*) Достаточно взять два или три горизонтальныхъ листа.

ными треугольнаго вида связями (черт. 592): накладки же стыковъ вертикальныхъ листовъ закрѣпляютъ подушками и хомутами (черт. 593).

Въ собранномъ такимъ образомъ поясѣ просверливаютъ отверстія, послѣ чего поясъ разбирается и бородки спиливаются.

Затѣмъ вновь собираютъ на помостѣ оба пояса на опредѣленномъ взаимномъ разстояніи, и между ними вставляются *стойки* (черт. 594). Если поясъ коробчатый, то сначала кладется одна изъ стѣнокъ съ уголками (черт. 595), затѣмъ стойка, на нее кладется вторая стѣнка съ поясными уголками, а затѣмъ и горизонтальные листы. Если же горизонтальные листы имѣютъ продольную щель, то они ставятся одновременно со стѣнкою, причемъ является еще возможность притянуть стойку къ поясу желѣзной связью треугольнаго вида (черт. 596).

Вслѣдъ за симъ сверлятъ отверстія для прикрѣпленія стоекъ къ поясамъ, вставляютъ болты и, если поясамъ не былъ предварительно приданъ подъемъ (около  $\frac{1}{1000}$  пролета), то ферму выгибаютъ дѣйствіемъ домкрата на узлы нижняго пояса, причемъ поперечныя кромки вертикальныхъ листовъ должны быть срѣзаны наклонно. Если не желаютъ прибѣгать къ домкратамъ, можно при самой сборкѣ расположить пояса съ подъемомъ, пользуясь желѣзными или чугуными подушками, прочно закрѣпленными на рельсовыхъ или деревянныхъ поперечинахъ помоста (черт. 597).

Послѣ того, какъ стойки установлены и фермѣ приданъ подъемъ, размѣщаютъ *раскосы*. Направивъ раскосъ согласно чертежу и закрѣпивъ его струбцинкой, высверливаютъ въ нижнемъ или въ верхнемъ концѣ его сквозное отверстіе пѣз числа намѣченныхъ (преимущественно по оси раскоса) и вставляютъ оправку; затѣмъ сверлятъ отверстіе въ другомъ концѣ раскоса и намѣчаютъ центръ соотвѣтственнаго отверстія въ стѣнкѣ пояса; снявъ раскосъ, просверливаютъ это отверстіе въ поясѣ, относя отверстіе нѣсколько ближе къ уголкамъ пояса, для того, чтобъ при положеніи раскоса можно было бы оправкой натянуть этотъ послѣдній. Безъ этого приема плоскій раскосъ, прогибаясь при сборкѣ, не будетъ имѣть должной натянутости. Жесткіе раскосы не требуютъ этой предосторожности. Затѣмъ сверлятъ всѣ остальные отверстія и т. д.

Убѣдившись, что ферма собрана правильно, ее нумеруютъ, разбираютъ, напильникомъ снимаютъ оставшіяся бородки, грунтуютъ и приготавливаютъ къ отравкѣ.

Рѣшетчатыя фермы собираютъ такимъ же образомъ, причемъ иногда вставляютъ деревянные временныя стойки.

Въ мастерскихъ примѣняютъ какъ *машинную*, такъ и *ручную* склепку. Машина для склепыванія изображена схематически на черт. 598: *AB*—паровой цилиндръ, *C*—поршень со стержнемъ *d*, проходящимъ чрезъ салъ-

никъ  $g$ . На концѣ стержня имѣется стальной выступъ— $e$  съ наконечникомъ, ограниченнымъ вогнутой поверхностью. Противъ выступа  $e$ , — въ станинѣ  $f$ —помѣщается стальной вкладышъ  $h$  также съ вогнутымъ наконечникомъ. Заклепка, вставленная въ заклепочное отверстіе склепываемыхъ частей, упирается головкой во вкладышъ  $h$ . При впускѣ пара въ цилиндръ  $AB$ , поршень, а вмѣстѣ съ нимъ и наконечникъ  $e$ , производятъ давленіе на стержень заклепки, обращая его въ головку.

Вмѣсто парового двигателя можетъ быть и гидравлическій.

Нѣкоторые станки для машинной скелки имѣютъ много общаго со станкомъ для продавливанія отверстій. Эксцентрикъ приводитъ въ возвратно-прямолинейное движеніе стержень, играющій роль молотка при ручной скелкѣ, причеиъ головка заклепки упирается въ соотвѣтственный выступъ въ станинѣ.

*Ручная скелка*, примѣняемая какъ въ мастерскихъ, такъ и на мѣстѣ работы, производится бригадой рабочихъ, состоящей изъ четырехъ членовъ: мастера, молотобойца, чернорабочаго и мальчика при переносномъ горнѣ. Когда заклепка нагрѣта до свѣтло-краснаго каленія, мастеръ беретъ ее отъ мальчика клещами, ударяетъ о желѣзо, чтобы сбить окалину, и вставляетъ въ дыру, куда она загоняется *ручникомъ*. Къ головкѣ приставляютъ *поддержку*, т. е. желѣзный сплошной цилиндръ съ выемкой въ верхнемъ концѣ, соотвѣтствующей головкѣ заклепки. Поддержка прижимается или руками рабочаго, или же при помощи *ваги*, т. е. бруса, имѣющаго точку опоры на какой нибудь подставкѣ, причеиъ на одномъ концѣ рычага вставлена поддержка, а на другой конецъ рабочій дѣйствуетъ своимъ вѣсомъ. Иногда же примѣняютъ поддержку-домкратъ (черт. 599), состоящій изъ чугунаго полаго цилиндра съ винтовой нарѣзкой, внутри котораго ходитъ винтъ съ наглухо насаженной на немъ поддержкой. Когда поддержка установлена, мастеръ и молотобоецъ начинаютъ осаживать выступающій копецъ заклепки ударами молотковъ, *ручника и котельнымъ молоткомъ*, вѣсомъ около 7 и соотвѣтственно 12 фунтовъ, до тѣхъ поръ пока стержень заклепки не приметъ приблизительно формы головки. Затѣиъ мастеръ ставитъ на головку *обжимку*, по которой молотобоецъ ударяетъ кувалдой вѣсомъ около 20 фунтовъ. Обжимка состоитъ изъ короткаго цилиндра съ острыми кромками и съ углубленіемъ въ нижней части; она даетъ окончательную форму головкѣ и острыми краями срѣзываетъ излишнія части. Если же обжимка тупа, то излишнія части сбиваются круглымъ зубиломъ.

Главныя условія хорошей скелки слѣдующія: 1) діаметръ заклепки въ холодномъ состояніи долженъ быть меньше діаметра отверстія, приблизительно на  $3\%$ , по не болѣе, такъ какъ иначе заклепка не будетъ заполнять отверстія; 2) температура заклепки должна быть настолько вы-

сока, чтобы при концѣ работы она имѣла еще темно-красный цвѣтъ; 3) головка должна быть совершенно сферическая и не должна имѣть никакихъ трещинъ и тому подобныхъ недостатковъ; 4) заклепка должна плотно прилегать головкой къ листу; если при этомъ не доходятъ только наружные края головки, то ее *чеканятъ*, т. е. зубиломъ подбиваютъ концы; въ противномъ случаѣ заклепка бракуется; 5) заклепка должна плотно сплѣсться, что узнаютъ, ударяя ее молоткомъ по одной изъ головокъ и прикладывая палецъ къ другой: если заклепка не плотно сидитъ, то она будетъ передавать удары молотка пальцу; неплотность можно также узнавать по дребезжащему звуку. Въ просверленныхъ отверстіяхъ худо посаженные заклепки скорѣе могутъ быть обнаружены, чѣмъ въ продавленныхъ, въ виду отсутствія въ послѣднихъ полной цилиндричности. Забракованныя заклепки рубятъ зубиломъ, приставляя его къ головкѣ и ударяя молоткомъ; стержень же заклепки выбивается *бородкомъ*.

Прежде чѣмъ начать склепку, нужно принять мѣры, чтобы края листовъ плотно соприкасались, чтобы всѣ отверстія совпадали, и чтобы склепываемыя части были плотно прижаты однѣ къ другимъ. Мѣстное неплотное соприкасаніе кромокъ устраняется напильникомъ. Незначительное несовпаденіе заклепочныхъ отверстій можетъ произойти отъ двухъ причинъ: или листы неаккуратно положены одинъ на другой, или же заклепочныя отверстія неправильно просверлены. Чтобы въ этомъ убѣдиться, загоняютъ оправки въ нѣкоторыя изъ отверстій; если при этомъ не будетъ достигнуто совпаденіе, прибѣгаютъ къ разверткѣ, т. е. къ разсверливанію призматическимъ стержнемъ. Ближайшія къ мѣсту склепки части листовъ сжимаются болтами, которые послѣдовательно переставляются. Вообще же примѣрно въ  $\frac{1}{3}$  всѣхъ отверстій должны быть вставлены оправки или болты.

Машинная склепка имѣетъ значительныя преимущества предъ ручной, а именно: склепываніе однообразнаго качества, возможность употреблять заклепки большого діаметра, и кромѣ того работа идетъ гораздо быстрѣе. При ручной склепкѣ бригада можетъ посадить въ рабочій день около 400 заклепокъ въ мастерской, и около 200 на мѣстѣ работъ. При сооруженіи моста «Британія» — одна паровая машина при трехъ рабочихъ ставила въ день отъ 3.600 до 5.500 заклепокъ.

#### Загрунтовка и окраска.

Загрунтовка дѣлается еще въ мастерскихъ, а окраска за два раза на мѣстѣ работъ, по окончательной сборкѣ и склепкѣ фермъ.

Для загрузки обыкновенно употребляютъ желѣзный сурикъ на льняномъ, хорошо проваренномъ маслѣ. Для окончательной окраски берутъ свинцовыя бѣлила съ примѣсью другой краски для коера. Краска

кладется тонкими слоями, наблюдая, чтобы ранѣе положенный слой совершенно просохъ. Стыки, продольные спаи полезно зашпаклевать замазкой, приготовленной изъ свинцовыхъ бѣлилъ или чугунной замазкой.

Установка мостовыхъ фермъ. Общія соображенія объ устройствѣ подмостей, объ орудіяхъ и приспособленіяхъ и о сборкѣ фермъ и металлическихъ опоръ.

Приемы и способы установки мостовыхъ фермъ зависятъ, въ значительной степени, отъ рода сооруженія и отъ мѣстныхъ условій. Такъ напримѣръ, вспомогательныя устройства для установки висячаго проволочнаго моста и балочнаго—совершенно отличны одни отъ другихъ; глубокое ущеліе съ бурнымъ потокомъ потребуетъ иныхъ приспособленій, чѣмъ рѣка съ плоскими берегами и съ незначительной скоростью теченія и т. д.

Всѣ весьма разнообразныя приемы можно, однако, привести къ тремъ характернымъ типамъ:

1. Установка и сборка фермъ на мѣстѣ на постоянныхъ подмосткахъ.

2. Сборка фермъ гдѣ либо въ сторонѣ (въ мастерскихъ, на берегу, на полотнѣ желѣзной дороги и т. д.) съ установкой ихъ на мѣсто:

а) путемъ перевозки на платформахъ съ устройствомъ временнаго моста;

б) при помощи доставки на понтонахъ;

в) продольной накаткой, что примѣнимо для балочныхъ, неразрѣзныхъ, для многопролетныхъ разрѣзныхъ фермъ, но временно соединенныхъ между собою, или для однопролетныхъ разрѣзныхъ снабженныхъ авант-весомъ;

г) поперечной накаткой и, наконецъ

д) поднятіемъ фермъ вверхъ.

3. Сборка фермъ на мѣстѣ безъ подмостей.

Между этими тремя приемами первый — наиболѣе распространенный и, за исключеніемъ какихъ либо особыхъ мѣстныхъ условій, — наиболѣе дешевый, обеспечивающій притомъ наибольшую тщательность въ работѣ, безъ всякаго перенапряженія частей фермы, что неминуемо имѣеть мѣсто, напр., при накаткѣ фермъ. Второй приемъ примѣняется лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда устройство подмостей обошлось бы крайне дорого; когда, при короткомъ срокѣ исполненія работы, нельзя отложить сборку фермъ до окончанія устройства опоръ моста, а необходимо вести объ работы одновременно; когда сильный весенній или осенній ледоходъ заставляетъ опасаться за устойчивость подмостей и т. д. Третій способъ сборки фермъ на мѣстѣ и безъ подмостей примѣняется при наличности тѣхъ же условій, какъ и второй приемъ.

Приведемъ предварительно нѣсколько общихъ соображеній объ устрой-



ствѣ подмостей, о приспособленіяхъ и орудіяхъ, необходимыхъ при сборкѣ и склепкѣ, а наконецъ, и о самой сборкѣ; затѣмъ, рассмотримъ подробнѣе, въ примѣрахъ, указанные выше приемы установки фермъ, въ примененіи ихъ къ балочнымъ, арочнымъ и висячимъ мостовымъ фермамъ.

Подмости должны быть такъ построены, чтобъ онѣ имѣли достаточно мѣста не только для установки фермъ, но и для помѣщенія и перемѣщенія разныхъ приборовъ, матеріаловъ и проч. Система подмостей и поперечное сѣченіе отдѣльныхъ частей ихъ должны быть таковы, чтобъ не было значительныхъ деформаций отъ давленія устанавливаемой фермы.

Опоры подмостей состоятъ изъ ряда свай или стоекъ, перекрытыхъ насадками. Какъ въ продольномъ, такъ и въ поперечномъ направленіи всѣ сваи взаимно соединяются схватками и приводятся въ неизмѣняемую систему. Если имѣется въ виду сохранить подмости на зиму, то, на случай ледохода, необходимо устроить соответственные ледорѣзы, окалывать пешнями ледъ около свай и проч. При низкихъ подмостяхъ, на неглубокой рѣкѣ съ хорошимъ грунтомъ—опорами служатъ иногда клѣтки изъ брусевъ.

Пролетныя части подмостей, въ зависимости отъ высоты ихъ, представляютъ собою одиночныя или составныя балочныя фермы, подкосныя, съ одной или нѣсколькими парами подкосовъ (черт. 33), а иногда и фермы Тауна, Гау, или желѣзныя фермы; послѣдніе типы примѣняются при очень высокихъ подмостяхъ, или на рѣкѣ съ быстрымъ теченіемъ, гдѣ нежелательно стѣснять живое сѣченіе. Такъ какъ изготовленіе металлическихъ фермъ значительнаго пролета требуетъ у насъ сравнительно много времени, потребность же во временномъ движеніи является вскорѣ по окончаніи устройства земляного полотна, то поэтому почти всегда приходится устраивать временные деревянные мосты. Если насыпь не высока и, слѣдовательно, мѣстное уширеніе ея (при полотнѣ въ одинъ путь) не требуетъ значительныхъ затратъ, то временный мостъ устраивается въ такомъ случаѣ рядомъ съ постояннымъ, для сборки котораго ставятся особыя самостоятельныя подмости. Когда же высота насыпи довольно большая, то предпочитаютъ устраивать вдоль оси пути временный мостъ такой конструкции, чтобъ онъ одновременно служилъ и мостомъ, и подмостями (черт. 605); но это послѣднее расположеніе имѣетъ тотъ недостатокъ, что послѣ каждаго прохода поѣзда требуется иовѣрять нивелиромъ положеніе клѣтокъ или домкратовъ.

Если опоры подмостей должны быть разставлены возможно рѣдко, въ видахъ судоходства или по другимъ причинамъ, то вмѣсто деревянныхъ вспомогательныхъ фермъ сложной конструкции, пользуются иногда металлическими склепанными фермами, поднимаемыми вверхъ помощью крановъ, поставленныхъ на опорахъ. При высокихъ вѣдукахъ, въ сухо-

долахъ, перѣдко и временныя опоры устраиваются металлическими, разборчатыми, соединяемыми болтами, что позволяетъ пользоваться ими послѣдовательно для нѣсколькихъ пролетовъ.

При проектированіи подмостей слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобъ каждый изъ узловъ металлической фермы приходился надъ опорами, надъ упорами подкосовъ, или надъ узлами деревянной фермы, такъ какъ при сборкѣ узлы металлической фермы опираются на клѣтки или на винтовые домкраты, которые не должны давать значительной осадки.

Верхъ подмостей покрывается досчатымъ поломъ, образующимъ платформу, которая должна выступать по крайней мѣрѣ на 0,50 с. изъ-за боковыхъ стѣнъ фермы, какъ для удобства помѣщенія рабочихъ, такъ и для предупрежденія паденія въ воду разныхъ предметовъ.

Если ферма довольно высокая, то подмости устраиваются двухъярусныя (черт. 600), причемъ верхній ярусъ предназначается для сборки верхняго пояса, верхнихъ связей и проч. Прогоны обоихъ ярусовъ должны быть расположены на высотѣ нѣсколько меньшей соотвѣтственныхъ поясовъ металлической фермы, по крайней мѣрѣ на 0,20—0,30 с., для возможности помѣщенія клѣтокъ съ клиньями, или домкратовъ. Стойки и подкосы второго яруса должны быть такъ расположены, чтобъ они нигдѣ не встрѣчались съ составными частями металлической фермы и чтобы въ мѣстахъ, гдѣ предположено производство склепки, промежутковъ между ними былъ не менѣе какъ 0,30 с. При неособенно высокой металлической фермѣ нѣтъ надобности во второмъ ярусѣ подмостей, и для сборки верхняго пояса ограничиваются примѣненіемъ передвижныхъ козелъ (черт. 601). Они состоятъ изъ двухъ паръ наклонныхъ ногъ, взаимно соединенныхъ вверху поперечнымъ брусомъ, который связанъ еще схватками съ ногами. Къ этимъ послѣднимъ прикрѣпляютъ на разной высотѣ рядъ брусковъ, на которые можно опирать доски и получать такимъ образомъ рабочую площадку на любой высотѣ.

При сборкѣ фермъ значительнаго пролета необходимо примѣненіе подвижнаго крана, перемѣщающагося по особому рельсовому пути. Устройство подвижнаго крана показано на черт. 30, 31, 148. При помощи этого крана можно перемѣщать, поднимать и временно поддерживать любую часть фермы. Если мостовыя части доставляются на баркахъ и приходится поднимать ихъ на значительную высоту,—прибѣгаютъ къ устройству вращающихся крановъ съ системой блоковъ и проч.

Помимо крана, необходимую принадлежность составляютъ винтовой и гидравлическій домкраты. Винтовой домкратъ (черт. 602) состоитъ изъ чугунной станины съ винтомъ; верхняя, утолщенная часть винта оканчивается короткимъ стержнемъ, на который свободно насаженъ цилиндръ *B*, поддерживающій площадку *A*. При вращеніи винта цилиндръ *B* съ

площадкой *A* не принимаютъ участія во вращеніи, а только опускаются или поднимаются. Винтовые домкраты служатъ, главнымъ образомъ, для восстановленія должнаго подъема, при случайной осадкѣ подмостей; хотя та же цѣль достигается и клиньями, но значительно несовершеннѣе. Гидравлическій домкратъ (черт. 633) состоитъ изъ небольшого цилиндра съ придѣланной къ нему коробкой, куда наливается вода; на выступѣ изъ коробки надѣвается ручка. Когда ее качаютъ, вода изъ коробки нагнетается въ цилиндръ, и находящійся въ немъ поршень поднимается. Стержень поршня, движущагося въ цилиндрѣ, оканчивается, большею частью, полушаромъ, на который надѣвается чугунная подушка съ соотвѣствующимъ углубленіемъ.

Наконецъ, должно быть заготовлено достаточное число переносныхъ горновъ для клепальщиковъ, необходимое количество молотковъ, развертокъ, оправокъ, болтовъ, струбцинокъ и т. д.

При значительныхъ сооружеціяхъ устраиваются вблизи мѣста работъ крытыя помѣщенія для склада матеріаловъ, кузница, подъѣздыныя пути и т. д.

Общее расположеніе ихъ показано на черт. 29. Кузница имѣетъ назначеніемъ не только поддерживать рабочіе инструменты въ годномъ для работы состояніи, но въ ней дѣлаются и незначительныя измѣненія въ мостовыхъ частяхъ.

Общій ходъ работъ по окончательной сборкѣ и склепкѣ фермъ слѣдующій:

На платформѣ подмостей обозначается помощью теодолита осевая линія поясовъ, и затѣмъ намѣчаются узловыя точки фермъ. Въ каждой такой точкѣ ставятъ одинъ или два винтовыхъ домкрата, или складываютъ клѣтку изъ брусевъ; верхнюю поверхность ихъ выравниваютъ по нивеллиру, наблюдая, чтобъ ферма имѣла необходимый подъемъ (около  $\frac{1}{1000}$  —  $\frac{1}{1500}$  пролета).

Повѣрка высотъ клѣтокъ, а также прямолинейности осевой линіи поясовъ производится во все время работъ по крайней мѣрѣ одинъ разъ ежедневно, такъ какъ отъ постоянно увеличивающейся тяжести собираемой фермы, отъ неизбежныхъ толчковъ и ударовъ происходитъ осадка подмостей и искривленіе осевой линіи. Это особенно замѣчается, когда подмости устроены рядомъ или внутри временнаго моста (черт. 605), по которому происходитъ движеніе поѣздовъ.

Сложивъ клѣтки или поставивъ домкраты подъ узлами нижняго пояса, кладутъ на нихъ горизонтальныя листы, причемъ, если панель болѣе 3—3,5 с., — ставятъ еще промежуточныя опоры въ видѣ катковъ. Затѣмъ устанавливаютъ вертикальныя листы съ поясными уголками, соединяютъ части пояса въ стыкахъ коническими оправками, прикрѣпляютъ къ поясу накладки и прокладки раскосовъ, стоекъ и связей, и, по вывѣркѣ поло-

женія пояса, всѣ части склепываютъ. (Иногда склепку стыковъ вертикальныхъ листовъ оставляютъ, впрочемъ, до полной сборки всей фермы).

Послѣ этого устанавливаютъ стойки (въ раскосныхъ фермахъ), а также поперечныя и продольныя балки, поддерживаемыя особыми подпорками. Наложивъ соединительные уголки, предварительно скрѣпляютъ все оправками, и по вывѣркѣ—приступаютъ къ склепкѣ. (Нерѣдко оставляютъ не склепанными, а скрѣпленными лишь оправками—возможно большее число соединеній стоекъ съ поясами, съ тѣмъ, чтобы, по установкѣ раскосовъ и при окончательной вывѣркѣ, могло быть незначительное вращеніе около узловъ).

Затѣмъ ставится подобнымъ же образомъ верхній поясъ, поддерживаемый вторымъ ярусомъ подмостей, причемъ, въ случаѣ криволинейности пояса, склепка составныхъ частей его начинается отъ середины пролета къ опорамъ. Послѣднюю часть работы составляетъ установка раскосовъ, которые, по закрѣпленіи пняго конца ихъ оправками, предварительно натягиваются полиспадами и затѣмъ склепываются съ поясами. Обратные раскосы устанавливаются уже послѣ того, какъ ферма снята съ подмостей. Иногда, впрочемъ, раскосы прикрѣпляются нижнимъ концомъ къ нижнему поясу до установки верхняго пояса, какъ это напр. всегда имѣетъ мѣсто при рѣшетчатыхъ фермахъ.

Ранѣе приступа къ сборкѣ фермъ устанавливаютъ на опорахъ (но не закрѣпляютъ) опорныя подушки, какъ подвижныя, такъ и неподвижныя. Нижнія подушки, которыя должны быть подлиты свинцомъ или цементомъ, опираются временно на желѣзные невысокіе клинья. Затѣмъ, передъ самымъ опусканіемъ фермъ на подушки, размѣщаютъ катки, соотвѣтственно существующей въ данный моментъ температурѣ, имѣя въ виду опредѣленную разность между крайними предѣлами температуры (въ средней полосѣ Россіи около 75° по Cels.), а также и удлиненіе желѣза (около  $\frac{1}{692}$ , при увеличеніи температуры отъ 0° до 100° по Cels.). Послѣ этого подливаютъ свинцомъ или цементомъ нижнія подушки и навинчиваютъ гайки на закрѣпленные болты.

Сборка металлическихъ опоръ производится или съ постоянныхъ подмостей, или же пользуются нижележащими этажами, какъ подмостями для сборки слѣдующихъ этажей и т. д.

При неразрѣзныхъ фермахъ сборка опоръ производится иногда помощью крана, устанавливаемого на концѣ свѣшивающейся части надвинутой фермы (черт. 94).

Примѣръ установки и сборки фермъ балочной системы на постоянныхъ подмостяхъ.

Приведемъ, въ извлеченіи, составленное г. Дьячевскимъ описаніе сборки пролетныхъ частей моста въ Екатеринославѣ. Длина моста 585 саж., 15 про-

летовъ, фермы пролетной части раскосной системы; мостъ съ вѣздою по-низу подъ желѣзную дорогу и по-верху подъ обыкновенную дорогу.

Конструкція лѣсовъ представлена на черт. 603 и 604. Вдоль оси моста между смежными быками забивались пятнадцать рядовъ свай на разстояніи 2,60 с. одинъ отъ другого; въ каждомъ изъ нихъ было по семи свай: среднія—на взаимномъ разстояніи въ 1,70 с., крайнія, служація для нижняго рельсоваго пути,—2,00 с., а остальные—въ 1,00 с. Всѣ семь свай, семивершковыя, забивались одновременно съ барки, помощью расположенныхъ на ней копровъ; глубина забивки въ грунтъ отъ 1 до 2 саж. Сваи (*a*) приходилось наращивать стойками (*b*), соединяя ихъ въ полдерева и скрѣпляя болтами. Вдоль оси моста сваи соединялись по высотѣ тремя рядами пластинъ (*c*), идущихъ попеременно, то по одну, то по другую сторону каждыхъ двухъ смежныхъ свай. Въ поперечномъ направленіи онѣ связывались тоже тремя рядами схватокъ (*d*) и раскапывались крестами изъ пластинъ. Первые по теченію сваи не наращивались и служили для устройства площадки (*E*). На нарощенныя стойки (*b*) клались прогоны (*f*), состоящіе изъ двухъ шестивершковыхъ брусевъ, соединенныхъ шипами. По длинѣ прогоны соединялись косымъ зубомъ, и сросты расположены такъ, что для нижнихъ брусевъ они приходятся на стойкахъ, а для верхнихъ — на ригеляхъ (*h*). Такое расположеніе стыковъ сдѣлано въ виду того, что въ пролетѣ между каждыми двумя стойками нижній брусъ вытягивается, а верхній сжимается, на опорахъ же явленіе обратное. Прогонны поддерживаются еще подкосами съ ригелемъ; нижній конецъ подкосовъ врубленъ въ стойку и скрѣпленъ болтами. Поверхъ прогоновъ клались поперечные брусья, а на нихъ—половой настиль. Вдоль оси на тѣ же поперечины клались брусья (*e*) такъ, чтобы оси приходились надъ четырьмя средними сваями. Брусья эти соединялись по длинѣ прямымъ зубомъ, и въ нихъ дѣлались гнѣзда на разстояніи 1,70 с. одно отъ другого, въ которыя вставлялись верхнія стойки (*k*), всего 23 на прогонъ, а на пролетъ  $23 \times 4 = 92$  стойки. Эти послѣднія вставлялись съ помощью подвижнаго крана; наружныя соединялись вдоль оси схватками (*l*), помѣщаемыми чрезъ панель, а внутреннія — крестами (*m*), идущими также чрезъ панель и помѣщаемыми оба по одну сторону стоекъ. Въ поперечномъ направленіи стойки соединялись схватками (*n*) и, кромѣ того, между средними стойками помѣщались еще крестообразныя схватки (*o*). Поверхъ стоекъ положены были прогоны, а на нихъ — поперечины и верхній настиль. Затѣмъ клались вдоль оси какъ по-верху, такъ и по-низу, клѣтки изъ брусевъ, на которыхъ слѣдовало собирать ферму.

Желѣзныя части съ барокъ подымались на платформу *E* по наклоннымъ плоскостямъ, уложеннымъ съ подмостей на барки. Чтобы облег-

чить подъемъ по плоскостямъ, были уложены рельсы, которые покрывали масломъ для уменьшенія тренія; по краямъ плоскостей были набиты стремянки для рабочихъ, подымавшихъ желѣзо. Подъемъ дѣлался такъ называемыми оттяжками, т. е. канатами съ привязанными къ нимъ желѣзными крючьями, которые вставлялись въ концевыя заклепочныя дыры подымаемой части; эта послѣдняя по рельсамъ втягивалась вверхъ рабочими, поставленными у обѣихъ оттяжекъ, причемъ человекъ два рабочихъ поддерживали и направляли ее ломами. Для подъема частей съ нижней площадки на слѣдующую устраивались краны. Каждый кранъ состоялъ изъ столба *N*, проходящаго сквозь настиль и могущаго вращаться внизу въ подпятникѣ, а сверху—въ гальсбандѣ, прикрѣпленномъ къ брусамъ *k*. Сверху сдѣланъ желѣзный шипъ, прикрѣпленный къ столбу желѣзными полосами. Къ нему же съ двухъ сторонъ прикрѣплены болтами брусья *g*, между которыми зажатъ подкосъ, упирающийся другимъ концомъ въ столбъ и скрѣпленный съ нимъ болтомъ. Между тѣми же брусками помѣщенъ блокъ *и*. Толстый канатъ однимъ концомъ закрѣпленъ въ мѣстѣ соединенія подкоса брусками *g*, а другой конецъ, огибая подвижный блокъ *з* и неподвижный *и*, проходитъ въ прорѣзъ, сдѣланный въ столбѣ, и наматывается на валъ, помѣщенный на устроенной поверхъ продольныхъ схватокъ площадкѣ. На крюкъ у подвижнаго блока надѣвается веревка съ привязанными на концахъ ея серьгами, которыя болтами, пропущенными въ заклепочныя дыры, прикрѣпляются къ желѣзной части; эту послѣднюю лебедкой поднимаютъ нѣсколько выше второго помоста, послѣ чего поворачиваютъ кранъ такъ, чтобы эта желѣзная часть взошла на помость, и опускаютъ ее. Иногда этими же кранами поднимали желѣзо съ барокъ по плоскостямъ, а иногда на нижней площадкѣ ставили такіе же краны и тогда поднимали его вертикально съ барокъ или плотовъ. Для поднятія желѣза со второго помоста наверхъ, были устроены подвижные краны, которые можно было разбирать.

По мѣрѣ поднятія желѣза съ барокъ на подмости, оно осматривалось, погнутыя части исправлялись, а поломанныя немедленно удалялись.

Когда такимъ образомъ желѣзо было осмотрѣно и исправлено, приступали къ сборкѣ. На нижнемъ половомъ настиль ставились клѣтки изъ брусевъ, и на нихъ укладывались горизонтальные листы, а затѣмъ вертикальные листы съ поясными уголками. Эти части поднимали на капатахъ лебедками, помѣщенными наверху.

Горизонтальные листы, по мѣрѣ укладки ихъ въ должномъ количествѣ, стягивались по высотѣ болтами, какъ между собою, такъ и съ уголками вертикальныхъ листовъ.

Болты ставили въ возможно большемъ количествѣ, особенно на горизонтальныхъ листахъ, чтобы они плотнѣе прилегали другъ къ другу.

Гайки на болтах завинчивались ключами и, чтобы возможно сильнее завинтить их, употребляли ключи с длинными ручками и действовали таким образом на большее плечо рычага. Чтобы болты плотнее стягивали листы, на них надввали шайбы, т. е. плоскія кольца, и поверх их уже навинчивали гайку.

При установкѣ нижняго пояса наблюдали, чтобы конецъ фермы правильно отстоялъ отъ центра подферменнаго камня, затѣмъ выпрямляли поясъ параллельно оси и давали ему надлежащій подъемъ.

Ферма, поставленная на опорныя подушки, должна была имѣть подъемъ въ 0,001 пролета, т. е. въ данномъ случаѣ около 0,04 с.; на клѣткахъ же ей былъ данъ подъемъ по срединѣ въ 0,045 с. Когда оба нижнихъ пояса были собраны на болтахъ, начинали ставить нижнія поперечныя и продольныя балочки и стойки.

Эти послѣднія на лебедкахъ поднимали выше вертикальныхъ листовъ и потомъ опускали такъ, чтобы уголки стоекъ вошли между горизонтальными уголками поперечной балки.

По установкѣ стоекъ начинали ставить раскосы. Каждый изъ нихъ поднимали двумя лебедками, прикрѣпивъ канаты къ концамъ съ помощью серегъ, и такимъ образомъ заводили его между стойками. Во время установки этихъ частей производили склепку частей поясовъ и нижней проезжей части; всѣ же вертикальные стыки оставались не склепанными до полной установки пролета.

Раскосы вводили между планками и соединяли съ ними болтами; планки же приклепывались къ вертикальнымъ листамъ раньше.

По установкѣ всѣхъ этихъ частей приступали къ сборкѣ верхнихъ поясовъ, начиная съ вертикальныхъ листовъ, для чего заводили ихъ между уголками стоекъ и опускали на клѣтки, собранныя на верхнемъ помостѣ. На нихъ укладывали горизонтальные листы, стягивали болтами и клепали потайныя заклепки въ мѣстахъ постановки поперечныхъ балокъ, такъ какъ эти послѣднія ставились горизонтальными уголками на листы пояса. Послѣ этого ставили продольныя и тротуарныя балочки, консоли, верхнія и нижнія связи. Планки для связей раньше приклепывались къ горизонтальнымъ листамъ пояса, и по нимъ уже натягивали связи.

Когда, такимъ образомъ, ферма была собрана на болтахъ, и все было на своемъ мѣстѣ, — что провѣрялось по чертежамъ во время сборки, — тогда точно опредѣляли нивелиромъ подъемъ, ставя рейку на концахъ фермы по срединѣ пролета и у стоекъ №№ 5; подъемъ измѣняли, по надобности, клиньями и, кромѣ того, провѣряли правильное положеніе оси относительно оси.

Послѣднее достигалось тѣмъ, что провѣряли сначала по быкамъ положеніе крайнихъ поперечныхъ балокъ; затѣмъ натягивали между ними прово-

локу черезъ весь пролетъ и повѣряли по нимъ остальные балки. Если нужно было подать весь пролетъ въ сторону, или выгнуть часть его, то дѣлали это домкратами, однимъ концомъ упиравшимися въ поясъ, а другимъ—въ прогонъ лѣсовъ.

Тѣмъ же домкратами, приподнявъ ферму, можно было подвинуть ее вдоль оси, еслибы въ этомъ представилась надобность.

Когда подъемъ и направление были вывѣрены, начинали выпрямлять раскосы. Если раскосъ выходилъ изъ вертикальной плоскости полнымъ сѣченіемъ, то это показывало на недостаточную натянутость его, и поэтому выпрямленіе достигалось небольшимъ измѣненіемъ подъема съ помощью верхнихъ клѣтокъ. Если же изогнута бывала верхняя или нижняя кромка, то это исправляли, прикрѣпляя въ этомъ мѣстѣ къ раскосу струбцинками рельсъ.

По выправкѣ раскосовъ наводили возможно лучше дыры и приступали къ разверткѣ ихъ. Рѣдко случалось, чтобы дыры плохо сходились вслѣдствіе не точной пригонки частей во время сборки, да и ошибки эти легко и немедленно исправлялись. Это случалось чаще вслѣдствіе ошибокъ, сдѣланныхъ на заводѣ. Если ошибки были все въ одну сторону, т. е. если стѣнки какого нибудь листа закрывали часть заклепочной дыры другого все съ одной стороны, то это показывало на неправильную установку и исправлялось забивкой оправки.

Оправки эти необходимы также при натягиваніи раскосовъ и забиваются вездѣ до развертки дыръ, такъ какъ онѣ не позволяютъ разъ установленнымъ дырамъ сходить съ мѣста, чего не можетъ сдѣлать болтъ, діаметръ котораго меньше діаметра заклепки.

Если же стѣнки одного и того же листа въ одной дырѣ выступали съ правой, а въ другой — съ лѣвой стороны, то это указывало на то, что ошибка—заводская, которую оправкой уничтожить нельзя, а можно лишь исправить отчасти, забивая оправку въ дыру, выбранную такимъ образомъ, чтобы отъ этого ошибка уменьшилась въ возможно большемъ числѣ дыръ. Въ этомъ случаѣ нельзя избѣгать выступяющихъ частей; ихъ сбиваютъ такъ называемыми крейцмесселями, ударяя по нимъ молотками. Такъ какъ со стороны противоположной выступу будетъ углубленіе, которое можетъ и не заполнить осаженная раскаленная заклепка, то поэтому предпочитали развертывать дыру большаго діаметра, употребляя соотвѣтственную заклепку.

Установка на мѣсто склепанныхъ фермъ, пользуясь подвозкой на платформахъ.

Ферма склепывается въ мастерскихъ и устанавливается на двѣ платформы, имѣя, такимъ образомъ, только двѣ точки опоры, что вызывается необходимостью перехода по пути съ перемѣнными уклонами и по кри-



вымъ. Кроме того при значительныхъ пролетахъ, напр. около 25 саж., концевыя части фермъ опираются на особую раму со шкворнемъ, что содѣйствуетъ болѣе удобному проходу по кривымъ. Платформы съ установленной на нихъ фермой ставятъ на временномъ мосту, построенномъ на мѣстѣ постоянного моста; домкратами ферму приподнимаютъ съ платформъ и поддерживаютъ подложенными подъ опорныя стойки клѣтками изъ шпаль или подвѣшиваютъ (при малыхъ пролетахъ) къ козламъ. Освободившіяся отъ фермы платформы сводятся съ моста, и затѣмъ начинаютъ постепенно опускать ферму, поддерживая ее все время домкратами и вынимая изъ клѣтокъ послѣдовательно по одному ряду брусевъ. Въ то же время срубаютъ части временнаго моста, препятствующія свободному опусканію фермы. Для болѣе равномернаго опусканія приклепываютъ иногда къ опорнымъ стойкамъ, съ вѣршной стороны, временную консоль, къ которой придѣланъ горизонтальный сплошной дискъ (черт. 606). На опорахъ моста устанавливаютъ наполненные пескомъ цилиндры такъ, чтобы они приходились противъ дисковъ. Приподнявъ ферму на домкраты и сведя съ моста платформы, ферму опускаютъ, и она становится своими дисками на цилиндры съ пескомъ. Затѣмъ выпускаютъ песокъ изъ бокового отверстія цилиндра; ферма постепенно садится и становится на опорныя подушки.

На черт. 607 изображена установка указаннымъ путемъ мостовыхъ фермъ на Вильно-Ровенской ж. д. Фермы подвозились на платформахъ, опираясь только на крайнія платформы (среднія служили для соединенія крайнихъ платформъ). На подферменной площадкѣ устоевъ установлена была деревянная рама (козлы), прикрѣпленная, между прочимъ, желѣзнымъ прутомъ къ анкерной сваѣ, забитой въ насыпь. Каждая стойка рамы состояла изъ двухъ парныхъ брусевъ, въ промежуткѣ между которыми вставлена была наклонная схватка, концы коей зажаты между нижними подушками и верхней двойной насадкой. Схватки эти приводили раму въ неизмѣняемую систему.

На верхнія парныя насадки опирались двѣ гайки; сквозь нихъ пропущены были два винта, къ которымъ подвѣшивалась ферма. По установкѣ на мосту поѣзда съ платформами, подвѣшивали ферму къ винтамъ; затѣмъ вращеніемъ гаекъ поднимали ферму, сводили съ мѣста платформы, и затѣмъ опускали фермы, дѣйствуя тѣми же гайками.


Иногда является необходимость перевозить готовые фермы по желѣзной дорогѣ, на которой уже установлены металлическія пролетныя части съ ѣздою по-низу, имѣющія, слѣдовательно, опредѣленный габаритъ. При такихъ условіяхъ не всегда возможно перевозить вполнѣ собранную ферму.

Такъ напр. въ 1890 г. на Вильно-Ровенской ж. д. оказалось необходимымъ перевезти 15 саж. мостъ съ ѣздою по-низу съ одного мѣста

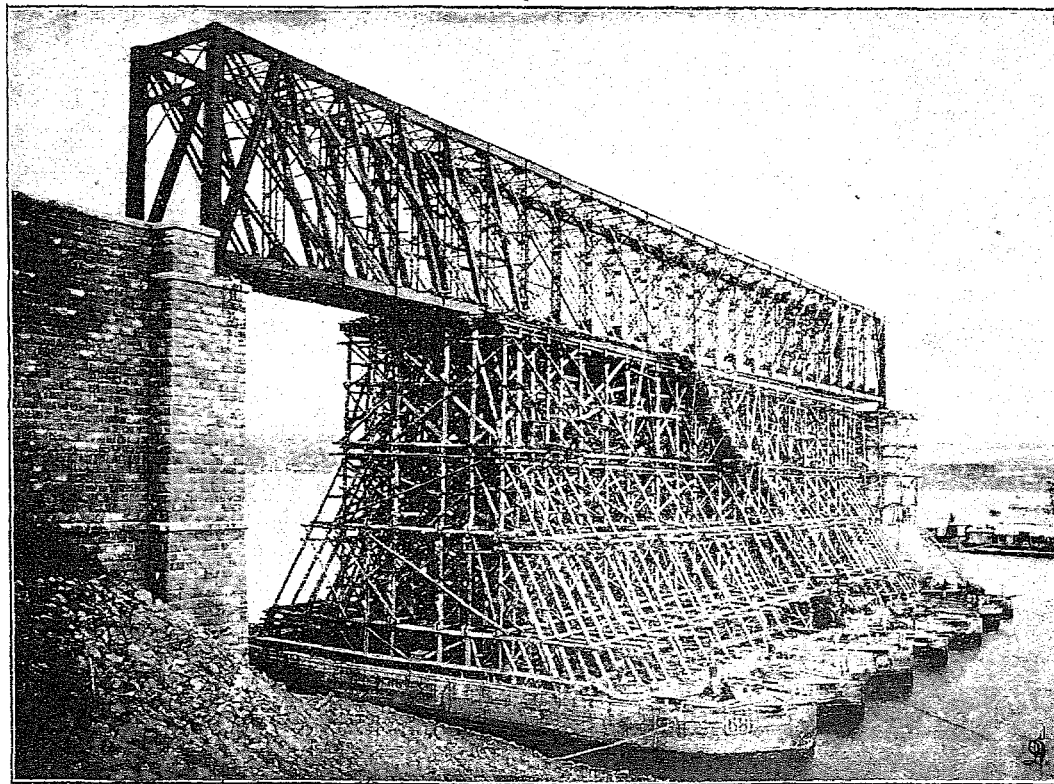
на другое, причѣмъ на пути было нѣсколько мостовъ также съ ѣздою по-низу и, слѣдовательно, съ опредѣленной свободной шириной въ 16 ф. Въ виду сего пришлось отклепать проѣзжую часть (поперечныя и продольныя балки) отъ фермъ и перевезти отдѣльно двѣ фермы и проѣзжую часть, которая также была частью расклепана, образуя послѣдовательно рамы: изъ двухъ поперечныхъ балокъ съ закатами между ними продольными балками и изъ двухъ отдѣльныхъ продольныхъ балочекъ, соединенныхъ лишь связями. Фермы, отдѣленные отъ проѣзжей части, нагружались каждая на пять платформъ, причѣмъ нагрузку несли только двѣ крайнія платформы; на промежуточныхъ же платформахъ фермы подклинивались при движеніи по прямымъ частямъ дороги. На кривыхъ частяхъ—среднія платформы, очевидно, выходили изъ-за очертація фермъ.

#### Установка фермъ помощью понтоновъ.

Примѣненіе перевозки водою обусловлено главнымъ образомъ мѣстоположеніемъ сборки и скленки фермъ. Необходимо, чтобъ склепка производилась на самомъ берегу рѣки и чтобъ ферма собиралась на высокихъ подмостяхъ или на высокомъ берегу (Волжскій мостъ въ Сызрани), или же на низкихъ подмостяхъ, но съ подъемкой ихъ затѣмъ на извѣстную высоту (Нѣманскій мостъ близъ Ковно по Спб.-Варшавской ж. д.), что позволило бы подвести подъ фермы понтоны. Приѣмъ состоитъ въ томъ, что склепанная ферма выдвигается въ рѣку на особый помостъ, оставаясь подпертой только въ концевыхъ частяхъ. Подъ среднюю, свободную часть фермы подводятся понтоны, загруженные водою; затѣмъ, откачивая изъ нихъ воду, заставляютъ понтоны всплывать и приподнимать ферму. Взявъ понтоны на буксиръ, устанавливаютъ ихъ между опорами постоянного моста и вновь накачиваютъ въ нихъ воду; вслѣдствіе этого они погружаются, и фермы опускаются до тѣхъ поръ, пока свѣшивающіеся концы ихъ не встанутъ на опорныя подушки.

На черт. 608 и 609 показаны подмости для сборки Волжскаго моста около Сызрани, имѣющаго 13 пролетовъ, величиною въ 50 саж. каждый. Въ планѣ подмости имѣли форму буквы  (черт. 609). Средняя часть устроена была на берегу, а крайнія выступали въ рѣку; промежутокъ между выступающими частями около 40 с., ширина конхъ около 13,70 саж. Каждый отдѣльный бычекъ выступающей части подмостей состоялъ изъ 24 свай, изъ которыхъ 12 служили для принятія давленія отъ катковъ движущейся фермы, остальные же играли роль откосныхъ свай. Разстояніе между смежными бычками 1,5 саж. Какъ въ поперечномъ, такъ и въ продольномъ направленіи сваи быковъ связывались горизонтальными и крестообразными (въ вертикальной плоскости) схватками.

Въ пространствѣ между выступающими частями (черт. 609) устано-



Плавучія подмости Волжского моста.

влено было 7 барокъ длиною 22 саж. и шириною 4 саж., неизмѣнно между собою связанныхъ, на которыхъ устроены подмости въ одномъ почти горизонтѣ съ постоянными подмостями. Подъемная сила плавучихъ подмостей 83.020 пуд. Вышина подмостей (около 12 саж. надъ меженными водами и 1,75 саж. надъ берегомъ) такъ рассчитана, что она соотвѣтствуетъ возможности установки фермъ во время меженнаго горизонта Волги. На каждую изъ выступающихъ частей постоянныхъ подмостей, имѣющихъ въ планѣ очертаніе буквы  $\square$ , уложено по 4 тройныхъ рельсовыхъ пути, расположенныхъ съ такимъ расчетомъ, чтобы они приходились надъ стойками; въ концѣ каждаго изъ тройныхъ путей установлена была лебедка. Фермы собирались на берегу, на средней части  $\square$ , которая имѣла такую ширину (около 30 саж.), что позволяла одновременную сборку 5 пролетовъ. Для перевода фермъ съ постоянныхъ подмостей на плавучія зацѣпляли свободный конецъ цѣпи лебедки за ферму, къ нижнему поясу которой прикрѣплялись подъ стойками катки, соотвѣтствующіе положенію рельсовыхъ путей. Затѣмъ, усиленъ 32 человекъ (по 4 на лебедку) фермы накатывались на выступающія части постоянныхъ подмостей со скоростью 2 фут. въ минуту. Во время накатки, барки подвижныхъ подмостей были настолько затоплены водою, что эти подмости не касались нижняго пояса средней части фермы. Окончивъ накатку фермъ на выступающія части, приступали къ одновременному выкачиванію воды изъ всѣхъ 7 барокъ, при помощи локомотива съ однимъ общимъ приводомъ ко всѣмъ насосамъ; этимъ достигали подъема подвижныхъ подмостей на столько, что концы фермъ приподнимались съ выступающихъ частей постоянныхъ подмостей, и ферма опиралась своею среднею частью на подвижные подмости на протяженіи 40 саж. (Во избѣжаніе прогиба свѣшивающихся концовъ фермъ, плоскіе раскосы были обжаты деревянными брусьями, вставленными между поясами). Затѣмъ, пароходъ бралъ на буксиръ 7 барокъ съ находящимися на нихъ подмостями и фермами и заводилъ ихъ въ требуемый пролетъ. По установкѣ барокъ въ пролетъ, накачивали воду въ барки до тѣхъ поръ, пока концы фермъ не осѣдали на подферменные камни. Дальѣйшее накачиваніе воды освобождало подмости изъ-подъ фермъ, и пароходъ вводилъ ихъ на свое мѣсто. Высота подмостей отъ меженнаго горизонта была около 12 саж.; на сооруженіе ихъ потребовалось около 60.000 бревенъ.

На черт. 610, 611, 612 и 613 показаны подмости для установки Нѣманскаго моста близъ Ковно на Спб.-Варшавской желѣзной дорогѣ. Мостъ о четырехъ пролетахъ, два крайнихъ по 70,18 метровъ, два среднихъ—по 78,72 метр. Опоры состоятъ изъ чугунныхъ колоннъ. Два крайнихъ пролета собирались на постоянныхъ подмостяхъ, а два среднихъ—

на берегу. Съ этими послѣдними фермами предстояло сдѣлать слѣдующія перемѣщенія: передвинуть фермы по направленно, перпендикулярному къ берегу, на протяженіи 100 метр., приподнять вверхъ на 6 метр., поставить на понтоны, на которыхъ устроены были подмости вышиною 12 метр., поворотить понтоны съ фермами подъ угломъ въ  $90^\circ$ , установить ихъ между опорами и затѣмъ опустить фермы на опоры. Для передвиженія фермъ по направленно, перпендикулярному къ берегу, уложены были на взаимномъ разстояніи въ 58 метр. парные деревянные постоянные полозья (брусья) (*a*) (черт. 611 и 612), концы которыхъ вдавались въ рѣку. На берегу полозья опирались на шпалы (черт. 612), а выступающія въ рѣку части поддерживались эстакадой (черт. 611). Ферма опиралась на полозья помощью прикрѣпленныхъ къ ней брусевъ (*b*) (черт. 611 и 612).

Для передачи давленія отъ фермы равномерно на всю длину бруса (*b*), подъ нее была подведена балка, въ которую врублены деревянные подкосы, подпиравшіе сплошную стѣнку фермы на различной высотѣ. Клиньями (*c*), помѣщенными между упомянутой балкой и брусомъ (*b*), можно было достигнуть достаточно равномерной передачи давленія на всю длину бруса (*b*). Во избѣжаніе бокового сдвиженія бруса (*b*) прикрѣплены были болтами деревянные бруски (*h*) (черт. 611 и 612) съ заплечиками. Всѣ желѣза въ одномъ пролетѣ составлялъ 550 тоннъ, такъ что на каждый изъ парныхъ брусевъ (*b*) приходилось вмѣстѣ съ грузомъ отъ вспомогательныхъ сооружений — 275 тоннъ, что при длинѣ бруса въ 17 метр. вызывало напряженіе около 3 кил. на кв. сантиметръ. Всѣ деревянные части были изъ сосны, за исключеніемъ клиньевъ и брусевъ (*b*), которые были дубовые. Употребленіе сосновыхъ полозьевъ оказалось не вполне удачнымъ. Волокна сосны сминались болѣе, чѣмъ сучья, которые вѣдались въ дубовый брусъ (*b*) и тормозили движеніе. Приходилось по нѣсколько разъ останавливать движеніе, приподнимать ферму на домкраты и срубать сучья. Брусья (*a*) и (*b*) были смазаны составомъ изъ мыла и сала, опытомъ было опредѣлено, что въ началѣ движенія коэффициентъ тренія составлялъ 0,14, а во время движенія — 0,08, такъ что для сдвига съ мѣста слѣдовало приложить усиліе въ 77 тоннъ, а затѣмъ достаточно было ограничиться 55 тоннами. Для этой цѣли къ фермѣ прикрѣплялась цѣпь, другой конецъ которой былъ соединенъ съ винтомъ, приводимымъ въ поступательное движеніе гайкой, укрѣпленной въ концѣ эстакады. Всего было четыре винта, діаметромъ 70 мм., съ длиною хода въ 10 мм.; цѣпь состояла изъ звеньевъ плоскаго желѣза, длиною равныхъ длинѣ винта, такъ что, вывинтивъ винтъ на всю длину его, цѣпь укорачивалась на одно звено и т. д. Впослѣдствіи винтъ былъ замѣненъ двумя воротами; каждымъ изъ нихъ при помощи полиспаста можно было развить тяговую силу въ 20 тоннъ.

Выдвинувъ пролетную часть на конецъ эстакады, приступили къ подъемкѣ фермы. Приспособленія состояли изъ гидравлическаго пресса (черт. 613) и двухъ винтовъ длиною 7,5 метр., установленныхъ на свайномъ основаніи подъ каждымъ концомъ фермы. На винтахъ надѣты были двѣ чугунныя подушки ( $s, s$ ) и ( $t, t$ ), свободно перемѣщавшіяся по нимъ. Подушки поддерживались на опредѣленной высотѣ гайками ( $e, e$ ) и ( $e', e'$ ). Верхняя подушка ( $s, s$ ), служа опорой для фермы, опиралась въ свою очередь на ныряло гидравлическаго пресса. Цилиндръ пресса удерживался на опредѣленной высотѣ подушками ( $t, t$ ). Желая поднять ферму, накачивали воду въ прессъ; ныряло повышалось, поднимая въ то же время и ферму. Для того, чтобы отъ случайной порчи пресса ферма не могла опуститься,—одновременно съ подъемомъ ныряла подвигивали гайки ( $e, e$ ), постоянно подпирая ими подушку ( $s, s$ ). Когда ныряло занимало крайнее возможное положеніе, выпускали воду изъ цилиндра; ныряло опускалось внизъ и тогда, вращая гайки ( $e', e'$ ), повышали подушку ( $t, t$ ), а съ нею и цилиндръ пресса до тѣхъ поръ, пока ныряло не касалось подушки ( $s, s$ ); затѣмъ повторяли то же самое. Такимъ образомъ ферма поочередно поддерживалась или гайкой ( $e, e$ ) (во время подъема гидравлическаго пресса), или же гайкой ( $e', e'$ )—(во время дѣйствія пресса). Длина ныряла въ 810 мм. соответствовала 27 оборотамъ гайки. Всего сдѣлано было шесть послѣдовательныхъ подпятій. Каждая подушка поддерживала грузъ въ 125 тоннъ; 16 человекъ, работавшихъ при прессахъ, поднимали 500 тоннъ со скоростью 10 мм. въ минуту; во время морозовъ, за неимѣніемъ глицерина, наливали въ прессъ спиртъ, разбавленный водой.

Когда фермы занимали высшее положеніе, винты подвергались значительному сгибающему усилію отъ давленія вѣтра на фермы, а поэтому они стягивались по высотѣ хомутами и прикрѣплялись, кромѣ того, къ эстакадѣ ( $k$ ) (черт. 610). Во избѣжаніе всякихъ случайностей, по мѣрѣ поднятія фермы, подставляли подъ нее клѣтки изъ брусевъ (черт. 610). Поднявъ ферму на высоту, нѣсколько большую требуемой, подводили понтоны (по два на ферму), выпускали изъ гидравлическихъ прессовъ воду; фермы опускались и становились на понтоны. Каждый понтонъ поднималъ грузъ въ 375 тоннъ; длина понтона 21,36 метр., ширина 20 метр., стѣнки понтона возвышались надъ водой на величину 0,93 метр.; центръ тяжести понтоновъ съ помѣщавшейся на нихъ фермой возвышался на 11,5 метр. надъ горизонтомъ воды, а метацинтръ былъ выше центра тяжести на 25 метр. Внутри каждаго понтона поставлены были четыре фермы системы Гау, высотой 6,25 метр., поддерживающія верхнюю надстройку съ фермами. Оба понтона были прочно взаимно соединены. Для спуска понтоновъ по теченію, на каждомъ изъ нихъ установлено было по четыре шпиль ( $q$ ) (черт. 610) съ канатами, толщиной въ

80 мм. Одинъ конецъ каната былъ прикрѣпленъ къ шпилью, а другой къ якорю или къ сваямъ. (Кромѣ того каждый шпиль имѣлъ запасный канатъ съ якоремъ). Спуская осторожно канаты на крайнихъ шпильяхъ, поворачивали понтоны дѣйствию теченія подѣ угломъ въ  $90^{\circ}$ ; затѣмъ, травя канаты, понтоны устанавливали между опорами, впускали въ понтоны воду, отчего они погружались, и ферма становилась на опоры.

Фермы проектированы были неразрѣзными; на понтонахъ же каждый пролетъ перевозился отдѣльно; по установкѣ на опоры однопролетныхъ фермъ, послѣднія оказались прогнувшимися отъ собственной тяжести, вслѣдствіе чего концы верхнихъ поясовъ смежныхъ пролетовъ разошлись; для того, чтобы сблизить ихъ передъ склепкой, придали фермамъ обратный выгибъ, пользуясь тѣми же понтонами, что достигнуто было удаленіемъ части заключавшейся въ нихъ воды.

#### Накатка фермъ.

Примѣненіе этого способа требуетъ, чтобы пролетныя части были неразрѣзныя фермы, или если разрѣзныя, то допускающія временное взаимное соединеніе или соединеніе съ *avant-bec*омъ \*). Пока одинъ конецъ фермы находится на вѣсу, противовѣсомъ служить ему другой конецъ ея. Хотя при этомъ способѣ избѣгается необходимость устройства подмостей, но зато части фермы подвергаются значительному перенапряженію. Для уменьшенія такого перенапряженія передняя часть фермы снабжается легкой металлической или деревянной пристройкой (*носомъ*, *avant-bec*), конецъ которой для болѣе удобной накатки дѣлается съ подъемомъ и нѣсколько выше нижняго пояса фермы. При очень значительныхъ пролетахъ, устраиваютъ временныя деревянные промежуточные опоры, чтобы уменьшить длину свѣшивающейся части фермы, а слѣдовательно и напряженіе составныхъ ея частей. Ферма во все время движенія опирается на металлическіе катки, основаніе коихъ должно быть устроено крайне прочно, во избѣжаніе неравномѣрной осадки и могущей произойти черезъ это поломки катковъ.

По мѣрѣ надвиганія фермы освободившіеся катки снимаются, переносятся впередъ и устанавливаются на заранѣе приготовленныхъ основанійхъ. Весьма хорошіе результаты дало примѣненіе гидравлическихъ катковъ, помощью которыхъ легко устраняется вліяніе неодинаковой осадки основанія катковъ.

Перемѣщеніе можетъ быть исполнено нѣсколькими приѣмами: ось каждаго или нѣсколькихъ катковъ соединяется зубчатымъ зацѣпленіемъ съ лебедкой, и треніемъ нижняго пояса о катокъ ферма передвигается; или

---

\*) Если имѣются подмости по всей длинѣ моста, какъ это имѣло мѣсто при установкѣ фермъ Енисейскаго моста, то фермы могутъ быть неразрѣзныя и безъ *avant-bec*а.

къ фермѣ прикрѣпляется цѣпь, навиваемая на воротъ, поставленный позади устоя; или же прикрѣпляютъ къ фермѣ одинъ конецъ каната, другой конецъ его перекидываютъ черезъ блокъ, прикрѣпленный къ устою, и навиваютъ на ось лебедки, поставленной на фермѣ. Нерѣдко примѣняютъ нѣсколько приемовъ одновременно.

На черт. 614 изображена накатка фермъ трехпролетнаго моста черезъ р. Нѣманъ въ Гродно, на Спб.-Варшавской ж. д. Величина двухъ крайнихъ пролетовъ: 56,2 метр., а средняго — 69,0, при общемъ вѣсѣ 1.240 тоннъ. Фермы, возвышаясь на 31,4 метр. надъ горизонтомъ воды, собраны были на полотнѣ желѣзной дороги, причемъ предстояло передвинуть ихъ на протяженіи 300 метр. Для сего установлено было 8 паръ катковъ, на взаимномъ разстояніи въ 31 метръ. Въ выемкахъ основаніемъ катковъ служилъ бетонный массивъ, высотой въ 0,5 метр. и въ 9 метр. въ сторонѣ, заложенный на двойномъ досчатомъ ростверкѣ; въ насыпяхъ же катки были основаны на 7 сваяхъ, забитыхъ съ отказомъ въ 4 мм. отъ удара бабы, вѣсомъ въ одну тонну и падающей съ высоты 5 метр. Давленіе на катокъ достигало 160 тоннъ, причемъ осадка основанія катковъ составляла 40—50 мм. На каменныхъ опорахъ подъ катки подложены были слой кожи.

Катки были желѣзные, длиною въ 55 сант., съ канелюрами для свободнаго прохода заклепочныхъ головокъ (черт. 615). Изъ числа 8 паръ катковъ, 7—были зацѣплены съ лебедками,—остальная пара была холостая. На каждой лебедкѣ стояло пять человекъ, и перемѣщеніе происходило со скоростью 4—5 метр. въ часъ, причемъ послѣ cadaго поворота (удара) рукояткой лебедки ферма передвигалась отъ 1 до 2 мм. Для облегченія прохода по каткамъ имѣвшихся на нижнемъ поясѣ выступовъ отъ накладокъ или отъ новаго ряда листовъ,—подсовывались клинья соответственной толщины, съ уклономъ въ  $\frac{1}{20}$  при входѣ и въ  $\frac{1}{5}$  при сходѣ съ катка. На опорахъ установлены были по двѣ пары катковъ, причемъ задніе—нѣсколько выше переднихъ, такъ какъ иначе, отъ прогиба свѣшивающейся части, передніе катки были бы перенагружены. Но въ виду того, что струѣла прогиба постоянно измѣнялась, приходилось еще подкладывать на задній катокъ, подъ поясъ, желѣзныя пластинки различной толщины.

Носъ фермы былъ металлическій, длиною 23,5 метр., вѣсомъ въ 22 тонны, съ уклономъ передней части въ 0,23, на протяженіи 1,5 метр. Этимъ приспособленіемъ, т. е. облегченіемъ вѣса свѣшивающейся части на 134 тонны, оказалось возможнымъ понизить напряженіе въ частяхъ фермы до 12 кил. на кв. мм. Концы дали прогибъ въ 280 мм.

Для уменьшенія бокового выпучиванія металлическихъ колоннъ во время накатыванія,—на каждую изъ нихъ установлены были два катка, одинъ съ лебедкой, а другой — холостой. Отъ дѣйствія перваго катка



опора стремилась опрокинуться назадъ, а отъ вліянія второго — наоборотъ наклониться впередъ, такъ что если оба вліянія взаимно и не уничтожались, то, во всякомъ случаѣ ослабляли одно другое.

Тотъ же приемъ былъ употребленъ при накаткѣ боковыхъ фермъ виадука Гараби: на черт. 617 показано схематическое изображеніе металлической опоры и катковъ. Для обезпеченія центральной передачи давленія на опору, на верхней распоркѣ была поставлена невысокая стойка, на которую опиралась въ видѣ баланспра небольшая ферма со сплошной стѣнкой; на обоихъ концахъ этой балки находилось по стойкѣ, поддерживающей въ свою очередь другую балку. На этихъ послѣднихъ были укрѣплены катки — одинъ, снабженный зубчатымъ зацепленіемъ и длиннымъ рычагомъ, а другой — холостой.

Гидравлическіе катки имѣютъ то преимущество, что, при управленіи предохранительными клапанами, возможно распредѣлить давленіе почти равномерно между всѣми катками.

На черт. 616 изображенъ гидравлическій катокъ, употреблявшійся при накаткѣ фермъ городского моста въ Варшавѣ чрезъ р. Вислу. Мостъ о шести пролетахъ, по 80 метр. каждый, причемъ смежные два пролета образуютъ неразрѣзную ферму, такъ что имѣются три отдѣльныя части, длиною по 160 метр. Фермы двойной рѣшетчатой системы. Опоры каменные съ ледорѣзами и съ основаніемъ изъ четырехъ металлическихъ колоннъ, заполненныхъ бетономъ и опущенныхъ на глубину 15 метр. ниже межени. Двѣ изъ колоннъ діаметромъ 5,6 метр., а остальные двѣ — по 2,72 метр. Центры большихъ колоннъ, разставленныхъ на взаимномъ разстояніи въ 10,8 метр., соотвѣтствуютъ осевой линіи фермъ: одна изъ малыхъ колоннъ помѣщается между большими, а вторая — нѣсколько спереди, и обѣ образуютъ основаніе для ледорѣза. Пролетныя части, вѣсомъ 4.392 тонны, передвигались тремя частями, вѣсомъ каждая около 1.400 тоннъ, причемъ пройдено было протяженіе въ 1.000 метр. Никакого носа (*avant-vec'a*) не было пристроено, но, взамѣнъ того, между двумя опорами ставилась временная деревянная опора, на которой также помѣщались гидравлическіе катки. Подъ каждый поясъ приходилось по два катка, поддерживаемые ныряломъ гидравлическаго пресса: на быкахъ и на временныхъ опорахъ было по два парныхъ катка, цилиндры коихъ соединены общей трубкой такъ, что оба ныряла, одной и той же опоры, несли одинаковый грузъ. Подобно Гродненскому мосту, пролетныя части передвигались усиленіемъ рабочихъ, поставленныхъ на лебедкахъ при каткахъ; скорость перемѣщенія составляла 6—7 метр. въ час.

Благодаря этимъ каткамъ, осадка опоръ или мѣстныя утолщенія поясовъ не оказывали никакого вліянія на плавность хода; кромѣ того, особымъ приспособленіемъ достигалось то, что ныряло оставалось вертикаль-

нымъ даже и въ томъ случаѣ, когда опора, а слѣдовательно и цилиндръ, незначительно наклонялись въ сторону.

На черт. 618 и 619 изображена накатка фермъ вѣдука Иглава (въ Венгріи). На металлическихъ опорахъ было установлено по три катка, а на деревянныхъ, временныхъ — по два, и, кромѣ того, рядъ катковъ на устоѣ, позади его, а также и на иолотнѣ дороги.

Всѣ катки были снабжены длинными рычагами, возвышавшимися надъ фермой и соединенными однимъ общимъ канатомъ. Одинъ конецъ каната прикрѣплялся къ лебедкѣ (А), помѣщенной въ конечной части надвигаемой фермы, а другой, пропущенный чрезъ два горизонтальныхъ блока, привязывался къ концамъ рычаговъ и, перекинутый затѣмъ чрезъ полиспасты, навивался на воротъ, вращаемый 6 людьми. Кромѣ того, устроена была въ помощь другая система передачи движущей силы: къ устою привязанъ былъ канатъ, который огибалъ подвижной блокъ, прикрѣпленный къ одной изъ поперечныхъ балокъ фермы, затѣмъ проходилъ по неподвижному блоку на устоѣ и, наконецъ, накинутый на второй подвижной блокъ, навивался на воротъ (В). Если пужно было перевести длинные рычаги назадъ для слѣдующаго поворота, то, оставляя въ покоѣ воротъ (В), вращали лебедку (А) въ противоположную сторону. Скорость передвиженія фермы составляла 2 метра въ часъ.

#### Поперечная накатка фермъ.

Необходимость примѣненія этого приѣма встрѣчается большею частью во время эксплуатаціи, когда напр. старыя фермы замѣняются новыми, и послѣднія собираются на подмостяхъ рядомъ съ существующимъ мостомъ; когда ось полотна вмѣстѣ съ мостомъ переносится въ сторону; когда необходимо перестроить постоянныя опоры и передвинуть фермы на временныя опоры, для возможности сохранить движеніе поѣздовъ на время перестройки первыхъ и пр.

На черт. 620 показано приспособленіе къ поперечному перемѣщенію фермъ моста чрезъ р. Ваагу въ Пруссіи. На разстояніи 5,4 метра отъ оси постояннаго моста собраны были фермы новаго моста, и по длинѣ пролета въ 62,1 метра устроено пять поперечныхъ путей, состоящихъ каждый изъ четырехъ козелъ, перекрытыхъ общей насадкой. На этой насадкѣ укрѣплены были два рельса (черт. 620) съ дубовой прокладкой между ними, и все перекрыто двутавровымъ желѣзомъ. Къ нижнему поясу фермъ привинченъ былъ поперечный дубовый брусъ, обдѣланный снизу такимъ же желѣзомъ. Между обоими двутаврами помѣщалось 30 пушечныхъ ядеръ (система Вейкума), діаметромъ въ 117 мм., удерживаемыхъ въ неизмѣнномъ между собою разстояніи листомъ желѣза съ круглыми для ядеръ прорѣзами; кромѣ того, листъ былъ окаймленъ уголками, ко-

торые вмѣстѣ съ тѣмъ служили направляющими при движеніи. Передвижка фермъ вѣсомъ въ 64,84 тонны исполнена была въ 11 минутъ 8 рабочими, поставленными на четырехъ лебедкахъ.

На Рязско-Вяземской ж. д. оказалось необходимымъ повысить на 0,60 саж. опоры моста черезъ р. Шать, пролетомъ въ 20 саж. Для возможности сохраненія движенія на время надстройки опоръ, устроены были рядомъ съ ними деревянные устои, на которые передвинули фермы, предварительно поднятыя на 0,60 саж. Протяженіе поперечнаго перемѣщенія составляло всего 3,5 саж. Рядомъ съ устоемъ забито было восемь рядовъ свай, и въ каждомъ ряду по три сваи, назначенныя для принятія давленія отъ фермъ; остальные сваи служили для укладки рельсового пути при сопряженіи съ полотномъ дороги.

Г. Розенталь, наблюдавшій за работами, описываетъ ихъ слѣдующимъ образомъ: прежде всего подъ нижними поясами фермъ установили гидравлическіе домкраты и, разъединивъ мостовые рельсы отъ путевыхъ, стали поднимать поочередно то одинъ, то другой конецъ фермы, подкладывая каждый разъ подъ пояса чураки, на случай обратной сдачи домкрата (черт. 621). Чтобъ имѣть указаніе, остаются ли поперечины при подъемѣ въ горизонтальномъ положеніи, ставили на нихъ уровень, и затѣмъ, смотря по положенію пузырька, усиливали качаніе рукоятки того или другого гидравлическаго домкрата. Поднявъ немного конецъ фермы, снимали опорныя подушки, подводили брусъ (б) (черт. 622), прикрѣпляли ихъ къ поясу костылями, затѣмъ укладывали салазки (а) и на нихъ уже опускали конецъ фермы съ прикрѣпленными къ нему брусьями (б). Салазки (а) до подведенія были вымазаны саломъ и мыломъ. Передвижка производилась помощью длиннаго винта, оканчивавшагося на одномъ концѣ четырехзубой вилкой (черт. 623). Къ возвышающимся вспомогательнымъ сваямъ (в), поставленнымъ на 0,25 саж. одна отъ другой, прикрѣплены были 2 бруса (с) (черт. 624); къ этимъ брусьямъ (с) придрѣлана планка (д) съ отверстіемъ для винта; на выходящій конецъ винта навинчивалась гайка посредствомъ рычага съ храповымъ колесомъ; качая этотъ рычагъ, заставляли гайку навинчиваться, и такъ какъ она унираралась въ планку, то вращеніе гайки заставляло винтъ выдвигаться, а вмѣстѣ съ нимъ и прикрѣпленную къ нему ферму.

Ферма обвязывалась желѣзной цѣпью, оканчивавшейся такою же вилкой, какъ и винтъ. Вилки цѣпи и винта соединены были цѣпью, составленной изъ рельсовыхъ накладокъ и болтовъ, какъ показано на черт. 623; между двумя накладками зажималась третья, и всѣ три стягивались пропущеннымъ сквозь нихъ болтомъ. Такая цѣпь весьма удобно можетъ быть разбираема, что и приходилось дѣлать каждый разъ, когда винтъ ввинчивался на всю свою длину; тогда снимали одно или два звена,

винтъ освобождали, и послѣ этого опять можно было заставлятъ его двигаться впередъ, а вмѣстѣ съ нимъ и ферму.

Работа эта производилась одновременно на обоихъ устояхъ, и для того, чтобы мостъ передвигался и сталъ параллельно прежнему своему положенію,—салазки были размѣчены черезъ каждыя 0,05 саж., и когда ферма передвинулась на одномъ изъ устоевъ до черты, то переставали работать и ждали, пока на другомъ устоѣ ферма дойдетъ до соответствующей черты, послѣ чего опять продолжали работу одновременно на обоихъ устояхъ. Такимъ образомъ мостъ передвигался параллельно своему первоначальному положенію.

На Харьковско-Николаевской ж. д., въ виду неудовлетворительнаго состоянія опоръ трехпролетнаго (по 15 саж.) моста черезъ р. Пселъ и недостаточнаго отверстія, признано было полезнымъ прибавить одинъ пролетъ, построить новыя опоры на 0,35 саж. выше старыхъ и въ сторонѣ отъ нихъ на разстояніи 4,6 саж.; при этомъ продольныя оси новыхъ и старыхъ опоръ не совпадали, а отстояли однѣ отъ другихъ на 6,2 саж. Общее расположеніе старыхъ и новыхъ опоръ показано на черт. 625. Такимъ образомъ, здѣсь пужно было поднять фермы, передвинуть ихъ вдоль стараго моста на 6,2 саж., затѣмъ передвинуть въ поперечномъ направленіи на 5,6 саж. и опустить на новыя опоры. По окончательномъ устройствѣ новыхъ опоръ и по установкѣ подмостей для продольнаго и поперечнаго перемѣщенія, уложены были на подмостяхъ рамы съ рельсовымъ путемъ, на нихъ поставлены медвѣдки, а на послѣднія и фермы. При движеніи медвѣдки—перемѣщались и самыя фермы.

Около старыхъ опоръ, непосредственно подъ фермами, устроены были подмости (черт. 626), назначенныя для передвижки фермъ на длину 6,2 саж. Онѣ состояли изъ лежней, уложенныхъ или прямо на грунтъ, или на сваяхъ; въ лежни врубались стойки, которыя были стянуты продольными и поперечными схватками. По окончаніи устройства подмостей поставили гидравлическіе домкраты подъ первыя стойки послѣ опорной и ими подняли фермы на такую высоту, при которой можно было снять подушки. Затѣмъ на мѣстѣ снятыхъ подферменныхъ камней (перенесенныхъ на новыя опоры), поставили клѣтки изъ брусевъ и опускали на нихъ фермы. Освободивъ домкраты, повысили сложенные подъ ними клѣтки и вновь подняли ферму, подмостившись въ то же время на ту же высоту съ клѣтками на опорѣ и т. д. За каждый разъ фермы поднимались не болѣе какъ на 4 — 5 д., хотя домкратъ и выдвигался на 8 д., но остальные 4 — 3 д. шли на сминаніе дерева въ клѣткахъ. Такими послѣдовательными поднятіями фермы были подняты на 0,83 саж. (0,16 саж. составляли высоту рамъ съ рельсами; 0,32 саж. — высоту телѣжки (черт. 627), а 0,35 саж.—выражали превышеніе новыхъ опоръ надъ старыми).

Опустивъ фермы на клѣтки, послѣ послѣдняго подъема домкрата, прикрѣпили къ опорнымъ стойкамъ крюки съ цѣпью, другой конецъ которой привязывался къ хомуту рамы (черт. 628), имѣвшей видъ шпренгельной фермы. По другую сторону рамы прикрѣплено было 6 крюковъ, на которые надѣвались цѣпи, нависающія на барабанъ шести лебедокъ, поставленныхъ за старымъ устоемъ. Передвиженіе фермъ производилось однако не этими лебедками, а помощью ломовъ, подводившихся подъ каждое колесо. Вышеупомянутыя приспособленія съ лебедками служили лишь для удержанія фермъ отъ обратнаго движенія. На длинный конецъ лома ставилось по 2 рабочихъ, а на пролетъ всего 32 рабочихъ.

Послѣ того, какъ ферма была передвинута на 6,20 саж., приступили къ поперечной передвижкѣ. Приподнявъ ферму на домкраты, убрали медвѣдки и рамы съ рельсовыми путями, ставили ихъ на поперечный помостъ, перпендикулярный къ оси пути, и опускали на медвѣдки фермы. Затѣмъ прикрѣпляли къ опорнымъ стойкамъ крюки съ цѣпью, составленною изъ рельсовыхъ накладокъ; другой конецъ цѣпи соединялся съ винтовымъ стержнемъ (черт. 629), проходящимъ чрезъ раму, прочно укрѣпленную на новомъ быкѣ. На выступающій конецъ винта надѣта была гайка съ четырьмя ручками. Движеніе сообщалось ломами, подобно тому, какъ и при продольномъ перемѣщеніи; винты же служили для удержанія фермы отъ сдачи назадъ. Параллельность движенія фермы повѣрялась тѣмъ, что на обоихъ концахъ ея къ рельсовой рамѣ прикрѣплена была рейка съ дѣленіями, а на передней медвѣдкѣ былъ указатель.

#### Поднятіе склепанныхъ фермъ на опоры.

Въ случаѣ подъема фермъ вверхъ, рѣдко приходится собирать ихъ на мѣстѣ или гдѣ либо вблизи моста; большею же частью онѣ собираются въ сторонѣ и подвозятся на платформахъ и понтонахъ.

При незначительныхъ пролетахъ и небольшой высотѣ подъема такой можно исполнить обыкновенными винтовыми домкратами, подпирая эту ферму въ нѣсколькихъ точкахъ.

При болѣе значительной высотѣ подъема пользуются винтами, къ которымъ подвѣшиваются фермы, или же кранами, устанавливаемыми на опорахъ; въ послѣднемъ случаѣ, для уменьшенія вѣса, нерѣдко поднимаютъ каждую ферму отдѣльно и затѣмъ уже устанавливаютъ проѣзжую часть. Поднятіе мостовыхъ фермъ большихъ пролетовъ производится помощью гидравлическихъ прессовъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, за исключеніемъ примѣненія крановъ, — при сооруженіи опоръ приходится оставлять съ лица, во всю высоту опоры, незадѣланную часть, которая соотвѣтствуетъ средней части подферменной площадки. Щель, или вѣрнѣе углубленіе, задѣлывается послѣ того, какъ ферма поднята. Впрочемъ, когда

опора выводится одновременно съ поднятіемъ фермъ (Мстинскій мостъ на Николаевской ж. д.), тогда нѣтъ надобности оставлять подобную щель.

На черт. 630 показано приспособленіе для подъема фермъ Менайскаго моста (трубчатой системы) вѣсомъ 1914 тоннъ, поднятыхъ на высоту 30 метр. Опоры были выведены съ выемками; эти послѣднія продолжались до такой высоты, которая соотвѣтствовала окончательному положенію фермы, и имѣли еще извѣстный запасъ (около 12 метр.) для помѣщенія подъемныхъ цѣпей и гидравлическаго прессы.

Въ верхней части выемки установлена была металлическая балка; на нее поставлено два прессы, ныряла которыхъ соединены вверху общей поперечиной. Къ этой поперечинѣ подвѣшена на цѣпяхъ трубчатая ферма; цѣпи состояли изъ 8 полосъ, шириною 180 мм. и толщиною 30 мм. Высота хода ныряла была 2 метр., такой же длины были и звенья цѣпи. Послѣ того, какъ ныряло прессы занимало крайнее положеніе, верхнее звено цѣпи снималось, ныряло опускалось внизъ, и къ поперечинѣ прикрѣпляли слѣдующее звено. Для того, чтобы при этой смѣнѣ ферма не могла опуститься внизъ, нижнія звенья цѣпи удерживались на должной высотѣ особыми приспособленіями. По мѣрѣ поднятія фермы, оставленная въ устоѣ щель немедленно задѣлывалась кладкой. Время подъема ныряла на полную высоту составляло 30—40 мин.

На черт. 631, 632 и 633 показаны приспособленія для установки фермъ Мстинскаго моста на Николаевской желѣзной дорогѣ. Способъ подъема фермъ, примененный къ тремъ среднимъ пролетамъ, состоялъ въ томъ, что фермы, собранныя на высотѣ ниже проектной,—по мѣрѣ возведенія быковъ, постепенно поднимались гидравлическими домкратами, установленными на быкахъ. На черт. 631 показанъ общій видъ моста въ одинъ изъ періодовъ работы. Два крайнихъ пролета собирались на постоянныхъ подмостяхъ, на проектной высотѣ; пролеты 2-й и 4-й собирались на мѣстѣ на постоянныхъ подмостяхъ, устроенныхъ на высотѣ значительно ниже проектной. Фермы 3-го пролета, какъ судоходнаго, были собраны на берегу р. Мсты, на высотѣ 4 саж. надъ горизонтомъ низкихъ водъ и затѣмъ подвезены на понтонахъ къ мѣсту работъ. По подведеніи салазковъ, ферма, съ помощью цѣпей и винтовыхъ домкратовъ, была сдвинута съ подмостей на четыре барки, длиною 13 саж. и шириною  $3\frac{1}{2}$  с. (черт. 632). Для равномернаго распределенія груза отъ желѣзныхъ фермъ—на дно барокъ было установлено двѣ фермы системы Тауна. Затѣмъ, помощью воротовъ, помѣщенныхъ на баркахъ, а также канатовъ, затянутыхъ за быки стараго моста, барки были подведены къ мѣсту.

Во избѣжаніе смятія горизонтальныхъ листовъ нижняго пояса, между домкратами и концами фермъ помѣщались поперечныя балки проѣзжей

части (черт. 633). Желѣзные кольца (с) въ домкратѣ, состоявшія изъ двухъ половинъ, служили прокладками для удержанія поршня домкрата на случай остановки. Домкратъ опирался на клѣтку изъ дубовыхъ брусевъ; подобные же брусья, свинченныя стоймя, ставились для поддержанія фермъ на время опускающаго поршня или перемены мѣста домкрата.

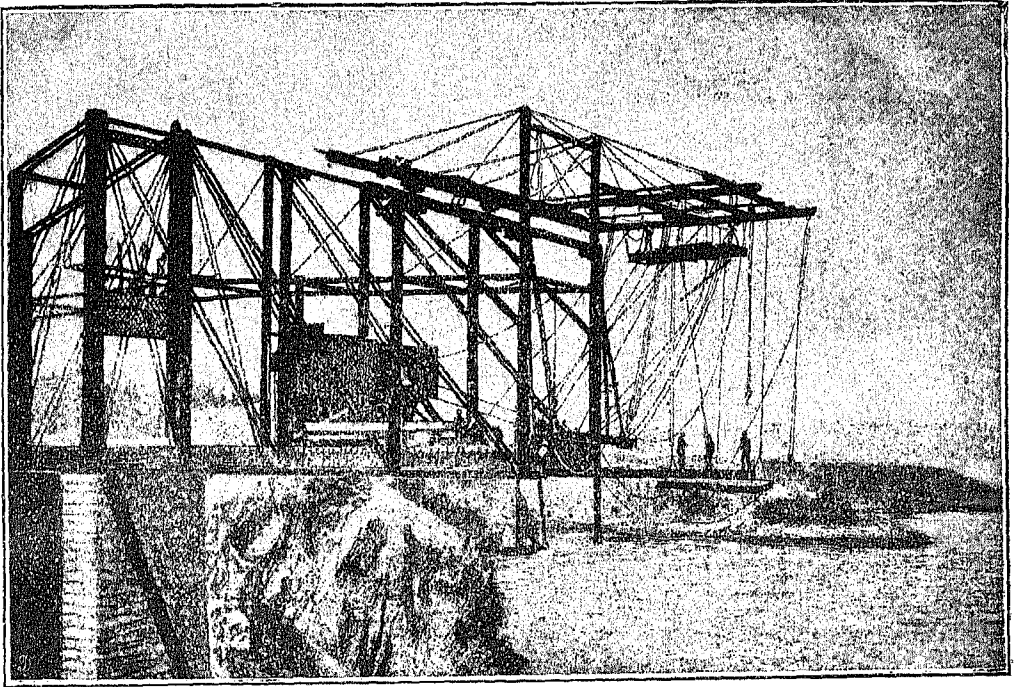
Каждый изъ концовъ фермы поднимался поочередно, причѣмъ подъ нихъ приходилось ставить по четыре домкрата; подъемная сила каждаго изъ домкратовъ составляла 6.200 пуд.; въ дѣйствительности же они испытывали не болѣе 3.975 пуд. давленія. При сильныхъ морозахъ вмѣсто воды наливали масло. Для подъема двухъ фермъ на высоту каждаго 0,20 саж. требовалось 12 часовъ времени.

#### Оборка фермъ безъ подмостей.

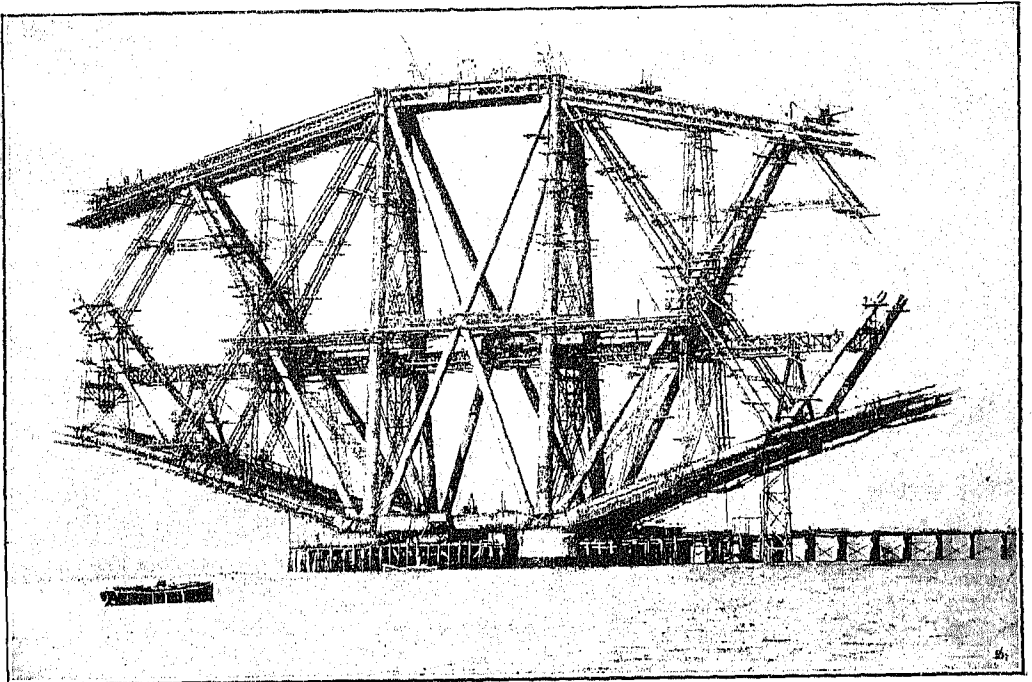
Пріемъ состоитъ въ томъ, что сборка начинается иногда съ одного, а болѣею частью съ обоихъ концовъ пролета, причѣмъ концевыя части фермъ временно закрѣпляются на опорахъ, образуя консоли, на которыхъ ставятся краны для сборки слѣдующихъ панелей и т. д. На черт. 634 показано начало сборки пролетной части моста чрезъ р. Кентукки въ Америкѣ. Мостъ трехпролетный, по 114 метр. въ каждомъ; сборка велась одновременно съ обоихъ устоевъ моста. Закрѣпивъ верхній поясъ, какъ показано на черт. 634, и задѣлавъ въ стѣнку устоя металлическую доску для упора въ нее нижняго пояса,—продолжали собирать слѣдующія панели до тѣхъ поръ, пока закрѣпленіе оказывалось достаточно прочнымъ; вмѣстѣ съ тѣмъ, на разстояніи 60 метр. отъ устоя, устроена была временная деревянная опора, дойдя до которой приподнимали домкратомъ конецъ фермы для уменьшенія напряженія въ анкерномъ болту. Послѣ этого продолжали работу тѣмъ же путемъ, пока не достигли середины второго (средняго) пролета, пройдя при этомъ металлическую постоянную опору. Одновременно велась сборка и со стороны второго устоя. Смыканіе произведено было по серединѣ средняго пролета, и необходимое для сего равенство прогибовъ свѣшивающихся частей достигнуто было соотвѣтственной нагрузкой крайнихъ пролетовъ.

На черт. 635 показана сборка одного изъ мостовъ въ Швеціи. Два крайнихъ небольшихъ пролета (по 24,1 метр.) собраны были на подмостяхъ, а средній (63,4 метр.) — безъ подмостей. Установивъ крайнія стойки средняго пролета, прикрѣпили вершину ихъ, помощью четырехъ толстыхъ желѣзныхъ полосъ, къ средній крайней фермы, нагруженной рельсами по серединѣ длины и въ концѣ. Сборка велась одновременно съ обоихъ концовъ.

Пріемъ этотъ получилъ въ настоящее время широкое примѣненіе во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ устройство постоянныхъ подмостей оказывается



Мостъ черезъ рѣку С. Джонъ въ Канадѣ. (Сборка безъ подмостей).



Фортскій мостъ. (Сборка безъ подмостей).



крайне дорогимъ. Такъ, напр., большинство мостовъ (въ Америкѣ) со свѣшивающимися концами (Cantilever bridge), арочный мостъ въ С. Луи черезъ р. Миссисипи, Опортскій—въ Португаліи, виадукъ Гарабп во Франціи, наконецъ, Форскій мостъ въ Шотландіи—все они собраны на мѣстѣ безъ помощи подмостей.

#### Сборна и установна арочныхъ фермъ.

За исключеніемъ *накатки* и *подъемки* вполне склепанныхъ фермъ здѣсь примѣняются тѣ же приемы, какъ и при балочныхъ фермахъ. Слѣдуетъ только обратить вниманіе на измѣненіе длины различныхъ частей отъ дѣйствія температуры, вліяющее на подъемъ или опусканіе вершины арки. При смыканіи средней части необходимо тщательно смѣрить на мѣстѣ оставшіяся промежутки и по этой мѣрѣ изготовить вставку; впрочемъ, если ферма собирается на постоянныхъ подмостяхъ, и подъ каждымъ узломъ поставленъ винтовой домкратъ, то, повышая или понижая поршни домкратовъ, можно измѣнить разстояніе между смыкающимися половинами, но только въ извѣстныхъ, конечно, предѣлахъ.

При сборкѣ арочныхъ фермъ помощью понтоновъ перевозятъ или отдѣльныя склепанныя части арокъ въ четверть пролета (Рейнскій мостъ въ Кобленцѣ), въ половину пролета, (Троицкій мостъ въ Петербургѣ) или же цѣльныя, вполне склепанныя фермы (Александровскій мостъ въ С.-Петербургѣ).

Если перевозятся только части пролетовъ, тогда необходимо устроить нѣсколько промежуточныхъ опоръ (иногда плавучихъ), на которыя устанавливаются крапы; этими послѣдними части арки поднимаются на необходимую высоту. Такъ напр. при сборкѣ трехшарнирнаго моста черезъ р. Шпрее въ Берлинѣ, на заводѣ были склепаны отдѣльныя половины арокъ и доставлены на понтонахъ на мѣсто работъ. По серединѣ пролета на баркахъ установлена была высокая временная опора съ кранами. При помощи послѣднихъ, половины арокъ подняты были вверхъ съ упоромъ пять въ шарниры опорныхъ полушекъ; затѣмъ въ концѣ одной изъ половинъ вкладывали ключевой шарниръ и, травя постепенно канаты, опускали медленно каждую половину арокъ, заставляя ее при этомъ вращаться около пятоваго шарнира до тѣхъ поръ, пока обѣ половины не пришли въ соприкосновеніе въ ключѣ арки.

Если при перевозкѣ на понтонахъ части фермы не подняты по всей своей длинѣ, тогда, во избѣжаніе излома или искривленія, онѣ перевозятся въ опрокинутомъ (лежащемъ) положеніи. При установкѣ фермъ Александровскаго моста въ С.-Петербургѣ, цѣльныя фермы, вполне склепанныя, перевозились на понтонахъ, на которыхъ онѣ были поставлены въ вертикальномъ положеніи, опираясь на подмости, состоявшія изъ

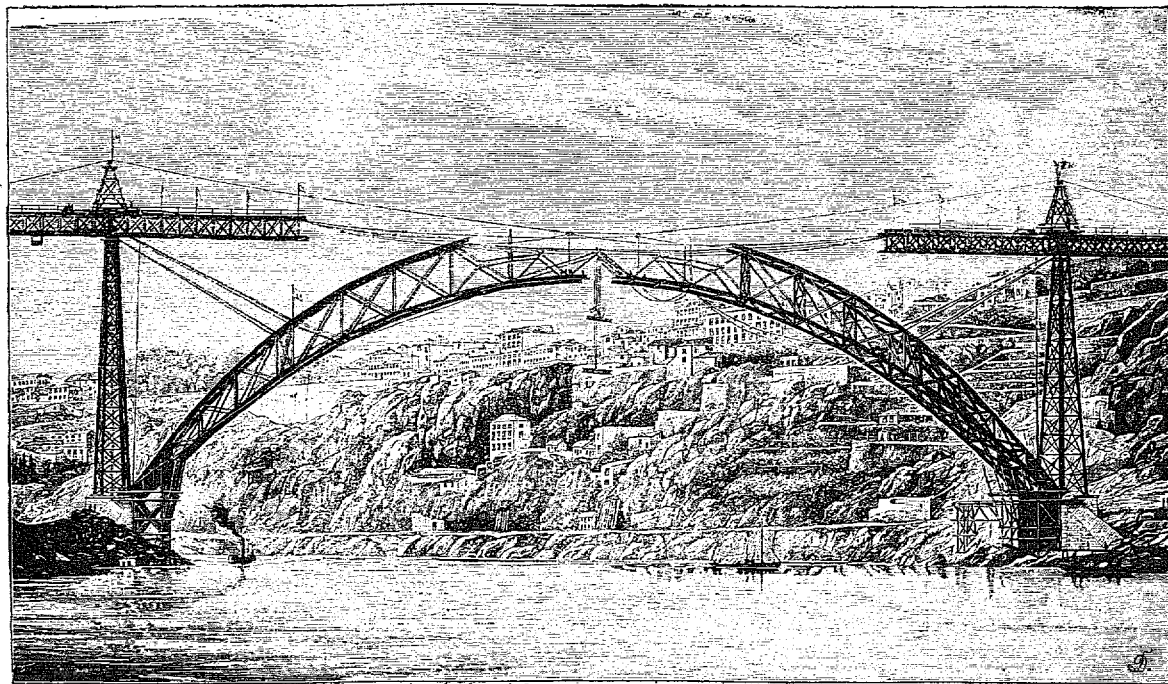
фермъ съ нижнимъ горизонтальнымъ и верхнимъ криволинейнымъ поясами, взаимно связанными раскосами. Послѣ того, какъ понтоны были завезены между опорами моста, поступали такъ же, какъ при установкѣ фермъ Волжскаго моста.

Приведемъ описаніе сборки безъ подмостей арочныхъ фермъ Опортскаго моста, общій видъ коего изображенъ на черт. 462. Въ виду значительной глубины рѣки и возвышенія рельсоваго пути на 61,28 метр. надъ поверхностью воды, рѣшено было построить арочную ферму безъ подмостей. Сначала собрали на берегу неразрывныя фермы балочной системы; надвигая ихъ съ обѣихъ сторонъ, устанавливали на эти фермы крапы и собирали, въ послѣдовательномъ порядкѣ, всѣ металлическія опоры (черт. 636). Когда послѣднія среднія опоры были установлены и балочныя фермы передвинуты черезъ нихъ на требуемое по проекту разстояніе, тогда фермы неразрывно соединялись съ металлическими опорами и, кромѣ того, прочно закрѣплялись въ каменистыхъ откосахъ. Затѣмъ построили около пяти постоянныя подмости и на нихъ собирали первую панель арочной фермы, конецъ которой затанули канатомъ за металлическую опору; послѣ того собирали вторую панель и конецъ ея также прикрѣпили двойнымъ кабелемъ къ опорѣ. Потомъ собрали еще двѣ панели и перенесли кабели на другой конецъ 4-й панели. Дальнѣйшее перенесеніе канатовъ не имѣло уже мѣста вплоть до замыканія ключа арки.

Наибольшее усиліе, которому были подвергнуты кабели, составляло 200 тоннъ. Точность работы была настолько велика, что средняя панель оказалась короче проектной только па 1 сант.; въ вертикальномъ же направленіи обѣ половины арки не сошлись, однако, на 38 сант., что впрочемъ легко было исправлено постепеннымъ ослабленіемъ канатовъ одной половины. Отдѣльныя части фермъ поднимались съ барокъ и устанавливались на мѣсто помощью деревянныхъ козелъ, которые по мѣрѣ производства работъ постоянно перемѣщались; для перемѣщенія ихъ употребляли тельжку, подвѣшенную къ двумъ роликамъ; эти послѣдніе двигались по проволочному канату, перекинутому чрезъ весь пролетъ съ одной опоры на другую. Этой же тельжкой поднимались также части съ барокъ и перемѣщались вдоль пролета. Стальные проволочные канаты состояли изъ 7 прядокъ, каждая изъ которыхъ заключала въ себѣ 19 проволокъ, толщиной 2,7 мм. Разрывающее усиліе каната опредѣлилось въ 80 тоннъ или 120 кил. на кв. мм.

#### Оборна и установка висячихъ фермъ.

При разсмотрѣніи способовъ установки такихъ фермъ слѣдуетъ отличать *итальянскія* фермы отъ *канатныхъ* (проволочныхъ).



Мостъ черезъ р. Дуэро близъ Оporto. (Сборка безъ подмостей).

Цѣпныя фермы устанавливаются помощью:

- а) постоянныхъ подмостей, верхъ которыхъ расположенъ по кривой,
- б) понтоновъ или барокъ, причемъ концы цѣпей, собранныхъ на плавучемъ мосту, поднимаются на опоры воротами или паровой машиной, и
- в) при пособіи вспомогательныхъ рабочихъ цѣпей или канатовъ, перекинутыхъ черезъ опоры.

Въ послѣднемъ случаѣ къ рабочему канату подвѣшивается или постоянная рабочая платформа, или передвижная люлька, приводимая въ движеніе установленной на устоѣ паровой машиной; площадку люльки, при помощи канатовъ и блоковъ, можно всегда сохранять въ горизонтальномъ положеніи.

Съ платформы или люльки производится сборка звеньевъ (черт. 637), начиная отъ середины, и временно все подвѣшивается къ рабочему канату, пока не дойдутъ до опоръ. Одновременно съ этимъ закладываютъ закрѣпную доску и собираютъ на подмостяхъ (черт. 637) удерживающую цѣпь; затѣмъ соединяютъ удерживающую цѣпь съ привѣсной, ставятъ поперечины и настилъ.

Относительно проволочныхъ канатовъ слѣдуетъ замѣтить, что они могутъ быть составлены: а) изъ свитыхъ прядокъ, б) изъ прядокъ, сложенныхъ параллельно на берегу, или в) сложенныхъ такимъ же образомъ, только на мѣстѣ работъ. Что касается перваго типа, то хотя такой канатъ наиболѣе удобенъ для положенія его на мѣсто, но онъ можетъ быть примѣненъ лишь при незначительныхъ пролетахъ, такъ какъ при большихъ пролетахъ онъ оказался бы слишкомъ тяжелымъ; кромѣ того витой канатъ представляетъ на 10% меньше сопротивленія сравнительно съ канатомъ того же сѣченія, но составленнымъ изъ параллельныхъ прядокъ. Второй видъ каната хотя и не представляетъ этихъ недостатковъ, но имѣетъ ту слабую сторону, что, при подъемѣ его на опоры, нижніе ряды проволокъ вытягиваются и провисаютъ болѣе верхнихъ, такъ что трудно рассчитывать на одинаковое напряженіе всѣхъ проволокъ. Третій типъ наиболѣе раціональный, причемъ однако сборка каната возможна лишь по возведеніи опоръ.

Проволочныя канатныя фермы собираются большею частью помощью вспомогательныхъ рабочихъ канатовъ.

Переносъ такого каната на другую сторону рѣки или оврага дѣлается на лодкахъ, на воздушномъ шарѣ (железнодорожный мостъ черезъ р. Ніагару), или при помощи бумажнаго змѣя. Послѣдній приѣмъ былъ употребленъ при устройствѣ моста черезъ Ніагарскій водопадъ. Заставивъ змѣя опуститься на другомъ берегу водопада, привязали сначала къ нити его проволоку и перетянули одніи ея конецъ на другую сторону рѣки; затѣмъ

къ проволоку привязали рабочей канатъ и его также перетянули на другой берегъ, послѣ чего оба конца каната подняли воротами на опоры.

Если канатъ составленъ на берегу, то онъ поднимается вверхъ или въ собранномъ видѣ (при незначительной толщинѣ), или же отдѣльными прядками. Во всѣхъ этихъ случаяхъ проволочный канатъ или прядки навиваются на барабанъ, установленный на одномъ изъ береговъ, и привязываются свободнымъ концомъ къ обыкновенному канату, перекинутому чрезъ оси воротовъ, поставленныхъ на всѣхъ опорахъ и на другомъ берегу. При одновременномъ вращеніи всѣхъ воротовъ, канатъ втягиваетъ прядку на правую опору, затѣмъ перетаскиваетъ ее на слѣдующую опору и т. д.

Этотъ приемъ примѣняется иногда и при навѣскѣ рабочаго каната.

Если же канатъ составляется на мѣстѣ, то, по навѣскѣ рабочаго каната съ люлькой, закрѣпляютъ конецъ проволоки въ закрѣпномъ устоѣ, проводятъ ее чрезъ двѣ опоры во второй закрѣпный устой и снова чрезъ обѣ опоры въ первый устой, продолжая эту работу до тѣхъ поръ, пока не составится канатъ изъ подлежащаго числа проволокъ.

На черт. 638 изображены нѣкоторые приспособленія по сборкѣ цѣпного моста въ Прагѣ чрезъ р. Молдаву. Въ боковыхъ пролетахъ были построены постоянныя подмости, и на нихъ связывались звенья удерживающей цѣпи. Привѣсныя цѣпи были собраны съ рабочей платформы, подвѣшенной къ двумъ рабочимъ цѣпямъ, которыя были установлены на мѣсто слѣдующимъ приемомъ. Обѣ высокія опоры окружили лѣсами съ площадкой наверху, на которой стали собирать звенья рабочей цѣпи, соединивъ ее предварительно съ удерживающей цѣпью. На площадкѣ каждой изъ опоръ было, такимъ образомъ, собрано пемпого менѣе половины всей цѣпи, за исключеніемъ пяти среднихъ звеньевъ; каждая половина цѣпи свободно свѣшивалась и располагалась на плотакъ, удерживаемыхъ якорями. Затѣмъ, установили по серединѣ пролета барки съ высокими на нихъ подмостями, на которыхъ были расположены въ собранномъ видѣ пять среднихъ звеньевъ и, кромѣ того, находилось еще нѣсколько воротовъ съ пельковыми канатами. Прикрѣпивъ концы этихъ канатовъ къ крайнимъ звеньямъ цѣпей, лежавшихъ на плотакъ, дѣйствіемъ воротовъ подняли концы обѣихъ половинъ на подмости, соединили ихъ тамъ съ пятью средними звеньями и, въ заключеніе, вывели изъ пролета барки.

При сборкѣ цѣпного моста въ Пештѣ чрезъ р. Дунай примѣненъ былъ другой приемъ. Сначала собрали звенья удерживающей цѣпи на длину, нѣсколько большую, чѣмъ длина галлерей закрѣпнаго устоя, опустили цѣпь въ галлерею, закрѣпили и свободные концы оставили свѣшивающимися. Потомъ поставили на промежуточные опоры лѣса и собрали на нихъ нѣсколько начальныхъ звеньевъ, которыя оставили свободно

висящими по обѣ стороны опоры; установивъ во всю ширину рѣки (въ крайніе и средній пролеты) пошты, устроили на нихъ помость, на которомъ и собрали цѣпи всѣхъ трехъ пролетовъ. Послѣ этого ближайшіе къ устою концы цѣпи въ первомъ и третьемъ пролетахъ соединили со свѣшивающимся концомъ удерживающей цѣпи, а другой конецъ подняли съ помоста на высокія опоры и связали съ висящими на опорахъ начальными звеньями. Затѣмъ оставалось поднять цѣпь средняго пролета: для этого соединили одинъ изъ ея концовъ съ начальною цѣпью, спускавшейся внизъ съ лѣсовъ, а другой конецъ подняли вверхъ на другую опору и соединили тамъ съ начальными звеньями. При подвѣшиваніи цѣпей боковыхъ пролетовъ наблюдали, чтобы лежавшія на промежуточныхъ опорахъ начальныя звенья были прочно закрѣплены.

Примѣромъ изготовленія проволочнаго каната въ сторонѣ отъ мѣста работъ можетъ служить Ла-Рошъ-Бернарскій мостъ. На выровненной площадкѣ (черт. 639) были прочно врыты въ землю два столба (*A*) и (*B*), отстоящіе одинъ отъ другого на разстояніи равномъ длинѣ каната. Между этими столбами поставлены были еще промежуточные—для поддержанія проволоки. Къ столбамъ (*A*) и (*B*) прикрѣплены были два крюка, на которые надѣвалась подковообразная муфта (*б*). Около этихъ же столбовъ находилось два поворотныхъ крана, на концѣ стрѣлы коихъ было по блоку, чрезъ которые перекинута проволока съ привѣшеннымъ къ ней грузомъ въ 100 кил.; къ другому концу этой проволоки прикрѣплены были клещи (сжимы), чтобы ими захватить натягиваемую проволоку. Кромѣ того, позади столбовъ (*A*) и (*B*) было еще по вороту, посредствомъ котораго рабочій, дѣйствуя на длинный рычагъ, имѣлъ возможность натянуть проволоку съ силой отъ 300 до 350 кил., для чего на валъ ворота была намотана особая проволока, оканчивающаяся сжимомъ. Когда все было установлено, ставили на двухколесную телѣжку барабанъ съ проволокой. Прикрѣпивъ свободный конецъ каната къ особому столбу возлѣ стойки (*B*), накладывали проволоку на подковообразную муфту и перемѣщали телѣжку, свивая въ то же время проволоку, которая располагалась на роликахъ промежуточныхъ столбовъ. Когда доходили до столба (*A*), рабочій схватывалъ проволоку сжимомъ ворота, натягивалъ ее усиленіемъ въ 300—350 кил. и уничтожалъ этимъ боковые прогибы. Затѣмъ снималъ эти сжимы, накладывалъ сжимы поворотнаго крана и поворачивалъ его подъ угломъ немного менѣе  $180^\circ$  (черт. 640), обертывая такимъ образомъ проволоку, натянутую силою въ 100 кил., около подковообразной муфты второй стойки; послѣ этого телѣжку съ барабаномъ перекатывали отъ (*A*) къ (*B*) и т. д. Когда уложены были всѣ проволоки, составлявшія одну прядь, обвязывали ее временно раскаленной проволокой, навивали на барабанъ и втягивали ее на опоры воротами. Затѣмъ, помощью

тѣхъ же воротовъ, перепускали прядь по чугуннымъ каткамъ на опорѣ, свѣшивающійся конецъ ея схватывали на помостѣ (заблаговременно устроенномъ на рабочихъ канатахъ), перетаскивали до другого берега, поднимали на опоры, пропускали опять по чугуннымъ каткамъ и закрѣпляли въ колодцѣ берегового устоя. Послѣ того, какъ всѣ 16 прядокъ, составляющія канать, были уложены, временныя обвязки снимались, и канать перевязывался раскаленной проволокой, размѣщенной въ опредѣленныхъ только мѣстахъ на взаимномъ разстояніи въ 3,6 фут.; ширина поперечной обвязки составляла 11,8 дюймовъ.

Сборка канатовъ на мѣстѣ была, между прочимъ, примѣнена при сооруженіи Бруклинскаго моста (въ Нью-Йоркѣ). Мостъ, какъ извѣстно, имѣть четыре каната, которые собирались всѣ одновременно.

Къ временнымъ приспособленіямъ относились:

а) Четыре направляющія проволоки (*guide-fil*), уложенныя крайне тщательно, нѣсколько въ сторонѣ и выше того положенія, которое должны были занять привѣсныя канаты моста. Проволокамъ этимъ дана была та же стрѣла прогиба, которую должны были имѣть привѣсныя канаты. При укладкѣ проволокъ послѣднихъ канатовъ наблюдали, чтобы каждая нить была параллельна этимъ направляющимъ проволокамъ (черт. 641).

б) Два безконечныхъ каната (*corde-voageuse*) (черт. 641), перекинутые черезъ катки, которые были поставлены на опорахъ и въ закрѣпленныхъ колодцахъ береговыхъ устоевъ. Положеніе вѣтвей канатовъ соответствовало положенію привѣсныхъ канатовъ. Безконечныя канаты приводились въ движеніе паровой машиной, поставленной на одномъ изъ береговыхъ устоевъ.

в) Передвижные блоки (*rouet-voageur*), ось вращенія конхъ была подвѣшена къ безконечному канату, помощью крюка, прикрѣпленнаго къ нему и непрепятствовавшаго переходу его по каткамъ. На блокъ накидывалась петлей проволока; одинъ конецъ ея былъ прикрѣпленъ къ барабану (черт. 643), поставленному на берегу, а другой былъ закрѣпленъ въ устоѣ. При движеніи безконечнаго каната крюкъ съ подвѣшеннымъ къ нему блокомъ тоже перемѣщался; проволока, накинутая петлей на блокъ, свиваясь съ барабана, слѣдовала одновременно съ блокомъ вдоль пролета, располагаясь, очевидно, двумя нитями, одной неподвижной (*fil-fixe*), соединенной съ устоемъ, а другой—подвижной (*fil courant*), идущей къ барабану.

г) Постоянный помостъ, подвѣшенный къ особымъ канатамъ и на который становились рабочіе, и

д) Люлька (черт. 644), перемѣщавшаяся вдоль пролета.

Прежде всего укладывали на мѣсто безконечныя канаты (*corde-voageuse*), состояшіе изъ проволоки толщиною въ  $\frac{3}{4}$  дюйма. Свободный

конецъ каната, навитаго на барабанъ, подняли воротами на вершину одной изъ опоръ, перевели чрезъ нее, спустили внизъ, перевезли на пароходѣ на другой берегъ, погрузивъ при этомъ канатъ въ воду, и на другомъ берегу подняли воротами конецъ на опору. Затѣмъ, паровыми машинами, поставленными позади опоръ, приподняли канатъ изъ воды и придали ему надлежащую стрѣлу провѣса. Такъ же уложена была вторая вѣтвь безконечнаго каната, послѣ чего обѣ вѣтви взаимно соединены. Помощью этого перваго безконечнаго каната установлены были второй такой же канатъ, а также рабочіе канаты для помоста и для люльки и четыре направляющихъ проволоки.

Безконечный канатъ перемѣщался со скоростью 1,28 метр. въ минуту, такъ что пробѣгъ передвижнаго блока (*rouet-voageur*) отъ одного устоя до другого требовалъ не болѣе 14 минутъ времени. Послѣ того какъ передвижной блокъ, поднявшись отъ одного изъ береговыхъ устоевъ и перейдя чрезъ обѣ опоры, спускался ко второму береговому устою, снимали съ него двѣ нити проволоки и накладывали ихъ на подковообразную муфту въ закрѣпномъ колодцѣ. Затѣмъ сообщали канату обратное движеніе, блокъ возвращался порожнимъ къ первой опорѣ, гдѣ вновь накладывали на него проволоку петлей (*bride*) и т. д. (черт. 645). Въ то время, какъ порожній блокъ, подвѣшенный къ одной вѣтви безконечнаго каната, возвращался назадъ, на второй вѣтви каната перемѣщался другой блокъ по встрѣчному направленію и свивалъ двѣ нити проволоки для втораго привѣснаго каната. Такъ какъ безконечныхъ канатовъ было четыре, то всегда было въ ходу четыре блока,—два порожнихъ и два съ накинутыми на нихъ двумя нитями проволоки. Послѣ того какъ были уложены всѣ нити одной прядки, рабочіе, стоя на помостѣ, перевязывали ихъ проволокой; затѣмъ составляли вторую прядку и т. д., пока не собрали всѣ 19 прядокъ. Выправивъ всѣ пряди, сняли съ нихъ временныя обвязки, стянули сильными сжимами (черт. 645), чтобы придать имъ цилиндрическую форму и, въ заключеніе сплошь перевязали обвязной проволокой. Употребленный для сего приборъ представлялъ собою чугунный цилиндръ изъ двухъ половинъ, плотно насаженный на канатъ. Около цилиндра, какъ около оси, могли свободно вращаться шкивъ съ навитой на немъ проволокой и кольцо, къ которому были прикрѣплены двѣ рукоятки; одна изъ нихъ была съ противовѣсомъ, а другая—съ блокомъ въ концѣ рукоятки; Конецъ проволоки, навитой на барабанъ, перекидывался черезъ вышеупомянутый блокъ и прикрѣплялся къ канату. При вращеніи шкива и кольца въ разныя стороны проволока свивалась со шкива и накладывалась спиралью на канатъ, отжимая въ тоже время чугунный цилиндръ, который, такимъ образомъ, послѣ каждаго оборота передвигался на толщину проволоки.



## Замѣна мостовыхъ фермъ однѣхъ другими.

Общія правила для сего трудно составить; тѣ или другіе приемы зависятъ отъ вида и типа фермъ и отъ мѣстныхъ условій. Наиболѣе употребительный приемъ состоитъ въ томъ, что рядомъ съ замѣняемыми фермами собираютъ новыя на особыхъ подмостяхъ,—затѣмъ сдвигаютъ на временныя опоры старыя фермы или разбираютъ ихъ и на освободившееся мѣсто устанавливаютъ новыя, при помощи поперечной передвижки.

Если подмости неудобно ставить рядомъ со старыми фермами, тогда новыя привозятъ на платформахъ, устанавливаемыхъ на прежнихъ фермахъ, и затѣмъ опускаютъ ихъ на мѣсто старыхъ, соблюдая тѣ же предосторожности, которыя были указаны выше, при описаніи установки мостовыхъ фермъ помощью платформъ. Кроме того нужно принять мѣры, чтобы самая ферма, падая въ воду, не могла бы повредить облицовки опоръ. Такъ напр. въ мостѣ черезъ рѣку Кимменэ, въ Финляндіи, при замѣнѣ деревянныхъ фермъ системы Гау—желѣзными, поступили слѣдующимъ образомъ: послѣ подвѣски желѣзныхъ фермъ винтами къ особой рамѣ, свели съ деревяннаго моста платформы, спустили желѣзныя фермы настолько низко, что нижніе пояса ихъ почти касались верхнихъ поясовъ деревянныхъ фермъ, и въ нѣсколькихъ мѣстахъ перевязали оба пояса обыкновенными канатами. Затѣмъ, перепилили верхніе и нижніе пояса такимъ образомъ, что перевязки канатами приходились приблизительно въ центрѣ тяжести перерѣзанныхъ частей фермы. Исключеніе сдѣлано только для крайнихъ панелей, гдѣ центры тяжести частей были расположены въ сторону рѣки. Послѣ этого перерубили всѣ канаты, и перепиленные части свалились въ рѣку, причемъ концевыя части фермъ, вслѣдствіе прикрѣпленія ихъ внѣ центра, падали наклонно, не задѣвая за облицовку опоръ.

Опишемъ употреблявшіеся на николаевской ж. д. два способа замѣны деревянныхъ фермъ—желѣзными. Дорога имѣетъ два пути, что облегчало замѣну фермъ, перевода временно движеніе на одинъ только путь.

Первый способъ, примененный къ пролетамъ не выше 12 саж., состоялъ въ томъ, что въ Петербургѣ, на особыхъ путяхъ собирались фермы на двухъ или трехъ платформахъ, причемъ части фермъ на смежныхъ платформахъ не склепывались между собою, что облегчало перевозку по кривымъ станціонныхъ путей. Затѣмъ составляли изъ цѣлаго ряда такихъ платформъ поѣздъ, помѣщая съ обоихъ концовъ каждой серіи платформъ по платформѣ съ краномъ для опусканія фермы. Поѣздъ доходилъ до ближайшей къ мѣсту установки станціи, гдѣ несклепанныя части фермъ окончательно склепывались въ цѣльныя

пролеты. Установивъ поѣздъ на мосту такъ, чтобы концы металлическихъ фермъ приходились надъ приготовленными для нихъ опорными подушками, а платформы съ кранами—на устояхъ (черт. 646),—приподнимали домкратами одинъ конецъ фермы. Освободившуюся первую платформу сводили съ моста вмѣстѣ съ находившеюся предъ нею платформою съ краномъ, причѣмъ тотчасъ же ставили городокъ изъ брусевъ (черт. 647). Вслѣдъ за симъ приводили обратно платформу съ краномъ. Затѣмъ, повторяли то же самое съ другой крайней платформой и также возвращали на мѣсто платформу съ краномъ. Послѣ этого приподнимали обоими кранами ферму настолько, что средняя платформа освобождалась; тогда ее передвигали къ одному изъ концовъ фермы, разобравъ предварительно имѣвшійся тамъ городокъ. Поставивъ второй городокъ возможно ближе къ послѣдней платформѣ (во всякомъ случаѣ за середину пролета), оставляли ферму на двухъ городкахъ (черт. 648) и выводили послѣднюю платформу. Далѣе, вернувъ кранъ назадъ, приподнимали ферму обоими кранами, старую разбирали и на опорныя подушки опускали новую, желѣзную, поддерживая ее, помимо крановъ, городками.

При второмъ приемѣ, примѣнявшемся для мостовъ значительныхъ пролетовъ, металлическія фермы собирали на мѣстѣ, пользуясь деревянными, фермами, какъ подмостями, и прекращая временно движеніе по одному изъ путей. Деревянные пролетныя части имѣли три фермы, а металлическія—двѣ (черт. 649).

Верхній поясъ металлическихъ фермъ былъ собранъ на помостѣ изъ брусевъ, лежавшихъ на верхнемъ поясѣ деревянныхъ фермъ (черт. 649). Для сборки же нижняго металлическаго пояса подвѣшены были подмости къ нижнимъ поясамъ деревянныхъ фермъ. Для перемѣщенія мостовыхъ частей вдоль пролета уложенъ былъ рельсовый путь по верхнимъ поясамъ деревянныхъ фермъ, и по нему ходила платформа съ краномъ. На средней фермѣ рельсовый путь лежалъ на подставкахъ (черт. 649), такъ какъ иначе нельзя было бы собрать верхнія поперечныя связи. Закрывъ движеніе напр. по правому пути, собирали верхній и нижній пояса правой металлической фермы и ставили стойки и раскосы. Затѣмъ, освободивъ склепанную ферму отъ подмостей, переводили движеніе на правый путь и собирали такимъ же образомъ лѣвую ферму. Вслѣдъ за симъ подводили желѣзныя поперечныя балки и ставили на лѣвомъ пути продольныя балки (черт. 650), а на нихъ шпалы и рельсы, сохраняя движеніе по правому пути, уложенному еще на деревянныхъ фермахъ. По переводѣ движенія опять на лѣвый путь съ металлическими продольными балками, укладывали такія же балки по правому пути. Въ заключеніе разбирали среднюю и крайнія деревянные фермы и восстанавливали движеніе на обоихъ путяхъ.

## Усиленіє нѣкоторыхъ составныхъ частей фермъ.

Во время эксплуатаціи нерѣдко приходится усиливать составныя части пролетныхъ частей моста, вслѣдствіе ли измѣненія типа подвижного состава, или по неудовлетворительности конструкціи.

Усиленія касаются какъ проѣзжей части, такъ и фермъ моста.

Въ продольныхъ и поперечныхъ балкахъ оказывается чаще всего необходимымъ усиливать сѣченія поясовъ добавленіемъ горизонтальныхъ листовъ или уголковъ, а также утолщать стѣнку вблизи опорныхъ сѣченій накладкой добавочнаго листа. Въ частномъ случаѣ усиленіе можетъ выразиться подведеніемъ шпренгелей, увеличеніемъ числа продольныхъ и поперечныхъ балокъ и увеличеніемъ высоты балки; это послѣднее достигается посредствомъ разрѣзки вертикальной стѣнки по нейтральной оси, раздвиганія затѣмъ обѣихъ половинокъ до требуемой высоты и вставки дополнительныхъ листовъ съ перекрытіемъ стыковъ накладками и пр.

Усиленія главныхъ фермъ выражаются преимущественно добавленіемъ къ поясу горизонтальныхъ листовъ или уголковъ, увеличеніемъ сѣченія раскосовъ и стоекъ, замѣной ихъ другими, перестановкой однихъ на мѣсто другихъ, добавленіемъ новой системы раскосовъ, увеличеніемъ числа фермъ, подведеніемъ промежуточныхъ опоръ и пр.

При выработкѣ проекта усиленій и плана исполненія работъ необходимо принять во вниманіе два слѣдующихъ условія:

- 1) чтобъ усиленіе частей фермы могло быть исполнено безъ прекращенія движенія и
- 2) чтобъ прежнія и вновь добавленныя части подвергались равномѣрному напряженію при нагрузкѣ фермъ.

Первому условію почти всегда можно удовлетворить, работая, при помощи висячихъ подмостей, въ промежуткѣ между проходами поѣздовъ. Работу слѣдуетъ вести такимъ образомъ, чтобъ за каждый разъ пришлось расклепывать меньшее число заклепокъ, и чтобы всѣ наиболѣе существенныя сопряженія имѣли полное число ихъ при проходѣ поѣзда. Такъ, напр., добавляемыя части дѣлаются такой длины, чтобы въ указанный промежутокъ времени можно было успѣть срубить заклепки, наложить листъ и поставить новыя заклепки; для ускоренія расклепки пояса—нѣсколько заклепокъ, напр. каждую четвертую или пятую, заранѣе замѣняютъ потайными, затѣмъ, между двумя поѣздами, срубаютъ остальные заклепки, кладутъ листъ, склепываютъ и послѣ уже замѣняютъ потайныя заклепки обыкновенными. Горизонтальные листы составляютъ изъ двухъ частей по ширинѣ, что позволяетъ производить работу поочередно съ каждой стороны. При болѣе значительныхъ передѣлкахъ находятъ иногда выгоднѣе построить обходный путь.

При двойномъ пути вопросъ упрощается переводомъ движенія на одинъ только путь.

Второе условіе не всегда можетъ быть исполнено безъ значительныхъ затратъ, въ виду необходимости установки подмостей-временного моста весьма прочной конструкціи. Эти подмости-временной мостъ не только поддерживаютъ ферму, разгружая ее при этомъ, но и принимаютъ еще на себя давленіе отъ проходящихъ поѣздовъ.

Если ферма не подперта подмостями, то всѣ ея составныя части подвержены извѣстному напряженію, вызванному дѣйствіемъ собственнаго вѣса; въ такомъ случаѣ, при усиленіи какой либо части фермы, добавленная часть, очевидно, не будетъ подвержена напряженію отъ вѣса фермы; на нее будетъ дѣйствовать лишь одна подвижная нагрузка.

При усиленіи продольныхъ и поперечныхъ балокъ, въ виду незначительнаго собственнаго вѣса ихъ, нѣтъ особой надобности обращать вниманіе на это обстоятельство, и поэтому онѣ усиливаются безъ поддержки ихъ особыми подмостями. Незначительныя измѣненія въ частяхъ главныхъ фермъ могутъ быть исполнены также безъ соблюденія этой предосторожности.

Если же имѣется въ виду сдѣлать значительныя добавленія къ сѣченіямъ частей фермъ, переставить раскосы и проч., то всегда устраиваютъ подмости-временной мостъ. Ими подпираютъ каждый узелъ фермы, причемъ клиньями придаютъ фермѣ подъемъ, равный прогибу отъ собственнаго вѣса, т. е. придаютъ ей то положеніе, которое она имѣла при первоначальной сборкѣ. Когда ферма подперта въ каждомъ узлѣ,—можно свободно расклепывать части пояса, снимать раскосы и пр.

Подобный приѣмъ былъ употребленъ при усиленіи фермъ мостовъ черезъ р.р. Суру, Цну и Кашму на Сызрано-Вяземской ж. д.

**Испытаніе мостовыхъ фермъ.—Опредѣленіе прогиба фермъ. Определеніе величины напряженія въ различныхъ частяхъ фермы.**

Чтобы убѣдиться, насколько удовлетворительно сдѣлана сборка и склепка мостовыхъ фермъ, — ихъ подвергаютъ такъ называемымъ статическому и динамическому испытаніямъ, нагружая мостъ поѣздомъ опредѣленнаго состава; при этихъ испытаніяхъ прогибъ фермъ не долженъ превосходить извѣстныхъ предѣловъ.

По постановленіямъ нашего М-ва П. С., для статическаго испытанія берется поѣздъ, составленный изъ двухъ восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженыхъ вагоновъ по обѣ стороны этой группы паровозовъ; оба паровоза обращены трубами одинъ къ другому. Пробный поѣздъ, установленный на мосту наиболѣе невыгоднымъ образомъ, остается на немъ около 12 часовъ. При динамическомъ испытаніи—поѣздъ изъ двухъ

восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженыхъ вагоновъ пропускается по мосту со скоростью 20 и 40 вер. въ часъ.

Мосты подъ обыкновенную дорогу испытываются такой нагрузкой, которая была принята при разчетѣ; для сего разсыпается по мосту слой песка, щебня, или кладутся рельсы и т. п.

При обоихъ указанныхъ испытаніяхъ опредѣляются прогибы: упругій (т. е. подъ нагрузкой) и постоянный; кромѣ того, при динамическомъ испытаніи измѣряется величина бокового колебанія фермъ.

Величина прогиба опредѣляется нивеллиромъ (при статическомъ испытаніи) или графически (при статическомъ и динамическомъ испытаніяхъ). Нивеллиръ устанавливаютъ гдѣ либо внѣ моста, на прочномъ основаніи, и ставятъ рейки на пояса въ трехъ мѣстахъ: надъ опорными подушками и по срединѣ пролета; затѣмъ, берутъ взгляды до нагрузки моста, незадолго до того, какъ свести съ моста поѣздъ и послѣ удаленія поѣзда. Во всѣхъ трехъ случаяхъ опредѣляютъ подъемъ фермы; разность между подъемами въ первомъ и второмъ случаяхъ даетъ величину упругаго прогиба, а разность между подъемами въ первомъ и третьемъ случаяхъ— величину постоянного прогиба.

Упругій и постоянный прогибы должны быть не болѣе слѣдующихъ предѣловъ:

Пролеты. Прогибы.	До 5 саж.	Отъ 7 до 15 саж.		Отъ 15 до 25 саж.	Болѣе 25 саж.
		$\frac{h}{L} < \frac{1}{10}$	$\frac{h}{L} > \frac{1}{10}$		
Упругій . . . . .	$\frac{1}{750} \cdot L$	$\frac{1}{1250} \cdot L$	$\frac{1}{1500} \cdot L$	$\frac{1}{1500} \cdot L$	$\frac{1}{1800} \cdot L$
Постоянный . . . .	$\frac{1}{4000} \cdot L$	$\frac{1}{4000} \cdot L$	$\frac{1}{5000} \cdot L$	$\frac{1}{5000} \cdot L$	$\frac{1}{5000} \cdot L$

При установкѣ реекъ нужно обращать вниманіе, чтобы во всѣхъ трехъ разновременныхъ нивелировкахъ онѣ ставились на одно и то же мѣсто, чтобъ, по ошибкѣ, онѣ не были поставлены въ одномъ случаѣ между заклепочными головками, а во второмъ—на заклепочныя головки и т. д.

Для опредѣленія прогиба графическимъ путемъ, прикрѣпляютъ къ фермѣ, гдѣ либо по срединѣ пролета, листъ бумаги или, лучше аспидную доску; затѣмъ, на специально для сего забитыхъ сваяхъ или на сваяхъ, оставшихся послѣ сборки фермъ, укрѣпляютъ въ вертикальномъ положеніи рейку (сѣченія не менѣе  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$  д.), конецъ которой доходитъ до аспидной доски. На концѣ рейки (черт. 651) привинчиваютъ стальную полосу

съ остріемъ, постоянно нажимающимъ на доску. При нагрузкѣ ферма прогибается, а вмѣстѣ съ нею опускается и аспидная доска, причемъ остріе очерчиваетъ черту.

Для опредѣленія бокового колебанія верхняго пояса, прикрѣпляютъ къ нему струбцинками аспидную доску и на особыхъ сваяхъ устанавливаютъ двѣ рейки (черт. 652) такъ, чтобъ онѣ не касались фермы; рейки по всей высотѣ раскошены и вверху соединены поперечной планкой съ отверстіемъ, въ которое вставляется стержень заклепки, снабженной на концѣ остріемъ. Заклепка таковой длины, что головка ея не касается поперечной планки. Одновременно съ прогибомъ фермы, заклепка подъ вліяніемъ собственнаго вѣса опускается и, постоянно нажимая на аспидную доску, при боковомъ колебаніи фермы, очерчиваетъ на доскѣ поперечную черту.

Указанный графическій приемъ опредѣленія прогиба представляетъ тотъ недостатокъ, что необходимо имѣть по серединѣ пролета какую либо независимую отъ фермъ опору, къ которой можно было бы прикрѣпить рейку. При первоначальномъ испытаніи это неудобство не такъ ощутительно, такъ какъ всегда имѣются сваи, оставшіяся отъ подмостей. Впослѣдствіи же, при повторительныхъ испытаніяхъ, это условіе трудно выполнимо, особенно при высокихъ мостахъ и глубокихъ рѣкахъ. Въ этихъ случаяхъ приборъ Френкеля имѣетъ весьма большое преимущество, такъ какъ въ немъ неподвижная опора замѣняется особымъ грузомъ, опущеннымъ на дно рѣки и соединеннымъ съ приборомъ туго натянутой проволокой.

На черт. 653 и 654 изображенъ этотъ приборъ, прикрѣпляемый къ фермѣ. На дно рѣки опускаютъ грузъ  $Q$  (черт. 653), поддерживая его при погруженіи двумя веревками; къ тому же грузу привязана проволока, которая, огибая малый шкивъ ( $A$ ) (черт. 654), насаженный на ось ( $o$ ) на рамѣ прибора, — прикрѣпляется къ блоку  $B$ . Вращая рукоятку оси блока  $B$ , — можно придать проволокѣ какую угодно натянутость. На ось ( $o$ ) насаженъ еще другой, большой шкивъ ( $A'$ ), съ прикрѣпленною къ нему проволокой ( $n$ ); другой конецъ ея закрѣпленъ на блокѣ ( $C$ ), снабженномъ сильной спиральной пружинной, которая стремится повернуть блокъ въ сторону, показанную на чертежѣ стрѣлкою.

За эту проволоку ( $n$ ) зацѣпляется крючкомъ металлическая пластинка ( $D$ ), могущая перемѣщаться на роликахъ по стержню  $E$ , прикрѣпленному къ рамѣ прибора. Въ той же рамѣ могутъ вращаться три валика, приводимые въ движеніе часовымъ механизмомъ. По валикамъ передвигается бумажная лента, подобно тому, какъ въ телеграфныхъ аппаратахъ; вдоль одного изъ краевъ ея заранѣе проводится прямая, непрерывная черта. Пластинка ( $D$ ) съ внутренней стороны, обращенной

къ бумажной лентѣ, имѣеть на концѣ втулку съ карандашемъ, который касается ленты. При началѣ испытанія, прежде всего туго натягиваютъ проволоку, соединенную съ грузомъ, опущеннымъ на дно рѣжки; затѣмъ устанавливаютъ пластинку ( $D$ ) такъ, чтобы остріе карандаша касалось прочерченной на лентѣ линіи, и незадолго до нагрузки моста пускаютъ въ дѣйствіе часовой механизмъ. При прогибѣ фермы и при опусканіи вмѣстѣ съ нею прибора, натянутость проволоки, соединяющей приборъ съ грузомъ, ослабѣваетъ, вслѣдствіе чего спиральная пружина блока ( $C$ ) получаетъ возможность повернуть шкивъ ( $A'$ ). Свивающаяся при этомъ со шкива ( $A'$ ) проволока ( $n$ ) увлекаетъ за собой пластинку ( $D$ ), карандашъ которой чертитъ на лентѣ діаграмму такого вида, какъ показано на черт. 655, и представляющую величину прогиба фермы во время прохода поѣзда. Если діаметръ шкива ( $A'$ ) вдвое болѣе діаметра шкива ( $A$ ), то ординаты кривой на діаграммѣ представятъ увеличенную вдвое величину прогиба.

Всѣми указанными выше приёмами и приборами опредѣляется величина прогиба фермы, т. е. оцѣнивается только качество сборки и склепки, но при этомъ не получается никакихъ указаній о величинѣ напряженія, которому подвергается какая либо часть мостовой фермы. Слѣдующіе приборы служатъ для послѣдней цѣли.

На черт. 656 показанъ приборъ Дюпои, состоящій изъ длиннаго рычага  $AB$ , который соединенъ на одномъ концѣ шарниромъ съ короткимъ плечомъ рычага  $BK$ , имѣющаго ось вращения въ  $C$ . Конецъ длиннаго плеча рычага  $BK$ , обдѣланный стрѣлкою, движется по циферблату съ дѣлѣніями. Приборъ прикрѣпляется въ точкахъ ( $A$ ) и ( $C$ ) нажимными винтами къ испытываемой части ( $MN$ ) мостовой фермы. При нагрузкѣ фермы, часть ( $MN$ ), а вмѣстѣ съ нею и разстояніе ( $AC$ ) удлинняется или сжимается, и величина этого измѣненія показывается на циферблатѣ увеличенною во столько разъ, во сколько плечо ( $CK$ ) болѣе плеча ( $CB$ ) (въ приборѣ Дюпои это отношеніе было 20). Если площадь сѣченія испытываемой части— $\omega$ , коэффициентъ упругости— $E$ , длина  $AC = L$ , наблюдаемое удлиненіе или укорачиваніе— $\lambda$ , то искомое напряженіе:

$$P = E \cdot \omega \cdot \frac{\lambda}{L}.$$

На черт. 657 изображенъ приборъ Манэ, употребляемый для той же цѣли. Онъ состоитъ изъ круглой коробки и изъ желѣзнаго стержня длиною въ 1 метръ, верхній конецъ котораго пропущенъ въ коробку, а нижній, снабженный винтовой нарѣзкой, входитъ въ гайку. Коробка и гайка плотно привинчиваются къ данной части фермы. Въ коробкѣ три стрѣлки, которыя при началѣ испытанія взаимно покрываютъ одна дру-

гую и устанавливаются на нулевомъ дѣленіи. Стрѣлку  $a$ —устанавливаютъ нижней гайкой, а  $b_1$  и  $b_2$ —рукою. Отъ дѣйствія какого либо усилія на испытываемую часть фермы стержень удлиняется или укорачивается, а вмѣстѣ съ тѣмъ вращается стрѣлка ( $a$ ), которая шпилькомъ ( $c$ ) отклоняетъ стрѣлку ( $b_1$ ) или ( $b_2$ ), смотря по тому — удлиняется или укорачивается стержень. По окончаніи дѣйствія усилія, стрѣлка ( $a$ ) вновь занимаетъ первоначальное положеніе, а стрѣлки ( $b_1$ ) и ( $b_2$ ) остаются отклоненными, показывая значенія наибольшихъ вытягивающихъ или сжимающихъ усилій. Изобрѣтатель составилъ для своего прибора особую таблицу, помощью которой по данному отклоненію стрѣлки опредѣляется величина усилія.

Наиболѣе, однако, совершененъ приборъ Френкеля, построенный по тому же принципу, какъ приборъ Дюшон. Удлиненіе испытываемой части, благодаря цѣлой серіи неравноплечихъ рычаговъ, проявляется въ увеличенномъ въ 200 разъ масштабѣ; конецъ послѣдняго рычага снабженъ остриемъ, которое чертитъ діаграмму на бумажной лентѣ, приводимой въ движеніе часовымъ механизмомъ.

#### Осмотръ и содержаніе желѣзныхъ мостовъ.

Для болѣе удобнаго осмотра фермъ и для мелкаго ремонта пользуются иногда особой подвижной платформой (люлькой), подвѣшенной съ верхней стороны фермъ къ рамѣ, снабженной колесами и способной перемѣщаться вдоль фермы по рельсамъ, которые прикрѣплены къ горизонтальнымъ листамъ верхнихъ поясовъ.

Особое вниманіе должно быть обращено на появленіе ржавчины, развѣдающей желѣзо, такъ какъ отъ этого происходитъ уменьшеніе полезнаго сѣченія. Ржавчина скорѣе всего обнаруживается при свѣтлой краскѣ, въ видѣ желтоватыхъ пятенъ: она должна быть счищена металлическими щетками, послѣ чего это мѣсто вновь покрываютъ краской. Полное же возобновленіе окраски слѣдуетъ предпринять только тогда, когда верхній слой ея потрескается во многихъ мѣстахъ; обыкновенно окраска возобновляется чрезъ каждые 3—4 года.

Осмотръ заклепокъ не менѣе важенъ. Слабо сидяція заклепки должны быть немедленно переклепаны. Если подобныя заклепки встрѣчаются по всей фермѣ, то это указываетъ, что онѣ вначалѣ не были посажены достаточно плотно и распатались отъ ударовъ и сотрясеній; если же безжалкія заклепки постоянно появляются только въ опредѣленныхъ мѣстахъ фермы, то это служитъ признакомъ, что эти заклепки перенапряжены, работаютъ на изгибъ, и подобное сопряженіе должно быть усилено.

Затѣмъ, необходимо обращать вниманіе, нѣтъ ли постояннаго удлиненія, искривленія частей, бокового выпучиванія и пр., что является



слѣдствіемъ напряженія за предѣлы упругости или недостаточной жесткости фермы. Чтобы судить объ излишнемъ напряженіи частей, необходимо пользоваться приборами Дюшои, Френкеля и т. п.

Періодическое испытаніе мостовыхъ фермъ нагрузкою, съ опредѣленіемъ при этомъ прогиба, если и не можетъ дать указаній о перенапряженіи частей фермы, то, во всякомъ случаѣ, оно полезно, такъ какъ позволяетъ судить объ общемъ состояніи мостовой фермы. Если напр. упругій и постоянный прогибы начнутъ увеличиваться, то это указываетъ уже, что заклепки ослабли или произошла деформация фермъ.

—↔— К О Н Е Ц Ъ . —↔—

## Добавленіе къ главѣ IX.

Штольни и прорѣзы въ насыпи для устройства каменныхъ трубъ. Примѣръ замѣны деревяннаго моста каменной трубой.

Нерѣдко оказывается необходимымъ замѣнять поврежденныя чугунныя трубы чугунными же или каменными. Если насыпь невысокая, то наиболѣе рациональнымъ приемомъ слѣдуетъ признать устройство обходнаго пути, что позволяетъ разрыть коренную насыпь и вести работы такъ же, какъ на открытомъ мѣстѣ.

При высокихъ насыпяхъ подобный приемъ требуетъ однако значительныхъ затратъ, связанныхъ съ устройствомъ обходнаго пути; въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ прорытію штольни въ подошвѣ насыпи (вблизи поврежденной трубы), или насыпь прорѣзываютъ во всю высоту ея, поддерживая вертикальныя стѣнки крѣпями и перекидываютъ временной мостъ съ одной стороны прорѣза на другую.

Штольня устраивается такихъ размѣровъ и очертанія, чтобы она соответствовала полной профилю трубы съ известнымъ запасомъ. Внутренность штольни обдѣлывается деревянными крѣпями, причемъ стѣнки и крышка (потолокъ) состоятъ изъ сплошного ряда 6—8 вершк. брусевъ. Вблизи выходныхъ концовъ трубы, до отмѣтки откоса насыпи въ 3—4 саж., штольня замѣняется открытыми прорѣзами. Работа по прорытію штольни производится обыкновенно съ обоихъ концовъ; каменная же кладка ведется, наоборотъ, отъ середины трубы къ концамъ.

Если размѣры штольни не превышаютъ 3 саж. въ ширину и въ высоту, тогда приступаютъ къ каменной кладкѣ не ранѣе того, какъ прорыта полная профиль штольни. При болѣе же значительныхъ поперечныхъ размѣрахъ штольня устраивается въ нѣсколько приемовъ, чередуя каменную кладку съ земляными работами. Въ этомъ случаѣ прорываютъ сначала часть штольни, соответствующую средней части общаго фундамента трубы, выводятъ въ ней кладку, расширяютъ штольню въ обѣ стороны, устанавливаютъ крѣпни и заканчиваютъ фундаменты до проектной ширины; послѣ этого закладываютъ штольни для устройства стѣнокъ трубы, по возведеніи которыхъ прорываютъ верхнюю штольню для свода (Моск.-Курск. ж. д.).

По окончаніи каменной кладки необходимо удалить части деревянной обдѣлки и образовавшіяся пустоты забить глиной, что, къ сожалѣнію, не всегда представляется возможнымъ исполнить.

На черт. 667 подъ №№ 1, 2, 3, 4, 5 и 6 показанъ примѣнявшійся на Уральской ж. д. послѣдовательный ходъ работъ по прорытію штольни для каменной трубы отв. 0,50 саж. По окончаніи устройства крѣпей концевыхъ прорѣзовъ приступили къ прорытію штольни. Сначала была открыта на незначительное протяженіе боковая часть для помѣщенія стоекъ и верхнихъ наклонныхъ стропиль (№ 1) и подперть конекъ (№ 2); продолжая разрывать оставленную часть земляного массива, замѣняли подпорную стойку болѣе высокой и ставили наклонныя подпорки (№ 3), упирая ихъ въ брусья, расположенныя нормально къ направленію стропиль. При дальнѣйшемъ производствѣ работъ, подпирали конекъ во всю высоту штольни (№№ 4 и 5), ставили рядомъ съ нею двѣ короткія стойки, которыя перекрывались насадкой, и упирали въ нихъ наклонныя подпорки, снабженныя клиньями. Затѣмъ чрезъ каждыя 0,50 саж. ставили рамы (№ 6) пзъ короткихъ кругляковъ, располагая ихъ между продольными брусьями, и въ заключеніе укладывали рельсовый путь, по которому перемѣщались вагонетки съ землею.

На черт. 668 подъ №№ *A, B, C, D, E* и *F* показанъ постепенный ходъ производства каменной кладки, причемъ, по мѣрѣ приближенія къ кладкѣ свода, внутреннія стойки замѣнялись послѣдовательно подкосами (*c*) и стойками (*D*), упоравшимися въ каменную кладку. Каменный матеріалъ подвозился въ тѣхъ же вагонеткахъ.

На черт. 669 представлены деревянныя крѣпи, примѣненныя на Фастовской ж. д. при прорѣзѣ насыпи высотой 6,80 саж. для устройства каменной трубы отв. 1,00 саж. Вертикальныя стѣнки прорѣза, имѣвшаго ширину въ 2,20 с., поддерживались шпунтовыми 1½ вершк. досками, распертыми во всю высоту прорѣза жесткими рамами.

Забивъ верхній рядъ шпунтовыхъ досокъ (длина досокъ каждаго ряда около 1 саж.), помѣщали прогоны *B*, поддерживаемые временными подпорками, которые по мѣрѣ выемки земли постепенно перемѣщались до тѣхъ поръ, пока не получалась глубина, соответствующая стойкѣ *C*. Затѣмъ ставили второй рядъ прогоновъ *B*, помѣщая рядомъ пластины *F*, которыя временно отжимались клиньями отъ прогона *B*, и въ образовавшійся промежутокъ забивали второй рядъ шпунтовыхъ досокъ и т. д. По мѣрѣ углубленія ставились распорныя жесткія рамы, вертикальныя *C* изъ 5 вер. и горизонтальныя *D* изъ 6 вер. лѣса, съ приведеніемъ всего въ неизмѣняемую систему. Въ верхней части прорѣза распорныя рамы упирались въ особыя сваи (*A*) изъ 6 вер. лѣса, забитыя для приданія большей жесткости верхнимъ крѣпямъ. Прогонъ, поддерживавшіе путь,

опирались непосредственно на насыпь при помощи сплошного ряда 3 вер. пластинъ (*H*), такъ что прогоны были совершенно изолированы отъ крѣпей. Послѣ устройства трубы, при обратной засыпкѣ прорѣза, всѣ деревянныя части были вынуты, за исключеніемъ шпунтовыхъ досокъ. Работа обошлась въ 6.000 руб.

На черт. 670 подь №№ 1, 2, 3 и 4 изображенъ постепенный ходъ разборки деревяннаго моста (на Уральск. ж. д.), при замѣнѣ его каменной трубой. Сначала выведены были между опорами моста обѣ стѣнки трубы до высоты пять свода. Поставивъ на стѣнки временныя опоры и подведя подь прогонъ ригель съ подкосами, разобрали опору, которая препятствовала кладкѣ свода. Затѣмъ подвезли поѣздами землю для засыпки оврага съ моста. Послѣ того, какъ насыпь была доведена до верху и достаточно слежалась, разобрали прогоны моста и уложили путь на земляномъ полотнѣ.

На черт. 662, 664, 665 и 666 изображены самолеты, о которыхъ упоминается на стр. 22—24 текста.

