

Л. Николаи.

# МОСТЫ.

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО,

СОСТАВЛЕННОЕ ПРИМѢНИТЕЛЬНО КЪ ПРОГРАММѢ ДЛЯ ИСПЫТАНІЯ

НА ЗВАНІЕ ТЕХНИКА ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

СЪ АТЛАСОМЪ ВЪ 70 ЛИСТОВЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

Издание. 3-е.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

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

1901.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	стр.
<b>Глава I. Общія понятія о мостахъ . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>Глава II. Мѣстныя данныя для составленія проекта моста . . . . .</b>	<b>13</b>
Опредѣленіе расхода воды большихъ рѣкъ . . . . .	14
Опредѣленіе расхода воды малыхъ ручейковъ и въ долинахъ средней величины, въ зависимости отъ ливней . . . . .	23
<b>Глава III. Общія данныя для составленія проекта моста . . . . .</b>	<b>29</b>
Продольный и поперечный уклоны мостового полотна . . . . .	31
Возвышеніе полотна проезжей части надъ горизонтомъ высокихъ водъ . . . . .	32
Собственный вѣсъ пролетныхъ частей моста . . . . .	33
Подвижная нагрузка для мостовъ подъ обыкновенную дорогу . . . . .	38
Подвижная нагрузка для желѣзнодорожныхъ мостовъ . . . . .	40
Допускаемая напряженія матеріала . . . . .	42
<b>Глава IV. Каменные опоры . . . . .</b>	<b>48</b>
Промежуточные опоры (быки) . . . . .	58
Ледорѣзы . . . . .	60
Эмпирическія данныя для опредѣленія размѣровъ быковъ . . . . .	62
<b>Глава V. Производство работъ по устройству каменныхъ опоръ . . . . .</b>	<b>64</b>
Разбивка работъ . . . . .	64
Заготовленіе матеріаловъ; обмѣръ и пріемка . . . . .	69
Перемѣщеніе матеріала на мѣста работъ. — Лѣса. — Телѣныя бараки. — Распредѣленіе работъ по временамъ года. — Временныя вспомогательныя сооруженія . . . . .	74
Бутовая, кирпичная и бетонная кладка . . . . .	79
Облицовка камнемъ. — Размѣры и кладка камней. — Проверка правильности кладки. — Расшивка. — Кирпичная облицовка. — Бетонная облицовка. — Разрѣзка облицовочныхъ камней въ опорахъ и въ ледорѣзахъ . . . . .	83
<b>Глава VI. Деревянные опоры . . . . .</b>	<b>89</b>
Устой изъ ступевъ и свай. — Ряжевые устои. — Сжимы . . . . .	89
Быки. — Свайныя опоры съ цѣльными или сращенными стойками. — Разстояніе между сваями. — Различныя типы врубокъ. — Схватки поперечныя, продольныя и діагональныя. — Раскосы. — Шарныя и трой-	

	сти.
ния сваи.—Многоярусныя опоры.—Детали соединенія стоекъ съ на- садками.—Раскосныя опоры.—Детали соединенія раскосовъ съ реб- рами.—Способы прикрѣпленія къ каменной кладкѣ . . . . .	91
Многоярусныя опоры . . . . .	97
Раскосныя опоры . . . . .	99
Ряжевыя промежуточныя опоры . . . . .	100
Деревянные ледорѣзы . . . . .	100
Производство работъ по устройству деревянныхъ опоръ . . . . .	102
<b>Глава VII. Металлическія опоры.</b> . . . .	107
Металлическія стойки . . . . .	107
Металлическія сваи . . . . .	108
Трубчатыя опоры . . . . .	112
Раскосныя опоры на каменномъ фундаментѣ . . . . .	124
<b>Глава VIII. Каменные пролетныя части</b> . . . . .	129
Названія различныхъ частей свода.—Направляющія кривыя . . . . .	129
Трубы.—Общій фундамент.—Разрѣзка трубы на отдѣльныя звенья.— Дрепавжъ.—Различные способы сопряженія головы трубы съ па- сышью.—Трубы на крутыхъ носогорахъ съ непрерывнымъ укло- номъ и съ уступами.—Косыя трубы.—Эмпирическія данныя для опредѣленія поперечнаго размѣра трубъ . . . . .	131
Каменные пролетныя части мостовъ подъ обыкновенную и желѣзную дороги.—Общія соображенія.—Своды изъ камня.—Свинцовыя про- кладки.—Кирпичные и бетонные своды . . . . .	135
Надсводная стѣнка.—Забутка.—Поперечныя и продольныя галлерей въ пазухахъ свода.—Смазка.—Отводъ воды.—Карнизъ.—Устрой- ство профъзней части.—Перпла . . . . .	139
Судоходные мосты.—Акведуки.—Виадуки.—Косые мосты.—Эмпири- ческія формулы для опредѣленія толщины свода въ ключѣ . . . . .	142
<b>Глава IX. Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей</b> . . . . .	145
Начертаніе различныхъ направляющихъ кривыхъ свода.—Начертаніе кривой ливня для кружалъ . . . . .	145
Устройство кружалъ.—Кружалныя ребра.—Опалубка.—Кружала съ постоянною частью.—Упругія кружала.—Общія заключенія отно- сительно устройства кружалъ . . . . .	151
Установка кружалъ.—Перемѣщеніе матеріала.—Кладка свода.—Раз- рѣзка; приготовленіе клиньевъ.—Раскружаливаніе . . . . .	154
<b>Глава X. Деревянные пролетныя части</b> . . . . .	171
Устройство профъзней части въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу . . . . .	171
Устройство профъзней части въ мостахъ подъ желѣзную дорогу . . . . .	180
Перпла . . . . .	184
Фермы моста (главные прогоны).—Валочныя фермы изъ сплошныхъ брусевъ.—а) Простыя балочныя прогоны.—Разстояніе между прогонами.—Расположеніе прогоновъ на крайнихъ опорахъ.—Со- пряженіе мостового полотна съ полотномъ дороги.—Расположеніе прогоновъ на промежуточныхъ опорахъ . . . . .	187

Балочная ферма съ подбалкой. — Значение подбалокъ. — Различные виды подбалокъ. — Соприжение подкоса съ подбалкой и съ каменной и деревянной опорами. — Двойная и тройная подбалки. — Размеры подбалокъ . . . . .	190
Балочные составные прогоны. — Соединение помощью зубьевъ. — Соединение шпонами. — Размеры шпенокъ. — Горизонтальные и вертикальные связи между прогонами . . . . .	193
Подкосные фермы (съ распоромъ прямого направленія) . . . . .	196
Подвѣсныя фермы . . . . .	202
<b>Глава XI. Деревянные пролетныя части . . . . .</b>	<b>205</b>
Общее описание фермъ системы Гау. — Большая и малая панель. — Прямые и обратные раскосы. — Опорныя стойки. — Подушки и ихъ очертаніе. — Стыжные болты . . . . .	205
Досчатые пояса. — Размеры досокъ. — Различные способы размѣщенія стыковъ. — Примѣненіе горизонтальныхъ и вертикальныхъ шпенокъ для перекрытія стыковъ. — Брусчатые пояса. — Перекрытіе стыковъ металлическими накладками . . . . .	208
Различный составъ фермъ. — Крышки надъ поясами. — Обшивка фермъ во всю высоту . . . . .	212
Расположеніе и устройство проезжей части въ мостахъ съ ъздой по верху, по низу и по середнѣ. — Горизонтальные и вертикальныя связи. — Детальное ихъ устройство. — Наружныя консоли, замѣняющія вертикальныя связи въ мостахъ съ ъздой по низу . . . . .	212
Ферма Тауна. — Простая и двойная ферма. — Устройство рѣшетки и поясовъ. — Нагели . . . . .	217
Арочныя фермы. — Раздѣленіе на подкосныя и подвѣсныя арочныя фермы. — Главныя части арочной фермы: арка, прогоны, висячія схватки и подвѣски. — Брусчатая и досчатая арка. — Связи между фермами. — Сопряженіе фермы съ опорами. — Подвѣсная арочная ферма . . . . .	218
Качество лѣса. — Обдѣлка лѣса. — Установка балочныхъ и подкосныхъ фермъ. — Описание сборки фермъ системы Гау: платформа; лѣса; растерчиваніе на платформѣ; приготовленіе паблоновъ; обдѣлка отдѣльныхъ частей (брусковъ) по шаблонамъ; подъемъ частей фермы; установка набоекъ; сборка подбалокъ и частей пояса; вѣзба подушекъ; установка горизонтальныхъ связей, раскосовъ и стержней главныхъ фермъ и вертикальныхъ поперечныхъ связей . . . . .	229
Приготовленіе косяковъ для фермъ арочной системы: вышляиваніемъ, сгибаніемъ въ горизонтальной и въ вертикальной плоскости. — Сборка досчатыхъ арочныхъ фермъ. — Предохраненіе отъ гніенія. — Данныя о долговѣчности деревянныхъ пролетныхъ частей. — Ремонтъ фермъ системы Гау . . . . .	243
<b>Глава XII. Металлическія пролетныя части . . . . .</b>	<b>250</b>
Общія замѣчанія о числѣ и взаимномъ разстояніи главныхъ фермъ, объ устройствѣ проезжей части и о связяхъ . . . . .	250
Устройство проезжей части. — Мостовое полотно въ мостахъ подъ желѣзную дорогу. — Шпалы. — Лежни . . . . .	255

Чугунныя и желѣзныя трубы.—Трубы изъ чугунныхъ сводовъ, опирающихся на каменныя стѣны.—Цилиндрическія круглыя трубы; длина звеньевъ; реборды; перекрытіе стыковъ.—Устройство основанія. — Заплата погнувшихся звеньевъ. — Желѣзныя цилиндрическія трубы . . . . .	327
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 сопряженія съ фермами.— Опорныя подушки . . . . .	331
Краткое описаніе Николаевского моста . . . . .	334
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 . . . . .	337
Краткое описаніе Александровскаго моста . . . . .	342
Краткое описаніе Опортскаго моста . . . . .	348
Металлическія пролетныя части съ распоромъ обратнаго направленія или висачія фермы . . . . .	349
Устройство цѣпей и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ . . . . .	353
Устройство металлическихъ канатовъ и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ . . . . .	354
Сопряженіе подвѣсокъ съ поперечницами . . . . .	357
Проведеніе цѣпей надъ опорами . . . . .	357
Закрѣпленіе цѣпей . . . . .	358
Опоры . . . . .	360
Мѣры, уменьшающія качку мостового полотна. — Горизонтальныя связи . . . . .	362
Краткое описаніе Николаевского висачаго моста въ Кіевѣ . . . . .	363
Краткое описаніе моста чрезъ рѣку Великую въ г. Островѣ . . . . .	364
<b>Глава XIV. Производство работъ по сборкѣ, склепкѣ и установкѣ на мѣсто металлическихъ мостовыхъ фермъ . . . . .</b>	<b>368</b>
Главнѣйшія свойства чугуна, желѣза и стали . . . . .	368
Приготовленіе плоскаго и углового мостового желѣза и заклепокъ . . . . .	378
Требованія качества отъ мостового желѣза. — Испытаніе желѣза . . . . .	381
Очистка матеріала. — Плавировка листовъ и спрямленіе уголковъ и тавровъ.—Сгибаніе по данному шаблону. — Обрѣзка, отдѣлка кромокъ и градей. — Намѣтка заклепочныхъ отверстій на листахъ и угольникахъ . . . . .	384
Продавливаніе и провертываніе заклепочныхъ отверстій . . . . .	388
Предварительная сборка въ мастерскихъ. — Склепка — машинная и ручная . . . . .	391
Загрунтовка и окраска . . . . .	396
Установка мостовыхъ фермъ. Общія соображенія объ устройствѣ под-	

### VIII

	стр.
мостей, объ орудіяхъ и приспособленіяхъ и о сборкѣ фермъ и металлическихъ опоръ . . . . .	397
Примѣръ установки и сборки фермъ балочной системы на постоянныхъ подмостяхъ . . . . .	402
Установка на мѣсто склепанныхъ фермъ, пользуясь подвозкой на платформахъ . . . . .	407
Установка фермъ помощью поперечныхъ . . . . .	408
Накатка фермъ . . . . .	413
Поперечная накатка фермъ . . . . .	417
Поднятіе склепанныхъ фермъ на опоры . . . . .	420
Сборка фермъ безъ подмостей . . . . .	422
Сборка и установка арочныхъ фермъ . . . . .	423
Сборка и установка висящихъ фермъ . . . . .	425
Замѣна мостовыхъ фермъ однихъ другими . . . . .	431
Усиленіе нѣкоторыхъ составныхъ частей фермъ . . . . .	433
Испытаніе мостовыхъ фермъ.— Опредѣленіе прогиба фермъ.— Опредѣленіе величины напряженія въ различныхъ частяхъ фермы . . . . .	435
Осмотръ и содержаніе желѣзныхъ мостовъ . . . . .	439
<b>Добавленіе къ главѣ IX . . . . .</b>	<b>441</b>
Штольни и прорѣзы въ насыпи для устройства каменныхъ трубъ.— Примѣръ замѣны деревяннаго моста каменной трубой . . . . .	441



## I.

### Общія понятія о мостахъ.

Мостоуи вообще называются сооружеія, служація для проведеія дороги, водопровода или канала: надъ рѣкой, оврагомъ, желѣзной или обыкновенной дорогой.

Мосты, построенные надъ суходоломъ, оврагомъ, желѣзной или обыкновенной дорогой, называются *путепроводими* или *виадуками*. Они отличаются отъ мостовъ надъ рѣками тѣмъ, что не имѣютъ подводныхъ частей. Мосты, устроенные для проведения по нимъ воды, называются *водопроводными* мостоуи или *акведуками*; *судоходные* мосты это такіе акведуки, по которымъ могутъ проходить суда.

Мостовыя сооружеія, 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 \*).

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 *пролѣзней 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.

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

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

---

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

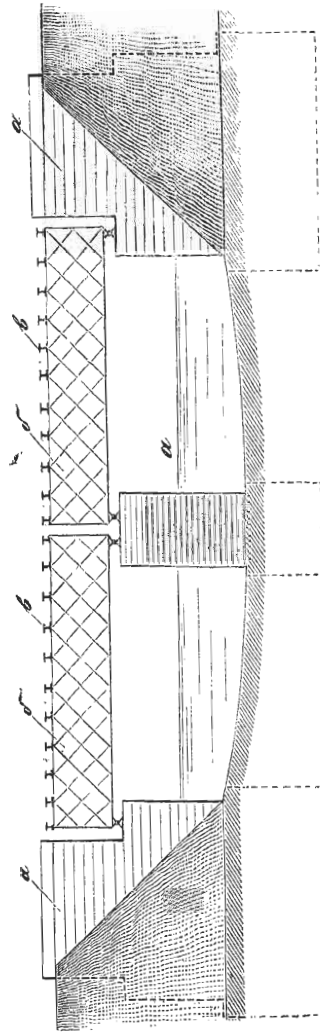


Рис. 1.

*Подвижные*, сообщение по которым в известные времена прерывается \*). Они часто устраиваются при постоянных мостах и тогда мосты эти носят название *постоянных с разводною частью*. В подвижных мостах опоры или постоянныя, при чем пролетная часть устраивается такимъ образомъ, что, смотря по надобности, можно открывать пространство между опорами, или же опоры и пролетныя части — подвижныя.

Къ *первой* группѣ подвижныхъ мостовъ относятся между прочимъ:

а) *Раздвижные*, открывающіеся движениемъ по осимоста (черт. 1). Мостъ надвигается на берегъ, опираясь во время движениа на катки; поступательное движение 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 половинны.

б) *Поворотные*, открывающіеся вращениемъ около вертикальной

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



оси, находящейся в 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 полотень шлюзныхъ воротъ, вращаясь около дѣйствительно существующей вертикальной оси. Каждая ферма имѣетъ отдѣльную ось вращения и можетъ состоять изъ одного или двухъ полотень (рис. 2). Фермы связаны между собою параллельными поперечинами; 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 вращения. Къ одной изъ фермъ прикрѣпленъ горизонтальный зубчатый секторъ; на устоѣ устанавливается горизонтальное зубчатое колесо, зацѣпляющееся за зубцы сектора.

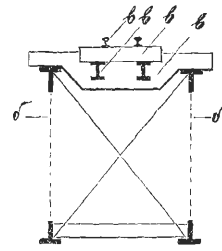


Рис. 2.

Собственно поворотные мосты отличаются отъ предыдущихъ вращеніемъ около нѣкоторой точки при сохраненіи горизонтальнаго положенія мостового полотна, такъ что здѣсь вращеніе про-

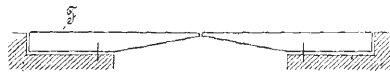


Рис. 3.

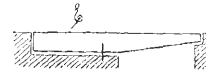


Рис. 4.

исходить около нѣкоторой воображаемой вертикальной оси. По отношенію мѣста расположенія точки или пяты вращения могутъ быть четыре случая:

- а) двѣ точки вращения, по одной на опорѣ — *однорукавный и двуполотный* мостъ (рис. 3);
- б) одна точка вращения на одной изъ опоръ — *однорукавный и однополотный* мостъ (рис. 4);
- в) одна точка вращения на опорѣ, помѣщенной по срединѣ между двумя смежными опорамъ — *двухрукавный симметричный* мостъ (рис. 5).
- г) одна точка вращения на опорѣ, неодинаково удаленной отъ смежныхъ опоръ — *двухрукавный несимметричный* мостъ (рис. 6).

Пята вращения бывает 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. Въ отношеніи устройства пяты вращения поворотные мосты могутъ быть раздѣлены на три группы: а) съ катками и съ неподвижной пятой вращения, непринимавшей или принимающей на себя

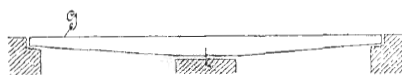


Рис. 5.

только часть груза моста, б) безъ катковъ и съ неподвижной пятой, на которую передается весь грузъ моста во время вращения. Если и бываютъ катки, то они служатъ для уничтоженія бокового качанія моста во время вращения, в) безъ катковъ и съ подвижной пятой, принимающей на себя полный грузъ моста во время вращения.

д) *Подъемные*, съ осью вращения въ плоскости горизонтальной. На рисункѣ 4-мъ показанъ подъемный мостъ, открываемый при помощи



Рис. 6.

шлагбаума съ цѣпями: противовѣсъ такъ рассчитанъ, что достаточно незначительнаго усилія человѣка для подъема полотна.

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

а) *Плотовые*, когда опорами служатъ плоты. На чертежѣ 5-мъ показаны плотовыя опоры, состоящія изъ двухъ или болѣе рядовъ бревенъ, связанныхъ веревками, какъ между собою, такъ и съ поперечными брусками. На этихъ брускахъ расположено вдоль плота нѣсколько продольныхъ брусевъ, а на эти послѣдніе кладутъ уже прогоны моста. Въ стыкахъ бревна располагаются одно возлѣ другого и связываются веревками для лучшаго сопротивленія волненію. Сосѣдніе плоты соединяются накрестъ расположенными веревками.

и б) *Плшкоутные* съ опорами на плшкоутахъ, т. е. на плоскодонныхъ баркахъ. На чертежѣ 6-мъ показано устройство такой опоры. Плшкоуть состоитъ изъ ряда сплошь уложенныхъ (большею частью) поперечныхъ брусевъ *a*, связанныхъ продольными схватками *e*: боковыя стѣнки состоятъ изъ стоекъ *b*, впущенныхъ шипомъ въ концы поперечинъ *a*, размѣщенныхъ на разстояніи  $2'$ . Для связи этихъ стоекъ съ горизонтальными брусьями *a* служатъ колѣчатые бруски *c* съ прокладками *d*. Всѣ схватки стянуты болтами; съ боковъ и снизу сдѣлана досчатая обшивка; въ схватки *e* врублены стойки *g* на разстояніи  $10'$  одна отъ другой; стойки служатъ для поддержанія пролетной части. При измѣнчивости горизонта воды соединеніе полотна моста съ дорожнымъ полотномъ достигается при помощи щита, способнаго вращаться около горизонтальной оси (черт. 7).

Къ мостамъ причисляются еще такъ называемые *летучіе мосты* или паромы. Они характеризуются присутствіемъ особаго приспособленія, «направляющаго» движеніе судна. По роду устройства этого приспособленія они могутъ быть раздѣлены на три категоріи, причемъ движеніе судна удерживается въ извѣстномъ направленіи: а) канатомъ, перекинутымъ поперекъ рѣки; б) цѣпью, навиваемою на ось барабана, помѣщеннаго на суднѣ на подобіе тузуровъ, и в) устройствомъ по дну рѣки рельсоваго пути, по которому движется высокая платформа, приводимая въ движеніе канатомъ и постоянной паровой машиной, установленной на берегу.

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

II. По роду движенія слѣдуетъ различать:

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

III. 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.

2) *Каменные мосты* представляют передь другими то преимущество, что они долговѣчны. Матеріаль для ихъ постройки находится почти 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.

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

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

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

Опоры металлическихъ мостовъ обыкновенно каменные или металлические.

Выборъ того или другого рода матеріала для устройства пролетной части моста обусловливается 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.

IV. *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

(рис. 7); ко второму классу относятся подкосные и арочные фермы (рис. 8), и къ третьему — висячія фермы (рис. 9), причемъ въ двухъ послѣднихъ случаяхъ проявляется горизонтальный распоръ.



Рис. 7.

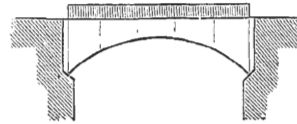


Рис. 8.

Отъ соединенія типа (рис. 7) съ (рис. 8) или съ (рис. 9), или отъ соединенія (рис. 8) съ (рис. 9) получатся фермы, въ которыхъ горизонтальный распоръ уничтожается или присутвіемъ горизонтальной балки или потому, что (какъ напримѣръ отъ соединенія (рис. 8) и (рис. 9)) оба распора равны и прямо противоположны, а потому и уничтожаются взаимно. Такимъ образомъ подобныя соединенія системъ слѣдуетъ также причислять къ первому классу.

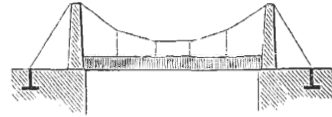


Рис. 9.

Перечислимъ главнѣйшія системы каждаго изъ трехъ классовъ:

1. Фермы, не производящія горизонтальнаго распора.

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

В) Шпренгелная ферма, состоящая изъ балокъ, подпертыхъ между опорами въ одномъ или въ нѣсколькихъ мѣстахъ стой-

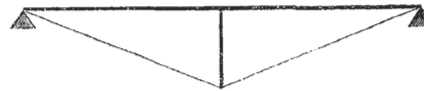


Рис. 10.

ками, которыя поддержаны струнами, прикрѣпленными къ нижнимъ концамъ стоекъ и къ поясу (рис. 10 и рис. 11).

С) Подвѣсная ферма или обратная шпренгелная ферма. Балка поддерживается въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ подвѣсками, верхніе концы которыхъ подпираются или одними раскосами, врубленными въ поясъ надъ опорами, или же раскосами и ригелемъ (рис. 12).

Д) *Трубчатая ферма*, состоящая из длинных сплошных металлических горизонтальных труб с прямоугольным поперечным сечением.

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

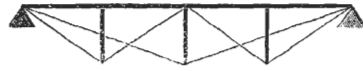


Рис. 11.

Фермы со сквозною стѣнкою въ отношеніи наружнаго очерта- нія раздѣляются на:

а) *Фермы съ параллельными поясами* (рис. 13).

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

Параболическія фермы могутъ быть трехъ видовъ:

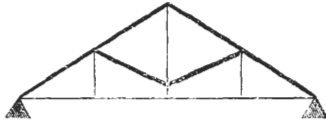


Рис. 12.

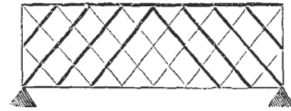


Рис. 13.

1. Нижний поясъ горизонтальный; верхній—очерченъ по дугѣ параболы (рис. 12).

2. Нижний поясъ парабола, верхній—горизонтальный.

3. Оба пояса изогнуты по дугѣ параболы.

в) *Гиперболическая ферма* (Шведлера). Нижний поясъ обыкновенно горизонтальный, верхній состоитъ изъ двухъ гиперболическихъ дугъ, соединенныхъ въ средней части фермы прямой, параллельной нижнему поясу (рис. 15).

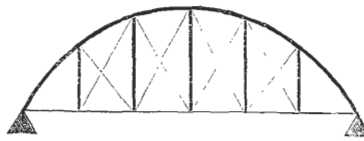
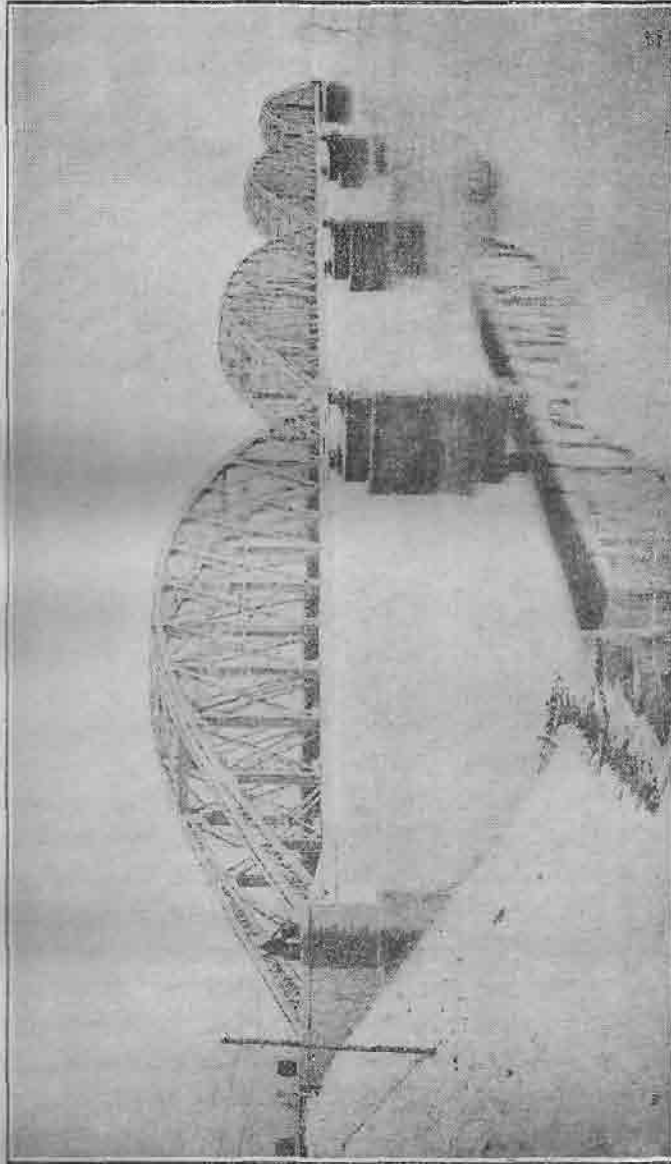


Рис. 14.

г) *Полупараболическія*. Верхній поясъ изогнутъ по дугѣ параболы, соединяясь съ нижнимъ поясомъ на опорѣ помощью стойки (рис. 16).

д) *Полигональныя*, въ которыхъ на протяженіи нѣсколькихъ большихъ панелей высота фермы измѣняется по закону однообразной прямой линіи.



Мостъ чрезъ р. Дняпръ на Лунинецъ-Гомельской жел. дор.  
(Параболнческня ферма).

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 съ однимъ или многими пересѣченіями и отсутствіемъ вертикальных стоекъ. Если эти послѣднія иногда и встрѣчаются, то для побочных цѣлей, какъ на примѣръ для предупрежденія выпучиванія стѣнокъ, прикрѣпленія поперечинъ и проч. Во всякомъ случаѣ стойки не составляютъ существенной части фермы (рис. 13).

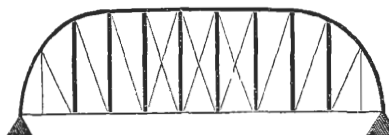


Рис. 15.

б) *Раскосная ферма* имѣютъ одну систему раскосовъ — наклонную, а другую — вертикальную (стойки, стяжки). Въ данномъ случаѣ стойки составляютъ существенную часть фермы и принимаютъ участіе въ передачѣ усилий (рис. 15 и 16).

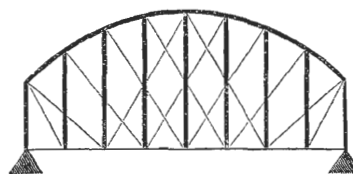


Рис. 16.

в) *Сложная система* состоитъ изъ двухъ системъ плоскихъ и жесткихъ наклонныхъ раскосовъ и изъ стоекъ или стяжекъ (рис. 17).

Мосты могутъ быть объ одномъ или о нѣсколькихъ пролетахъ. Въ послѣднемъ случаѣ каждый изъ пролетовъ перекрывается или отдѣльными фермами, называемыми *разрывными* (рис. 18), или же нѣсколько пролетовъ перекрываются одной непрерывной фермой — *неразрывной* фермой (рис. 19). Иногда въ многопролетныхъ мостахъ нѣкоторые пролеты перекрываются фермами со свѣшивающимися концами (рис. 20 и 21), на которые опирается ферма смежнаго пролета.

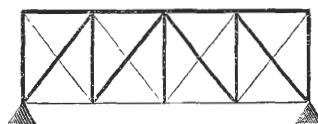


Рис. 17.

2. Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ прямого направленія;



А) *Ферма подкосной системы* (черт. 9).

Б) *Арочная*, представляющая собою подкосную систему съ большим числом реберъ, устраиваются изъ дерева, камня и металла (рис. 10, 11 и 12).

Такъ какъ арочная ферма, предполагаемая гибкою или составленною изъ отдѣльных звеньевъ, соединенныхъ шарнирами, можетъ

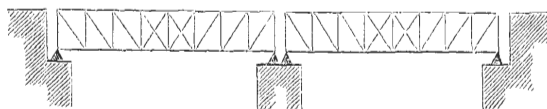


Рис. 18.

быть въ равновѣсїи только при одной опредѣленной какой либо нагрузкѣ, то при измѣненїи послѣдней она не можетъ уже принять новаго положенїя равновѣсїя и слѣдовательно принадлежитъ къ

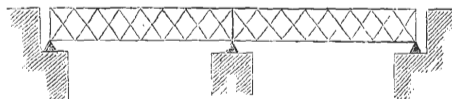


Рис. 19.

числу неустойчивыхъ фермъ. Въ виду этого арочная ферма должна быть необходимо *жесткаго степеня*.

Въ случаѣ расположенїя провѣзжей части поверхъ арки, жесткость послѣдней значительно увеличивается тѣмъ, что между аркою

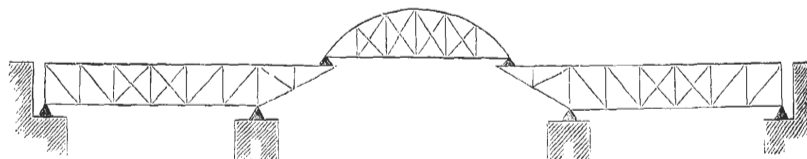


Рис. 20.

и верхнимъ горизонтальнымъ прогономъ существуетъ известное заполненїе для передачи давленїя отъ прогона на арку. Это заполненїе можетъ быть или сплошнымъ (рис. 22) или сквознымъ (рис. 23), можетъ состоять изъ отдѣльных стоекъ (рис. 24) или наконецъ изъ стоекъ и изъ раскосовъ (черт. 12). Сама арка въ свою очередь

можетъ быть или сплошная (рис. 22), или же состоять изъ двухъ дугообразныхъ реберъ, взаимно соединенныхъ раскосами (рис. 24). Арочныя фермы могутъ быть устроены неразрѣзными и со свѣшивающимися концами (консолами).

3. Фермы съ горизонтальнымъ распоромъ обратнаго направленія:

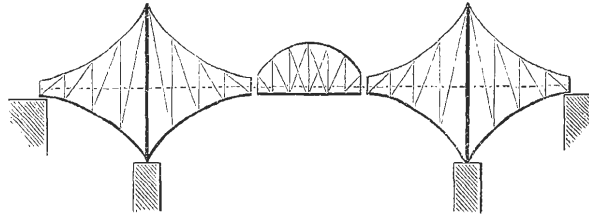


Рис. 21.

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

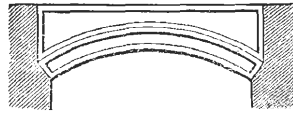


Рис. 22.

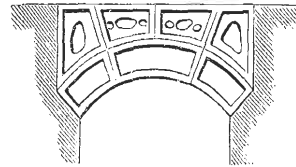


Рис. 23.

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 уменьшить подвижность такой фермы, т. е. увеличить ея жесткость. Съ этою цѣлью дѣлаютъ или проѣзжую часть моста жесткою (рис. 25) примѣненіемъ или жесткой рѣшетки, въ случаѣ прикрѣпленія подвѣсныхъ прутьевъ къ поперечинамъ, или прикрѣпляютъ подвѣсныя прутья къ прогону; дѣлаютъ проѣзжую часть съ подъе-

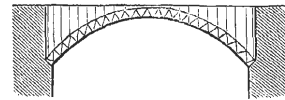


Рис. 24.

момъ; располагаютъ подвѣсные прутья не въ вертикальной, а въ наклонной плоскости; соединяютъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ прогоны проѣзжей части съ вершиною устоя помощью вантъ изъ проволочныхъ канатовъ (рис. 26), что особенно часто встрѣчается въ Америкѣ. Дѣлаютъ цѣпь жесткою, располагая двѣ цѣпи одну подъ дру-



Рис. 25.



Рис. 26.

гою и соединяя ихъ рѣшеткою (рис. 27), или же составляютъ цѣпь изъ двухъ отдѣльныхъ серповидныхъ фермъ (рис. 28), соединенныхъ по срединѣ шарниромъ; нижній поясъ каждой такой фермы состоитъ



Рис. 27.



Рис. 28.

изъ отдѣльныхъ звеньевъ, а верхній склепанный, жесткаго коробчатого сѣченія; между обоими поясами—рѣшетка. Для этой же цѣпи помещаютъ взаимно-пересекающіеся раскосы между привѣнными



Рис. 29.



Рис. 30.

путьями (рис. 29), или наконецъ цѣпь дѣлаютъ жесткаго, сплошнаго сѣченія, склепывая ее съ раскосами и стойками, которые въ свою очередь склепаны съ нижнимъ прогономъ (рис. 30).

## II.

### Мѣстныя данныя для составленія проекта моста.

Предварительно составленія проекта моста, дѣлають *изысканія* на нѣкоторомъ пространствѣ рѣки и береговъ, вверхъ и внизъ отъ приблизительнаго избраннаго мѣста, т. е. дѣлають: а) съемку плана; б) опредѣляютъ уклонъ рѣки по меженному и высшему горизонтамъ, в) сондировку, г) опредѣляютъ горизонты высокихъ, меженных и низкихъ водъ и соотвѣтственныя скорости, снимають профиль живого сѣченія, изучаютъ характеръ рѣки, степень подвижности дна помощью снятія профилей по обѣ стороны предполагаемаго моста, повторяя эти съемки чрезъ опредѣленные промежутки времени, опредѣляютъ направленіе теченія весеннихъ водъ; е) собирають свѣдѣнія относительно ледохода, т. е. относительно горизонта ледохода, о толщинѣ и величинѣ льдинъ, о скорости ледохода; ф) опредѣляютъ непосредственно или по картамъ площадь бассейна главнаго русла и притоковъ; собирають свѣдѣнія о продолжительности и наибольшемъ количествѣ выпадающаго дождя во время ливней; изучаютъ строеніе почвы, характеръ мѣстности и проч.; особенно важно имѣть вѣрныя свѣдѣнія о времени вскрытія притоковъ и главнаго русла, о быстротѣ таянія снѣга въ зависимости отъ характера растительности; г) кромѣ того собирають данныя о родѣ судоходства, стоимости матеріаловъ и рабочихъ силъ и т. п. При опредѣленіи горизонта высокихъ водъ приходится пользоваться или показаніями мѣстныхъ жителей, или отыскивать слѣды, оставленные этимъ горизонтомъ на крутыхъ берегахъ или на стволахъ деревьевъ разлива и т. п. При подобномъ опредѣленіи положенія горизонта высокихъ водъ горныхъ рѣкъ слѣдуетъ поступать осмотрительно, такъ какъ дно такихъ рѣкъ очень подвижно: оно или углубляется, врѣзаясь въ почву, или повышается отъ скла-

дыванія наносовъ, и легко можетъ быть, что опредѣленный такимъ образомъ горизонтъ высокихъ водъ вовсе не соотвѣтствуетъ состоянію рѣки во время изысканій. Въ первомъ случаѣ будетъ опредѣленъ чрезмѣрный расходъ, а во второмъ меньшій дѣйствительнаго. Въ такихъ сомнительныхъ случаяхъ слѣдуетъ опредѣлить наибольшій расходъ различными способами и сравненіемъ результатовъ открыть ошибку.

Что касается опредѣленія угла рѣки, то по обоимъ берегамъ, по возможности въ прямомъ участкѣ, въ условленный моментъ должны быть забиты колья въ уровень съ водою въ разстояніи одинъ отъ другого отъ 1½ до 2 верстъ. По забивкѣ кольевъ слѣдуетъ тщательно промѣрить и проинвеллировать разстояніе между кольями, дѣлая первую и послѣднюю постановку реекъ на забитыя колья. Сигналы для одновременной забивки кольевъ можетъ быть опредѣленъ временемъ или подачею выстрѣломъ.

Вообще, для уясненія характера рѣки и собиранія другихъ данныхъ слѣдуетъ, еще во время стоянія льда, установить прочно и въ удобномъ мѣстѣ для наблюденій, пользуясь существующими сооружениями, двѣ рейки съ дѣлениями, отнеся 0 рейки къ опредѣленному реперу. По этимъ рейкамъ опредѣляются горизонты стоянія льда, ледохода, высокихъ водъ и ведется ежедневный журналъ подъема и спада водъ до меженнаго горизонта.

Особенное значеніе имѣетъ опредѣленіе *наибольшаго расхода*.

Способы опредѣленія расходовъ различны, смотря по тому, имѣемъ ли дѣло съ большой рѣкой или незначительнымъ ручейкомъ.

Опредѣленіе расхода воды большихъ рѣкъ.

Если назовемъ расходъ вообще чрезъ  $Q$ , среднюю скорость чрезъ  $v$  и живое сѣченіе чрезъ  $\omega$ , то (рис. 31).

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

или 
$$Q = v_0 \omega_0 + v_1 \omega_1 + v_2 \omega_2 + \dots + v_n \omega_n,$$

если  $v_0, v_1, \dots$  среднія скорости, соотвѣтствующія различнымъ частямъ  $\omega_0, \omega_1, \dots$  всего живого сѣченія.

Значеніе  $\omega_0, \omega_1, \dots \omega_n$  легко опредѣляются изъ промѣровъ глубины рѣки чрезъ 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 разливъ значительная, то, установивши угломерный инструментъ на берегу,

засѣкаютъ мѣсто стоянокъ лодки, въ которой сидитъ наблюдатель съ гирею для опредѣленія глубины. Вѣсъ гири, смотря по скорости теченія, измѣняется отъ 20 фунт. 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 развивать до тѣхъ поръ, пока гиря не упадетъ на дно и затѣмъ уже начать по немногу натягивать проволоку, пока она не будетъ въ достаточно натянутомъ положеніи. Принимая тогда въ расчетъ наклоненіе проволоки, можно приблизительно опредѣлить глубину рѣки въ данномъ мѣстѣ.

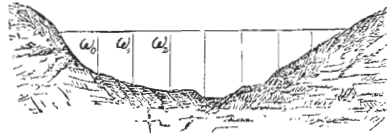


Рис. 31.

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 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.

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:  $a = 0,00030931$ ;  $b = 0,00004445$ ,

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

По Ganguillet и Kutter'у:

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

гдѣ:

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

при чемъ

$$n = 0.025 - 0.030.$$

2) Эмпирическая формула, выражающая зависимость между наибольшею 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:

$$v = (0,915)^2 max. v_0 = 0,837 max. v_0.$$

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  $v_z$  на той же вертикали.

По Weisbach'у:

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

откуда для скорости по дну:

$$v_s = 0,83 v_o.$$

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

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

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

средняя скорость:

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

или приближенно  $= 0,8 v_o$ .

По этимъ формуламъ составлена слѣдующая таблица.

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	52,7	92	73,7	82,8
32	21,6	26,8	64	49	56,5	100	81,0	90,5

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



1) а) Поплавки, состоящие из жестяных шаров от 4 до 12 дюймов в диаметре. [Очень тяжелые поправки, как например лодка и проч., дадут неверные данные ввиду способности перемещаться быстрее воды]. Замечая время, в течение которого поплавок проплыл известное расстояние, определяется скорость. Чем длиннее путь, пройденный поплавком, тем точнее результат. Для более точного определения пройденного расстояния, следует пользоваться мензулой или каким-либо угловым инструментом. Для сего выбирают по возможности прямой участок рѣки, близъ предполагаемаго моста, разбивают на берегу базу и

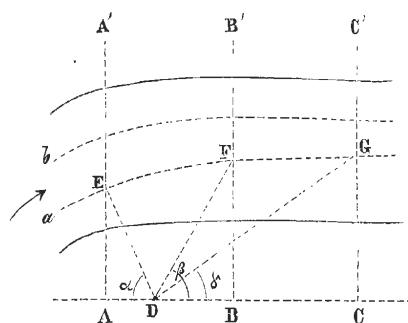


Рис. 32.

проставляют в перпендикулярном направлении 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. 32) по направлению, перпендикулярному къ базѣ, наблюдатель съ инструментомъ помѣщается въ какой-либо

точкѣ  $D$  — базы. Наблюдатель въ лодкѣ заѣзжаетъ выше профили  $A$  и выпускаетъ поплавокъ. 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.

б) Деревянный плоскій досчатый треугольникъ отъ 7 до 8 дюймовъ въ сторонѣ. Къ вершинамъ привязываются три короткихъ шнура, соединенные съ длиннымъ шнуромъ, на которомъ навязаны узлы черезъ опредѣленные равные промежутки. Бросивъ досочку 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 пути, пройденный поплавкомъ. Способъ этотъ не обладаетъ особенною точностью.

2) а) Поплавокъ для измѣренія скорости на опредѣленной глубинѣ состоитъ изъ пустого жестяного шара діаметромъ 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 чрезъ эти визирныя линіи и зная разстояніе между ними, опредѣляютъ скорость. Этотъ способъ почти исключительно примѣняется для рѣкъ съ большой глубиной, для которыхъ вертущка Вольмана и трубка 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 дрови, чтобы она опускалась въ воду. Верхнимъ значкомъ служилъ пробковый кружокъ толщиной 3 дюйма, діаметромъ 8 дюймовъ. Верхній поплавокъ погружался на половину своей высоты; длина соединительной цѣпи соответствовала глубинѣ, на которой желали опредѣлить скорость. Обѣ визирныя линіи были установлены на разстояніи 25 сажень одна отъ другой. 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.

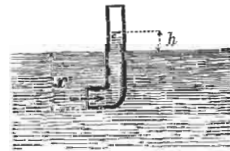


Рис. 33.

б) Трубка Пито (рис. 33). Если  $h$  — высота столба воды въ трубкѣ надъ горизонтомъ воды, то скорость на глубинѣ  $x$  опредѣлится по формулѣ:

$$v_x = \mu \sqrt{2gh} \cdot \frac{f_2}{f_1},$$

гдѣ  $f_2$  — площадь вертикальнаго колѣна трубки;  $f_1$  — площадь входнаго отверстия;  $\mu$  — коэффициентъ, опредѣленный для каждаго инструмента изъ сравненія скоростей, найденныхъ различными способами.

с) *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 соответственномъ 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 получаются различныя значенія. При наблюденияхъ слѣдуетъ пользоваться коэффициентами соответственной группы, указавіемъ чему можетъ служить замѣчаемое число оборотовъ.

3) а) *Полликовъ Кабео* состоитъ изъ пустотѣлаго металлическаго цилиндра, нѣсколько длиннѣе глубины рѣки; онъ наполняется на-

столько дробью, чтобы опуститься до дна, не касаясь его однако. Приемы наблюдения тѣ же, какъ и съ обыкновеннымъ поплавкомъ.

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

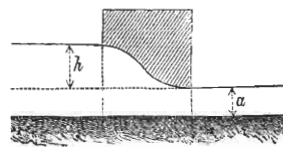


Рис. 34.

воду, можно опредѣлить расходъ по нижеслѣдующей формулѣ. Пусть (рис. 34) ширина служенной 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  $a$ :

$$Q_2 = \mu b a \sqrt{2gh}.$$

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

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

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

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

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 зависеть отъ болѣе или менѣе точнаго значенія скоростей. Формулы группы 1), т. е. выражающія зависимость между среднею скоростью всего живого сѣченія, между уклономъ и среднимъ радиусомъ, 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% или 15%.

Съ этою цѣлью для опредѣленія расхода воды выбираютъ участокъ рѣки по возможности правильнаго очертанія въ прямой и въ наиболѣе узкой части, такъ чтобы живое сѣченіе не было растянуто на большомъ протяженіи \*). На закругленіяхъ уклоны, опредѣленные

\*) 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 проверенъ опредѣленіемъ расхода въ ближайшемъ участкѣ рѣки съ правильнымъ очертаніемъ и пр.

на выпуклой или вогнутой части, неодинаковы и следовательно, во избежание неверных данных, такие участки следует исключить.

Все вышеприведенные приемы и формулы применяются как к высоким, меженим, так и к низким водам. При определении расхода при высоком горизонте воды редко есть возможность определить скорости на известной глубине, а приходится определять среднюю скорость расчетом, пользуясь измеренною скоростью на поверхности. Если время позволяет, то вместо того, чтобы измерить наименьшую скорость на поверхности и по ней определить среднюю скорость всего сечения, а затем и расход по формуле:

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

лучше определить несколько скоростей на поверхности для различных вертикалей и затем по известным формулам найти *средняя* скорости соответственной вертикали и вычислить расход по формуле:

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

Если окажется невозможным при высоком горизонте определить скорость на поверхности поплавками, тогда остается лишь определить падение рѣки, живое сечение и периметр и по одной из эмпирических формул группы 1) найти соответственную скорость всего сечения и определить расход по формуле:

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

Чѣмъ меньше уклонъ, тѣмъ точнѣе долженъ быть онъ определенъ.

Для определения расхода воды ручейковъ при низкомъ горизонте достаточно поставить поперекъ живого сечения какой-либо щитъ или плотину и по толщине переливающегося слоя определить расход по формуле:

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

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 таянія снѣга, здѣсь не следуетъ принимать во вниманіе, такъ какъ *при*

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

*малых бассейнах наибольший расходъ бываетъ во время ливней, между тѣмъ какъ въ рѣкахъ съ большими бассейнами наибольший расходъ наблюдается при таянн 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 дожда, 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 продольной 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, продольный и поперечный уклоны; менѣе достовѣрны указанія относительно силы и продолжительности ливней, если только не имѣется возможности воспользоваться результатами метеорологическихъ наблюденій для разсматриваемой мѣстности.

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

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

У насъ въ Россіи хотя ведутся на многихъ метеорологическихъ станціяхъ наблюденія относительно количества выпавшаго дожда, но, за немногими исключеніями, записываютъ только количество дожда,

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.

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 миллиметра; 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 2 миллим. въ 1 минуту продолжаются около 30—45 минутъ.

Что касается количества, теряющагося просачиваніемъ, то это зависитъ вполне 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:

Хрящеватый 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 Негел'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  $\frac{2 \times 25,4}{24 \times 11,56} = 0,19$  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 верстъ.

Приведемъ теперь тѣ эмпирическія правила и формулы, предложенныя нѣкоторыми инженерами для исчисленія количества воды, притекающей въ единицу времени съ даннаго бассейна къ определенному 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 0,016 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. \*).

\*) Эти же данныя приведены и въ циркулярѣ Министерства 1884 г., № 6167 съ тѣмъ отпичіемъ, что все выражено не въ мм., а въ метрахъ, причѣмъ пред-

Относительно этих коэффициентов Köstlin дѣлает оговорку, что они применимы для гористых 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 Кёстлина для малыхъ бассейновъ. Такъ можетъ быть слѣдовало бы исчислять притокъ воды къ искусственному сооруженію по слѣдующей формулѣ:

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

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 прямо количество воды, притекающей къ искусственному сооруженію съ каждаго квадратнаго километра, причемъ количество притекающей воды измѣняется вмѣстѣ

ложена 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 саженьяхъ, а площадь бассейна въ кв. верстахъ будемъ имѣть:

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

съ длиной бассейна. Выражая все въ верстахъ и въ сажняхъ, получимъ, что:

при длинѣ бассейна:	Количество воды, притекающей къ искусственному сооружению съ квадратной версты въ 1 секун. куб. саж.
До 4 верстѣ	0,824
отъ 4 до 8 верстѣ	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.

---

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

Въ мостахъ съ ѣздою по серединѣ и по низу разстояніе между фермами зависитъ отъ габарита подвижнаго состава (рис. 35)\*).

На основаніяхъ, изложенныхъ выше, разстояніе между фермами дѣлается не менѣе 16 футъ для одного пути и не менѣе 28,5 ф.—для двухъ путей. Ширина междопутія 1 саж. = 7 футъ.

Наименьшее разстояніе отъ середины пути стѣнь строеній при путяхъ, внутреннихъ граней фермъ мостовъ, возвышающихся надъ

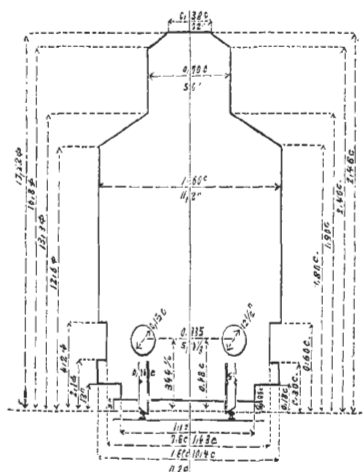


Рис. 35.

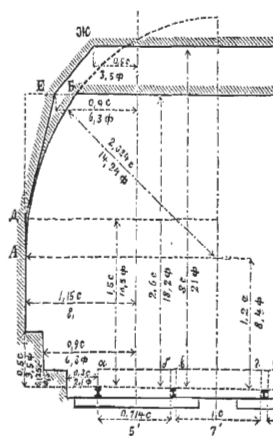


Рис. 36.

уровнемъ путей, периль, парапетовъ мостовъ, стѣнь тоннелей, устоевъ арокъ и порталовъ, при въѣздахъ на мосты и другихъ строеній, на высотѣ надъ уровнемъ рельсовъ:

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 черезъ желѣзную дорогу о двухъ путяхъ (рис. 36):

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

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

б) Радиусъ круга (при разстояніи между путями въ 7 фѣтъ)...  
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. 36 предѣльнаго очертанія *А, Б*.

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

- а) Каменными и металлическими 2,6 саж. = 18,2 фѣт.
- б) Деревянными . . . . . 3 » = 21 »

Подкосы и другія связи деревянныхъ мостовъ и стропилъ не должны выступать за предѣлы прямыхъ, проведенныхъ черезъ точки *Д, Е, Ж*, взятыя на слѣдующихъ разстояніяхъ отъ ближайшаго пути, на высотѣ надъ рельсами (рис. 36):

- Д* . . . 1,50 саж. = 10,5 фута . . . 1,15 саж. = 8 фѣтамъ,
- Е* . . . 2,60 » = 18,2 » . . . 0,90 » = 6,3 фута,
- Ж* . . . 3 » = 21 фѣту . . . 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* 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.

Продольный и поперечный уклоны мостового полотна.

Предѣльные 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 наконецъ 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 дѣлають обыкновенно горизонтальнымъ; въ исключительныхъ случаяхъ отступаютъ отъ этого, какъ напримѣръ на С.-Готардской горной желѣзной дорогѣ (рис. 21а), гдѣ уклонъ моста 0,026. Вообще же этого слѣдуетъ избѣгать, въ виду возможной необходимости тормаженія поѣзда на мосту, при чемъ части фермы могутъ подвергнуться значительному напряженію.

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

Поверхность банкетовъ или тротуаровъ представляеть въ сѣченіи прямую линію со скатомъ въ ту либо 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 прямаго участка пути и затѣмъ всему мосту придаютъ необходимый поперечный уклонъ.

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

Возвышеніе полотна проѣзжей части надъ горизонтомъ высокихъ водъ.

Наибольшее возвышеніе будетъ имѣть мѣсто для подкосныхъ, арочныхъ и балочныхъ мостовъ съ ѣздою по верху; наименьшее возвышеніе—для балочныхъ съ ѣздою по низу и для висячихъ мостовъ.

Для каменныхъ арочныхъ мостовъ отношеніе стрѣлы подъема къ пролету въ среднемъ около  $\frac{1}{10}$ .

Толщина въ ключѣ для каменныхъ арочныхъ отъ  $\frac{1}{24}$ — $\frac{1}{26}$  въ средн.  $\frac{1}{25} l$   
 » » » » чугунныхъ . . . »  $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{150}$  » »  $\frac{1}{100} l$   
 » » » » желѣзныхъ . . . »  $\frac{1}{48}$ — $\frac{1}{53}$  » »  $\frac{1}{50} l$

такъ что въ первомъ случаѣ возвышеніе полотна надъ плоскостью

пять. .  $(\frac{1}{10} + \frac{1}{25}) l$  или  $\frac{1}{7} l$   
 во второмъ случаѣ . . .  $(\frac{1}{10} + \frac{1}{100}) l$  или  $\frac{11}{100} l$   
 въ третьемъ случаѣ. . .  $(\frac{1}{10} + \frac{1}{50}) l$  или  $\frac{1}{8} l$

Для балочныхъ фермъ со сквозной стѣнкой, высота фермы отъ  $(\frac{1}{7} - \frac{1}{10}) l$ , въ среднемъ  $\frac{1}{8} l$ .

Къ этимъ высотамъ слѣдуетъ еще прибавить разстояніе пять арокъ, подкосовъ или нижняго пояса балочныхъ фермъ отъ горизонта высокихъ водъ, которое для несудоходныхъ рѣкъ принимается не менѣе 3,5 футовъ. Въ случаѣ же судоходныхъ рѣкъ разстояніе нижняго пояса балочныхъ фермъ или возвышеніе внутренней направляющей въ ключѣ арки отъ горизонта высокихъ водъ должно быть сообразовано съ наибольшою высотой такелажа судовъ, но во всякомъ случаѣ высота не должна быть менѣе 10 футъ. При очень высокихъ мачтахъ или высокому такелажу очевидно выгоднѣе устроить одинъ изъ пролетовъ съ подъемною или поворотною пролетною частью.

Для балочныхъ фермъ со сквозной стѣнкой, съ ѣздой по низу, или для висячихъ мостовъ высота полотна проѣзжей части отъ горизонта высокихъ водъ составитъ изъ допускаемаго наименьшаго разстоянія нижняго пояса отъ горизонта высокихъ водъ и изъ высоты проѣзжей части надъ нижнимъ поясомъ.

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 (желѣзнодорожные мосты), или на квадратную единицу мостового полотна (мосты подъ обыкновенную дорогу), или на погонную единицу мостового полотна опредѣленной ширины.

Собственный вѣсъ пролетныхъ частей моста.

Наиболѣе простой видъ этихъ формулъ:

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

постоянные коэффициенты; членъ  $F$ —независящій отъ пролета, выражаетъ собственный вѣсъ проѣзжей части, а  $Cl$ —вѣсъ главныхъ фермъ или главныхъ прогоновъ и связей. Слѣдовательно  $p$ —выражаетъ полный собственный вѣсъ на погонную единицу пути или на квадратную единицу площади мостового полотна.

Другой видъ формулы:

$$p = Cl + Cl^2 + F.$$

Обѣ 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.*

$$p^{\text{вѣс.}} = Cl + F,$$

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 слоемъ.

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 . . .  $p^{\text{вѣс.}} = 2,3l + 0,02l^2 + 105.$

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

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

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

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

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 однупутную 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 ѳздою по-верху.

Пролетъ въ сѣтву (саж.).	Погонный вѣсъ пролетнаго строения моста.		Пролетъ въ сѣтву (саж.).	Погонный вѣсъ пролетнаго строения моста.	
	Для исчисления вѣса металлических частей (пуд.).	Для исчисления постоянной нагрузки (пуд.).		Для исчисления вѣса металлических частей (пуд.).	Для исчисления постоянной нагрузки (пуд.).
<b>Мосты съ деревянною проѳежною 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+9,87
5,00	0,365 l+0,781	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 проѳежною 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 ѳздою по-низу.</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	0,339 l+21,31 0,251 l+13,47 0,252 l+16,37 0,401 l+35,71	0,332 l+41,81
15,00	0,212 l+10,37	0,194 l+18,07	30,00		0,231 l+20,67
20,00	0,230 l+11,87	0,215 l+20,23	35,00		0,236 l+36,17
25,00	0,229 l+11,94	0,217 l+19,92	37,50		0,379 l+56,71
30,00	0,221 l+12,62	0,208 l+20,52			
35,00	0,235 l+11,30	0,225 l+18,30			

Нижеслѣдующая формула Шведлера, относящаяся къ фермам 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 подъ желѣзную дорогу и подъ обыкновенную дорогу съ соотвѣтственнымъ только измѣненіемъ подвижнаго груза, исчисленнаго на погонную единицу пролета и на всю ширину моста. Слѣдовательно, если имѣемъ желѣзнодорожный мостъ подъ одинъ или два пути, то  $k$  — есть очевидно подвижная нагрузка на погонную единицу одного или двухъ путей. Если же мостъ подъ обыкновенную дорогу, то  $k = b \cdot n$ , гдѣ  $b$  — ширина моста,  $n$  — подвижная нагрузка на квадр. 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	}	матеріала.
$R$ — коэффициентъ прочнаго сопротивленія		
$\gamma$ — вѣсъ кубической единицы		
$\psi$ — конструктивный коэффициентъ,		

то для *разрѣзныхъ фермъ*:

а) съ параллельными поясами

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

б) съ криволинейными поясами

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

в) Для *неразрѣзныхъ фермъ*:

а) Средніе пролеты

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

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 коэффициент:  $\psi = 1,75$  и весь куб. метра желѣза:  $\gamma = 7,8$  тонны, то вышеприведенныя формулы замѣняются слѣдующими:

Разрѣзныя 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 формы:

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

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

Вѣсъ пролетныхъ частей моста съ *металлическими арочными* фермами *подъ жельзную дорогу* опредѣляется по формулѣ:

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

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

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

Вѣсь каменныхъ арочныхъ мостовъ — составляетъ около 5600 кил. на погон. метръ пути желѣзнодорожнаго моста и около 800 килогр. на кв. метръ полотна моста подь обыкновенную дорогу.

Рис. 37.

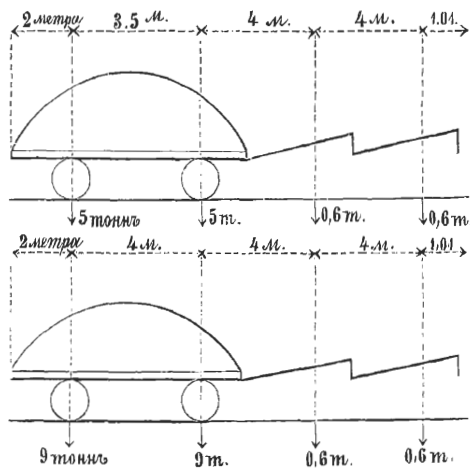


Рис. 38.

Подвижная нагрузка для мостовъ подь 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 шоссеныхъ мостовъ можно принять наиболѣе тяжелую фуру (показанную на рис. 37) шириною 2 — 2,5 метра.

На шоссе, вблизи большихъ городовъ, гдѣ можно предположить перевозку тяжелыхъ паровиковъ и проч., типомъ тяжелой фуры можетъ служить рис. 38. По Винклеру нагрузку самой тяжелой фуры слѣдуетъ принять въ 10 тоннъ на ось.

Для конножелезныхъ дорогъ можно также принять давленіе на ось въ 10 тоннъ.

Если мостъ не великъ, менѣе 20 метровъ, то для расчета *усилій въ главныхъ фермахъ* слѣдуетъ по серединѣ моста помѣстить одну тяжелую фуру, по бокамъ (если позволяетъ ширина) двѣ менѣе тяжелой, остальную часть моста предположить нагруженной толпою людей въ 400 килограмм. на кв. метръ.

Если пролетъ болѣе 20 метровъ, то принимаютъ по всему мосту равномерную сплошную нагрузку въ 400 килограммовъ на квадратный метръ для расчета главныхъ фермъ, т. е. около 2,25 на кв. фут. полотна.

*Для пешеходныхъ и скотопрогонныхъ мостовъ* принимается нагрузка въ 400 килограммовъ на квадратный метръ; для *бичевниковъ* въ видѣ городовъ съ малымъ проѣздомъ 150 килограммовъ, а въ городахъ 400 килограммовъ на квадратный метръ.

Бывшимъ Департаментомъ Шосс. и Вод. Сообщеній нашего Министрства рекомендованы слѣдующія временныя нагрузки.

Временная нагрузка предполагается или въ видѣ грузовыхъ экипажей, въ видѣ сплошной толпы людей, или въ видѣ возможной совокупности толпы и экипажей, смотря по тому, какое изъ этихъ предположеній даетъ наибольшее напряженіе матеріала. Нагрузка отъ толпы людей принимается равною 2,5 пуда на кв. ф. поверхности моста. Наибольшій же вѣсъ грузовыхъ экипажей устанавливается въ зависимости отъ положенія и матеріала моста. На шоссе-ныхъ дорогахъ безъ тяжелаго грузоваго движенія за самый тяжелый экипажъ 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 перемѣщенія фуръ перваго типа нужно не менѣе 4 лошадей, а для втораго типа не менѣе 8 лошадей. Для

разчета деревянных мостовъ примѣняется, смотря по мѣстнымъ условіямъ, первый или второй типъ; для разчета 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 каждаго даннаго случая самое невыгодное расположеніе колесъ паровоза.

Въ виду возможности прохода чужого подвижного 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 тоннъ.

Циркуляромъ Министерства Путей Сообщенія отъ 15-го Января 1896 года за № 753 предписано принимать въ основаніе расче-

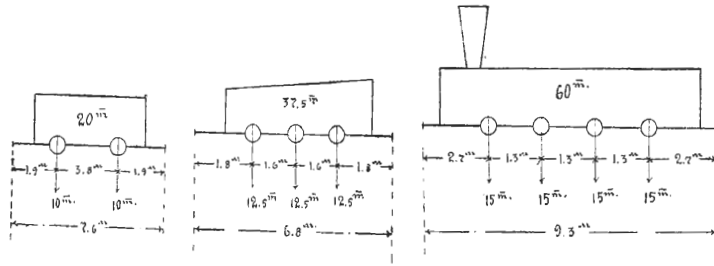


Рис. 39а.

Рис. 39б.

Рис. 39в.

товъ усилій въ составныхъ частяхъ фермъ и проѣзжей части желѣзнодорожныхъ мостовъ нижеуказанные типы вагона, тендера и паровоза (рис. 39а, 39б, 39в):

(Мѣры выражены въ метрахъ и тоннахъ).

Поѣздъ предполагается составленнымъ изъ двухъ паровозовъ съ тендерами и вагонами, расположенными наивыгоднѣйшимъ 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 каждаго паровоза. Необходимо имѣть въ виду возможность разрыва нормальнаго поѣзда *въ одномъ мѣстѣ* и нахожденіе въ нормальномъ поѣздѣ порожнихъ вагоновъ (неразрѣзныя фермы).

При определении усилий в продольных и поперечных балках, а равно в фермах малых пролетов необходимо сделать два па-

**ТАБЛИЦА значений эквивалентной нагрузки для моментов и перерывающих усилий.**

Здесь  $k_0$  и  $k_{\frac{l}{2}}$  — нагрузки для моментов близ опоры и близ середины пролета.  $k_0'$  или  $k_{\frac{l}{2}}''$  — нагрузка для макс. положительн. перерывающего усилия на левой опоре или для макс. отрицат. перерывающего усилия на правой опоре (рассматривая всегда левую отсеченную часть);  $k'$  или  $k''$  — нагрузка для перерывающих 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 $k_{\frac{l}{2}}$ и длина загруженной части для $k'$ или $k''$ .	$k_0 = k_0'$ или $k_{\frac{l}{2}}''$		$k_{\frac{l}{2}}$	С.	$k_0 = k_0'$ или $k_{\frac{l}{2}}''$		$k_{\frac{l}{2}}$
	$k'$ или $k''$	$k''$ или $k'$			$k'$ или $k''$	$k''$ или $k'$	
1	30,000		30,00	0,47	560		560
2	20,250		15,00	0,93	376,65		280
3	17,000		12,88	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		

рательных 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 наибъ 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 вышеприведенной таблицѣ. (См. стр. 41).

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

Что же касается нагрузокъ, отвѣчающихъ наибольшимъ положительнымъ (max.) значеніямъ вертикальныхъ силъ —  $K'$  или наибольшимъ отрицательнымъ (min.) значеніямъ —  $K''$  причемъ, при разрывныхъ фермахъ, должна быть загружена часть пролета отъ разсматриваемаго сѣченія до наиболѣе удаленной и соответственно наименѣе удаленной опоры, — то значенія нагрузокъ  $K'$  и  $K''$  не зависятъ въ данномъ случаѣ отъ величины пролета, а лишь отъ протяженія загруженной части.

Допускаемая нагрузка 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	»	20 »
»	»	сжатію (въ раскосахъ)	20	»
»	»	скальванію	»	4 »
»	»	смятію при глубинѣ врубки въ 1 дюйм.	. . . 20	»
»	»	смятію при глубинѣ врубки въ 1 1/2 дюйм.	. . . 15	»
»	»	смятію по направленію перпендикулярному къ фибрамъ	. . . . . 8	»
Для дуба: сопротив.	скальванію	. . . . .	6	»
»	»	смятію по направленію, вдоль фибръ и перпендикулярно къ нимъ	. . 15	»



Тѣ же коэффициенты могутъ быть допущены и для деревянныхъ фермъ балочной и подкосной системъ, при чемъ коэффициентъ напряженія сосны при изгибѣ опредѣляется отъ 24 до 30 пуд. на квадратный дюймъ.

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

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

Названіе породы лѣса	Въ пудахъ на кв. 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 допускаемыя напряженія можно увеличивать на 5 пуд. на кв. дюймъ.

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

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

*Замѣтка:* Опредѣляя сѣченія netto при вытягиваніи и полу-netto 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 поперечины съ фермами и продольныя балки съ поперечн. . . . .	200 » »
» разслаиванія вертик. стѣнокъ . . . . .	140 » »

б) Въ больш. мостахъ отверст. болѣе 7 саж.:	
Для вытягиванія . . . . .	275 пуд. на кв. дюйм.
» сжатія . . . . .	275 » »
в) Въ мостахъ со сквозной стѣнкой:	
Въ поясахъ для вытягиванія . . . . .	285 » »
» » » сжатія . . . . .	285 » »
Въ раскосахъ и стойкахъ: для вытягиван.	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 нормами для литого желѣза съ замѣной основныхъ формулъ:  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,75 + 0,02 l$  и  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,75 + 0,04 l$ , формулами:  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,00 + 0,02 l$  и  $R \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} = 6,00 + 0,04 l$ , а также назначеніемъ для пролетной части  $R = 6 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ , вмѣсто  $R = 6,5 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ .

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 желѣзо.* Для литого желѣза выработаны у насъ въ недавнее время новые коэффициенты допускаемаго напряженія, при чемъ проведенъ принципъ, что съ увеличеніемъ пролета коэффициентъ допускаемаго напряженія непрерывно увеличивается.

а) Въ пролѣзней части мостовъ на изгибъ:  $R = 6,5$  кил.

Въ главныхъ фермахъ—на растяженіе (основное напряженіе):

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

$$R = (6,75 + 0,02 l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} . . . . . (95)$$

[но во всякомъ случаѣ слѣдовало бы не болѣе:  $R = 10 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}$ ], гдѣ  $l$ —расчетный пролетъ въ метрахъ.

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

$$R = (6,75 + 0,04l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} \dots \dots \dots (96)$$

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

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

г) въ *связяхъ*:

$$R = (6,75 + 0,04l) \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2} \dots \dots \dots (97)$$

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

д) въ *сжатыхъ* частяхъ, подвергающихся продольному изгибу, значенія допускаемыхъ напряженій определяются изъ соответственныхъ допускаемыхъ напряженій на растяженіе (основныхъ напряженій) съ уменьшеніемъ таковыхъ въ зависимости отъ отношенія длины ( $l$ ) къ наименьшему радіусу инерціи ( $\rho = \sqrt{\frac{J}{\omega}}$ ), 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*:

$$R_1 = R \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{min. } S}{\text{max. } S} \right) \dots \dots \dots (98)$$

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

б) коэффициентъ допускаемаго напряженія на *сжатіе*:

$$R'_1 = R \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{min. } S}{\text{max. } S} \right) \cdot \varphi, \dots \dots \dots (99)$$

гдѣ  $R$  и  $\varphi$  имѣютъ прежнія значенія.

Такимъ образомъ, сѣченіе каждой *сжато-вытянутой* части должно одновременно удовлетворять двумъ условіямъ прочности, а именно: наибольшему *вытягивающему* усилію съ коэффициентомъ  $R_1$  и наибольшему *сжимающему* усилію съ коэффициентомъ  $R'_1$ .

ж) При проверкѣ прочности вытянутыхъ, сжатыхъ игибаемыхъ 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 опредѣленіи величины скалывающихъ усилій, входящія въ составъ выраженія этого усилія значенія момента инерціи и статической 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:

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

в) для прикрѣпленія балокъ пробѣжей 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, напри- мѣръ песчаника, гранита, можетъ быть допущенъ коэффициентъ прочнаго сопротивленія раздробленію отъ 7 до 12 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—4 пуда въ зависимости отъ состава и качества бетона.

Дальнѣйшія 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 \*).

\*) Напряженіе въ 1 кил. на кв. сант. соответствуетъ 0,393 пуд. на кв. дюймъ.

Среднее безопасное сопротивление обыкновеннаго грунта составлять 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 составляет на квадратный сантиметръ при толщияъ насыпнаго песчанаго грунта

въ 2 метра . . . . .	2— 3	кил.	(0,8 — 1,2)	»
при ростверкѣ . . . . .	2— 4	»	(0,8 — 1,6)	»
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)	»
при сопротивленіи свай въ 25000 кил. допускаемое напряженіе, когда сваи забиты частокомъ, вплотную, допускается напряженіе . . . . .	2— 4	»	(0,8 — 1,6)	»
при винтовыхъ сваяхъ въ песчаномъ грунтѣ . . . . .	4— 7	»	(1,6 — 2,8)	»
	8—12	»	(3,2 — 4,8)	»

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

#### IV.

### Каменные опоры.

Береговые опоры называются устоями. Наружное очертание их, а въ известныхъ случаяхъ и система разръзки 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. 40—42);

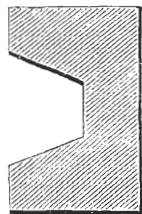


Рис. 40.



Рис. 41.

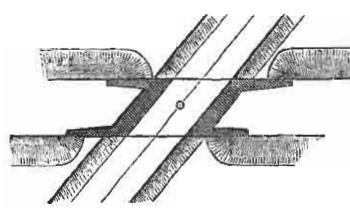


Рис. 42.

- 2) съ откосными крыльями, прямолинейными или криволинейными (рис. 43—47);

- и 3) въ видѣ прямоугольнаго столба сплошнаго или съ пустотами (рис. 48).

Къ этому же типу слѣдуетъ отнести и устои, представляющіе въ планѣ два прямоугольника, соединенные иногда трапеціей (рис. 49 и 50).

*Ширина передней грани устоевъ* находится въ зависимости отъ ширины мостоваго полотна. Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу она равняется ширинѣ мостоваго 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 ѣздой по верху, наименьшая ширина передней грани 2 сажени, а для двухъ

путей—4 сажени. Ширина эта увеличивается въ зависимости отъ разстоянiя между фермами, измѣняющагося съ величиной пролета и

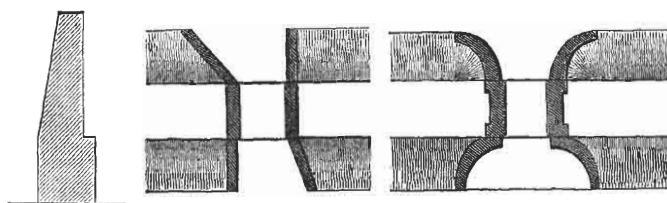


Рис. 43.

Рис. 44.

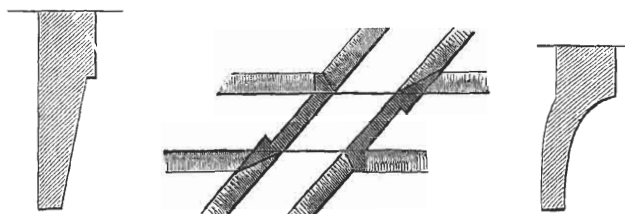


Рис. 45.

Рис. 46.

Рис. 47.

съ устройствомъ пути по низу или по серединѣ. Обыкновенно назначаютъ край устоя отъ ребра подферменнаго камня на разстоянiи не менѣе 0,25—0,30 с.

*Высота устоя*, не считая карниза, ограничивается обыкновенно уровнемъ верхней грани берега или насыпи, не включая при

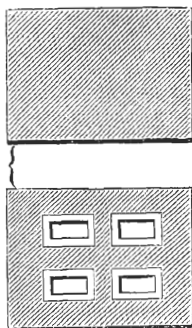


Рис. 48.

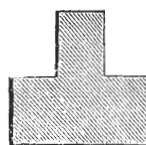


Рис. 49.



Рис. 50.

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 боковых граней устоя для типовъ (1) и (3) определяются 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 полукторный, 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 (например при высокомъ берегѣ), тогда длина верхней части стѣнки устоя равняется  $h + (0,20—0,40 \text{ саж.})$ , увеличенной на длину горизонтальнаго заложенія откоса берега (рис. 51).

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 стѣнки 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 нѣсколько выше, вымащиваютъ камнемъ, покрываютъ фашинной одеждой и т. п.

При сопряженіи съ естественнымъ берегомъ длина боковой грани устоя равна, но 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 откосного крыла опускают только до горизонта высоких водъ.

Если высокая вода не доходит до точки пересѣченія нижняго ребра откоса насыпи съ избраннымъ направлениемъ крыла, тогда верхнее ребро крыла доводятъ до этой точки ( $e, e'$ ) (рис. 53), 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)

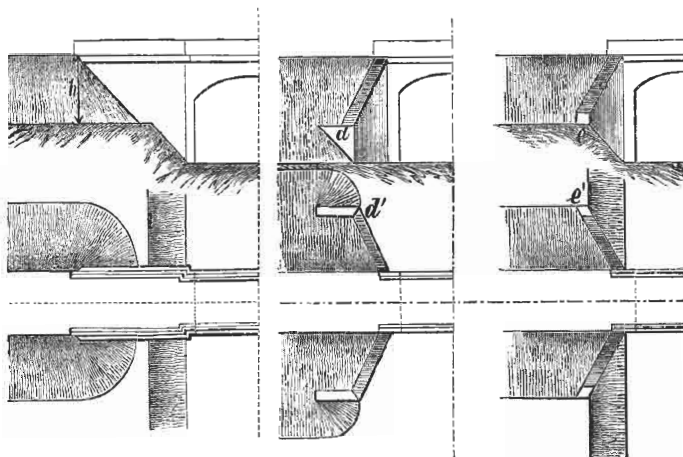


Рис. 51.

Рис. 52.

Рис. 53.

крыла, последнее доводятъ только до точки откоса насыпи ( $d, d'$ ) (рис. 52), 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 живого сѣченія. Для удобства стока воды верхней грани загнутой части крыла даютъ уклонъ, равный уклону откоса насыпи; иногда же грань бываетъ и горизонтальная; вмѣсто остраго ребра ( $d, d'$ ) дѣлаютъ закругленіе (рис. 54).

При сопряженіи съ берегомъ, ограниченномъ 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 боль-

шинствѣ случаевъ, придаютъ типъ (3), сопрягая кладку набережной съ кладкою устоя подѣ прямымъ угломъ (черт. 14).

Въ случаѣ сопряженія устоя съ естественнымъ берегомъ преимущественно употребляется типъ (1) или (2); задняя грань устоя, въ верхней части ея, вдается въ берегъ на 0,20—0,40 саж. съ постепеннымъ уширеніемъ къ низу. Если грунтъ берега каменистый или какой-нибудь другой, очень твердый, основаніе устоевъ можно выводить съ обратными уступами (черт. 15).

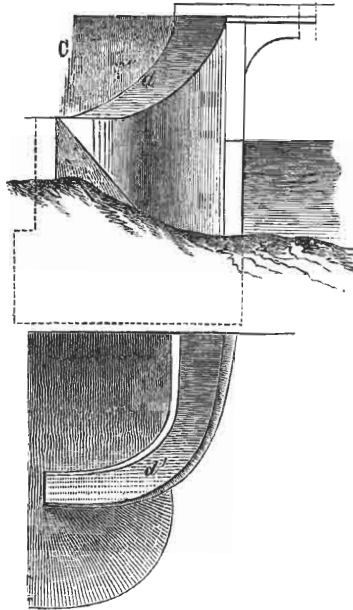


Рис. 54.

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

Для уменьшенія кладки въ устояхъ типа (3) иногда устраиваютъ внутренніе колодцы (черт. 18). Дно

этихъ колодцевъ слѣдуетъ закладывать на высотѣ нѣсколько большей горизонта высокихъ 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 обшимъ скатомъ къ продольной оси устоя и къ задней стѣнкѣ устоя. Такъ какъ нельзя быть увѣреннымъ, что предохранительный слой изъ бетона или цемента навсегда преградитъ доступъ дождевой водѣ во внутрь колодца, то въ уровнѣ дна колодца оставляютъ въ боковыхъ стѣнахъ устоя отверстія съ выходомъ на конусъ.

Въ устояхъ типа (1) толщина передней и обратныхъ стѣнокъ—перемѣнная, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ основанію; измѣненіе толщины дѣлается обыкновенно горизонтальными уступами (рис. 55а). Постепенное уменьшеніе толщины обратной стѣнки въ одномъ и томъ же горизонтальномъ сѣченіи достигается или придаеніемъ крылу въ планѣ формы трапеціи (рис. 55б) или же при помощи уступовъ (рис. 56) въ вертикальномъ направленіи, или устраиваются уступы по обоимъ направленіямъ (рис. 57). Если ширина устоя значительна, то для предупрежденія выпирания передней стѣнки отъ давленія грунта или отъ распора арки, устраиваютъ между крайними боковыми стѣнками—промежуточные стѣнки, контрфорсы и перекрываютъ ихъ сводами.

Иногда при пологомъ очертаніи берега обратныя стѣнки выходятъ очень длинными и высокими; тогда устой замѣняется каменнымъ виадукомъ, т. е. состоитъ изъ двухъ

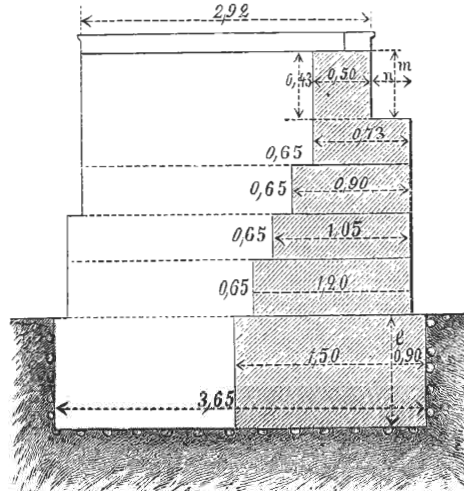


Рис. 55а.

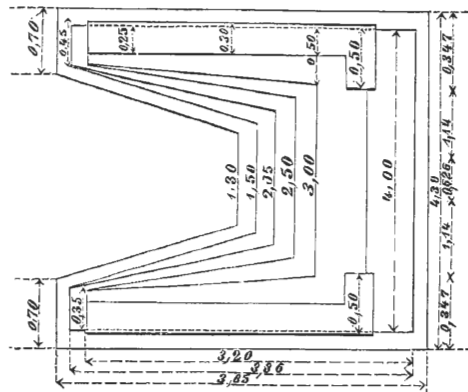


Рис. 55б.

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

*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

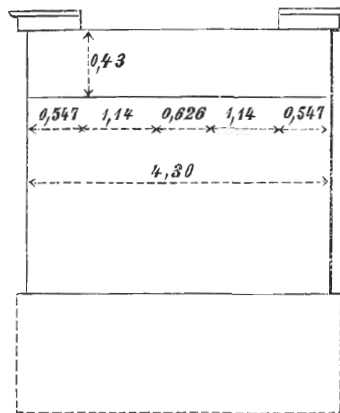


Рис. 55а.

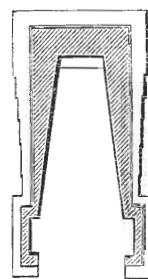


Рис. 56.

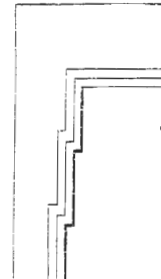


Рис. 57.

откосныхъ крыльевъ показаны на рис. 58. Для большей устойчивости прибавляютъ контрфорсы къ 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 отверстіе, полезно

оба устоя вывести на общемъ основаніи, оставляя, для сбереженія расходовъ, общую глубину заложенія 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 размѣры, слѣдуетъ замѣтить, что въ устояхъ типа (1) наименьшая толщина передней стѣнки, какъ подверженной непосредственному дѣйствию напора, дѣлается обыкновенно въ каждомъ горизонтальномъ сѣченіи не менѣе  $(0,4-0,6) h$ , гдѣ  $h$  — возвышеніе насыпи надъ разсматриваемымъ сѣченіемъ, при условіи, чтобы по

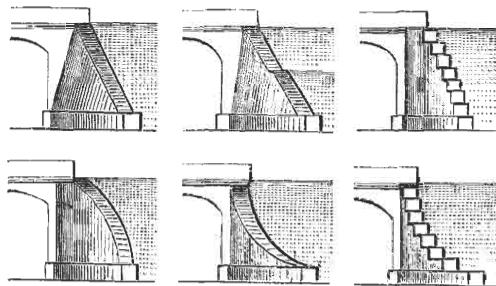


Рис. 58.

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. (55) показанъ устой такого типа для насыпи вышиною 3 сажени подъ два пути, для моста пролетомъ четыре сажени съ ѣздой по верху.

Величины  $m$  и  $n$  опредѣляются для каждого случая отдѣльно въ зависимости отъ размѣровъ желѣзнаго строенія и отъ расположенія пробѣжной 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

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

уступа, въ промежуткѣ между подферменными камнями, обдѣлывается съ уклономъ. (Черт. 15).

Подферменные камни имѣютъ форму параллелепипеда, приготовляются 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.

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

Что касается размѣровъ стѣпокъ устоя типа (3) съ колодцами, обыкновенно придерживаются того правила, чтобы наименьшая толщина была не менѣе 0,50 саж. Толщину передней стѣнки на различныхъ высотахъ дѣлаютъ 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 соответствуетъ 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 нигдѣ не былъ менѣе 0,4. Боковыя и заднія стѣнки дѣлаютъ по верху 0,50 саж. 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.

Иногда для уменьшения распора земли на устой, позади его устраивают второй, скрытый, отдельный устой, заложенный на меньшей глубинѣ (рис. 59).

Подобнымъ расположеніемъ уменьшается общій объемъ кладки, такъ какъ нѣтъ необходимости задній устой закладывать на той же глубинѣ, какъ и передній, выдерживающій грузъ пролетныхъ частей и подвижной нагрузки, и подверженный кромѣ того возможности подмыва.

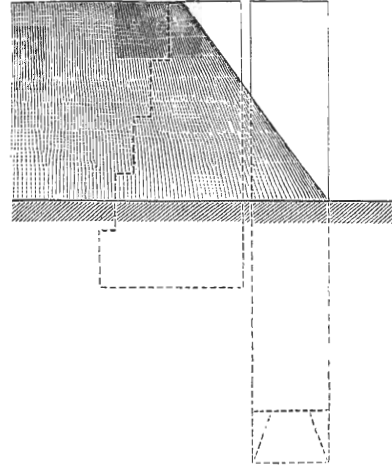


Рис. 59.

Поперечные размѣры устоя должны быть во всякомъ случаѣ таковы, чтобы онъ удовлетворялъ условіямъ устойчивости относительно *скольженія и обращенія*. 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:  $F = m \cdot P \cdot f$ , и  $F \cdot d = m \cdot P \cdot p$ , гдѣ  $m$  — коэффициентъ устойчивости отъ 1,5 до 2.

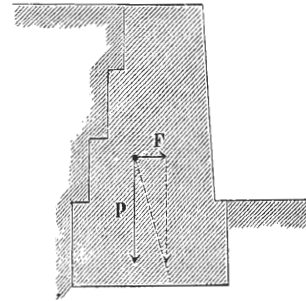


Рис. 60.

Кромѣ того, въ видахъ достиженія болѣе равномернаго давленія на грунтъ — необходимо, чтобы равнодѣйствующая отъ силъ  $F$  и  $P$  пересѣкала подошву основанія въ *средней ея трети* (рис. 60). Въ этомъ послѣднемъ случаѣ подъ  $P$  слѣдуетъ понимать не только вѣсъ устоя, но и соответственный вѣсъ пролетной части моста и подвижной нагрузки. Съ тою же цѣлью полезно уширять фундаментъ въ сторону русла, помощьюъ уступовъ такъ, чтобы общій уклонъ грани фундамента составлялъ:  $\frac{1}{2} - \frac{1}{1}$ .

Промежуточные  
опоры (быки).

Очертанию быка в плафъ, 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. Наиболее рациональнымъ очертаніемъ представляется соединеніе треугольнаго съ полукругомъ, какъ показано на рис. 61, но это, очевидно, затруднило бы кладку. Поэтому слѣдуетъ съ верховой стороны придавать сѣченіе треугольное съ закругленными плечами, а съ низовой—полукруглое, чему удовлетворяютъ всѣ быки съ ледорѣзамп (рис. 62).

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

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 вращенія, устраивается также толще въ зависимости отъ размѣровъ и системы механизма поворотной части.

Боковые грани бывають 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. 21a). Обыкновенно наклонныя грани съ верховой и низовой стороны составляютъ съ вертикалью большій уголъ, чѣмъ боковыя грани. При высокихъ виадукахъ уклонъ доходить 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, которая также можетъ составлять уклонъ не болѣе  $\frac{1}{20}$  (черт. 21 и 21a). Эти выступающія части быка изъ-за боковой поверхности моста называются *головами быка* (черт. 22).

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

Тонкіе высокіе быки связываются по высотѣ въ различныхъ мѣстахъ арками, причемъ образуются нѣсколько этажей (черт. 23);

этимъ арками пользуются иногда для проложенія по нимъ дороги, оставляя соответственныя 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 10—15 сантиметровъ (черт. 24 и 25).

Пяты арокъ 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, служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ и для отвода дождевой и другой воды, падающей на голову быка, не допуская ее стекать по боковымъ гранямъ быка.



Рис. 61.



Рис. 62.

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

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

Ледорѣзы бываютъ двухъ родовъ: 1) суживающіеся къ концу, т. е. *обыкновенные* (черт. 57), и 2) расширяющіеся къ концу, называемые *американскими* (черт. 26 и 27). Кромѣ того передняя часть ледорѣза (*носъ*) и верхняя наклонная часть могутъ быть ограничены или цилиндрическою поверхностью (черт. 27), или же двумя взаимно пересѣкающимися плоскостями съ острымъ или закругленнымъ ребромъ (черт. 26).

Льдины 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 льдинъ свободно проходятъ по обѣимъ сторонамъ ледорѣза и быка. На незначительныхъ рѣкахъ 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 льдинъ, которыя 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; чѣмъ болѣе сила, поднимающая ледъ, тѣмъ болѣе ей надо представить сопротивленія, т. е. тѣмъ круче сдѣлать уклонъ, иначе льдина можетъ ударить въ голову быка. Назовемъ скорость ледохода  $v$ ; она при ударѣ разлагается на двѣ составляющія: (рис. 63)  $v \cos \alpha$ ,  $v \sin \alpha$ . 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 показалъ, что при средней скорости ледохода надо дѣлать двойной уклонъ. При большей скорости придаютъ полуторный уклонъ; въ видахъ экономіи даже и одиночный или еще круче. Одиночные уклоны дѣлаютъ и въ томъ случаѣ, когда горизонтъ ледохода очень измѣнчивъ.

Если острое ребро ледорѣза незакруглено и матеріалъ нетвердый, ребро укрѣпляется желѣзною полосой. Если матеріалъ, 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 къ верхнему ребру ледорѣза (черт. 28).

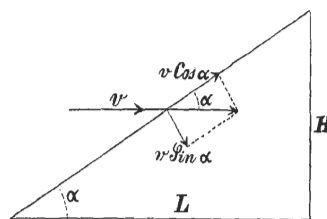


Рис. 63.

Вообще ребро ледорѣза опускаютъ ниже горизонта низкаго ледохода фута на 3 для того, чтобы льдины, встрѣчая вертикальное переднее ребро, не останавливались. Продолжаютъ ребро ледорѣза выше горизонта высокаго вода до 6-ти футъ; 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 ограничиваютъ 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 нѣкоторый уклонъ, то такой будутъ имѣть и грани ледорѣза.

На (черт. 28) показанъ эллиптическій ледорѣзъ. 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, причемъ 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 представляютъ собою вертикальныя цилиндры, построенные на полу-кругѣ нѣсколько большаго діаметра, нежели діаметръ верхняго основанія головнаго 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 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 па (рис. 64). Камни эти входятъ въ выемки, оставленныя въ нижнихъ камняхъ. Взаимное соединеніе нѣкоторыхъ камней сдѣлано посредствомъ гранитныхъ кубиковъ.

Эмпирическія  
данныя для оп-  
редѣленія раз-  
мѣровъ быковъ.

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

*Толщина быка* по веру для фермъ желѣзнодорожныхъ мостовъ, безъ горизонтальнаго распора, зависитъ отъ размѣра подфермен-

ныхъ камней; наименьшая толщина равняется двойной ширинѣ подферменнаго камня. Иногда оставляютъ еще между ними промежутокъ отъ 1'—2'. 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 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.

Основаніе настолько уширяютъ, чтобы давленіе на грунтъ отъ пагрузки, 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 на 0,50 саж. выше горизонта высокихъ водъ. На той же высотѣ слѣдуетъ закладывать и пяты арокъ. При судоходныхъ рѣкахъ, если не устраивается разводная часть, высота быка зависитъ отъ рода такелажа судовъ.

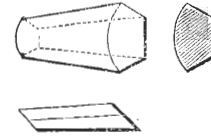


Рис. 64.

#### IV.

### Производство работъ по устройству каменныхъ опоръ.

Разбивка работъ.

Въ зависимости отъ избранной системы основанія, опоры закладываются непосредственно на грунтъ, на ростверкъ изъ лежней, на сваяхъ, на опускныхъ колодцахъ, колоннахъ и т. д. \*).

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

Главная задача состоятъ при этомъ: а) въ обозначеніи на мѣстѣ *продольной и поперечной оси* сооруженія съ указаніемъ разстоянія между опорами моста и б) въ постановкѣ *репера* съ опредѣленной отмѣткой — отъ каковаго репера отмѣриваются высоты различныхъ частей сооруженія.

Продольная ось моста обозначается на мѣстѣ двумя вѣхами, поставленными 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 уголъ, составляемый осью моста съ какимъ либо опредѣленнымъ направленіемъ (напр. съ направленіемъ оси улицы, берега рѣки и проч.) и точно переносятъ 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 нормальной къ оси моста, — по двѣ сваи, соединяютъ ихъ схватками или насадкой, а къ этой послѣдней прочно прикрѣпляютъ желѣз-

---

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

ный или деревянный шестъ, установленный по теодолиту по оси моста.

Имѣя направление оси моста, обозначаютъ затѣмъ точки пересѣченія ея съ *поперечными* осями, которыя обыкновенно соответствуютъ поперечной лицевой грани устоевъ и вертикальному сѣченію, проведенному черезъ середину быка нормально къ продольной оси моста (рис. 65). 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

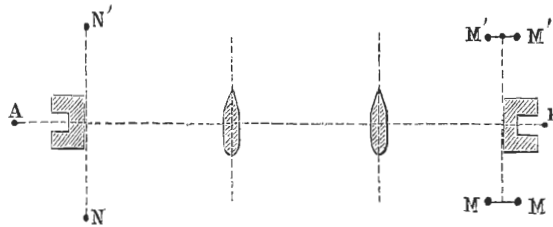


Рис. 65.

теодолита на  $90^\circ$  и по ней ставятъ по обѣ стороны продольной оси двѣ вѣхи или сваи ( $N N'$ ) (рис. 65), опредѣляющія направление поперечной оси. Иногда забиваютъ въ сторонѣ отъ предполагаемой поперечной оси по двѣ сваи ( $M, M$ ) и ( $M' M'$ ) (рис. 65)—соединяютъ ихъ пасадками и на нихъ обозначаютъ чертой или инымъ путемъ направление 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 проверенными съ намѣченными дѣленіями деревянными брусьями (линейками), вытягивая рулетку по горизонтальному полотну временнаго моста, по полотну подмостей, по льду, или укладывая брусья (лв-

нейки) на особыхъ деревянныхъ подкладкахъ и клиньяхъ, расположенныхъ по льду или на землѣ и выровненныхъ притомъ горизонтально. Длина деревянныхъ брусевъ-лишекъ около 20 ф. Концы брусевъ прикасаются одинъ къ другому съ боку и послѣ приведенія дѣлений въ совпаденіе скрѣпляются скобой съ клиньями. Брусья кладутся въ перевязку—разъ съ правой, другой разъ 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 брусья помѣщаются не въ одномъ уровнѣ, и совпаденіе конечныхъ дѣлений производится при помощи чувствительнаго отвѣса.

Кромѣ того для той же цѣли можно примѣнить проволоку. По направленію оси моста, на обоихъ берегахъ укрѣпляютъ прочно два



Рис. 66.

столба (рис. 66); 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 проволокѣ положеніе точки касанія *B*, снимаютъ проволоку и навѣшиваютъ 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*, наносятъ 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. Направление 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  $180^\circ$ , 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 самаго инструмента, поворачивали только трубу до совпаденія волоска съ вѣхой. Переложивъ трубу снова на  $180^\circ$ , можно было видѣть, что волосокъ меньше отходитъ 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 ввипченными въ нихъ роликами. По нимъ натягивалась проволока, для натяженія которой на концахъ привѣшивались чудовыя 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 опредѣленномъ. 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 отмѣренное 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. еслибъ

пришлось опредѣлить центр 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 проволокѣ.

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

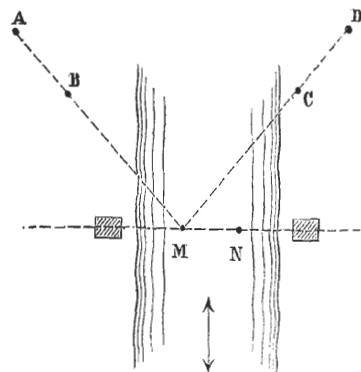


Рис. 67.

этихъ точекъ какими-либо знаками. Для этого забиваютъ сваи на берегу по направленіямъ створныхъ линий  $AB$  и  $CD$  (рис. 67) или же по направленію поперечной оси моста.

Иногда приходится намѣчать центры быковъ — триангуляціоннымъ приемомъ. Пусть напр. (рис. 68) дано направленіе продольной оси моста  $AB$  и положеніе точки  $A$ , совпадающей съ лицевою 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 направленіемъ  $ED$  и  $DF$  углы  $CED$  и  $CFD$  — устанавливаютъ по трубѣ вѣхи  $MM'$ ,  $NN'$  по направленію линий  $CE$

и  $CF$ , причѣмъ пересѣченіе направленій  $MM'$  и  $NN'$  и опредѣлить точку  $C$ .

*Реперъ* (рис. 69), служащій для провѣрки высотъ различныхъ частей сооруженія, состоитъ обыкновенно изъ врытаго въ землю

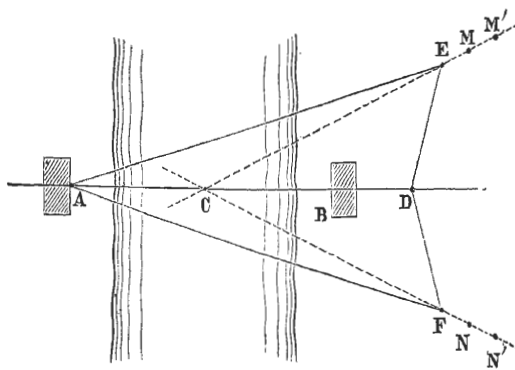


Рис. 68.

деревянного 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 спиливается горизонтально и на выровненной вершинѣ укрѣпляется металлическая дощечка, на которую ставится рейка. Иногда для постановки рейки дѣлаютъ 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 дѣлаютъ въ видѣ каменныхъ столбовъ, на прочномъ основаніи.

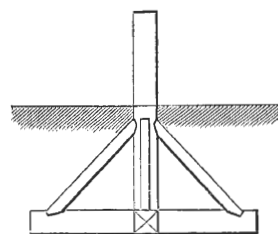


Рис. 69.

Для обезпеченія безостановочнаго производства работъ необходимо всегда имѣть на мѣстѣ работъ извѣстный запасъ матеріаловъ: буюаго и штучнаго камня, кирпича, извести, песку, цемента и

Заготовленіе матеріаловъ; обмѣръ и приѣмка.

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 гужевои 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 оставляютъ 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 (пупонка) или негашеная (кипѣлка), что зависитъ отъ относительной дальности мѣста обжига извести. Если это разстояніе не особенно велико, предпочитаютъ кипѣлку, перевозятъ 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 располагаютъ твора (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 песка и цемента.

Освидѣтельствованіе и пріемку 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 выставяемаго 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 прослоевъ постороннихъ породъ, не выѣтривающійся и сопротивляющійся дѣйствию мороза.

*Кирпичъ* долженъ быть приготовленъ изъ хорошо перемѣшанной глины, безъ избытка песка и не содержащей мергеля; онъ долженъ быть хорошо обожженъ, ровнаго 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 пушонки, количество содержащихся въ извести постороннихъ веществъ опредѣляется тѣмъ, что извѣстное количество извести сыпаютъ 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 ямы песокъ и известковое тѣсто кладутъ въ каменщицкій 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 сдѣлавъ прорѣзъ во всю высоту стѣнки и шириною около 8 вершковъ; прорѣзъ прикрыть 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 обиліи воды, температура не достаточно высока, чтобы способствовать раздробленію извести въ порошокъ; избытокъ воды охлаждаетъ массу; известь получается къ крупинкахъ 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 известковаго тѣста для раствора не допускается равнѣ 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 разсыпается 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 известковаго 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 распадешя.

*Цементъ*—долженъ быть доставляемъ въ крѣпкихъ бочкахъ, хорошо укупороженный. 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. Для приготовленія раствора, цементъ и песокъ насыпаются въ творя въ требуемой пропорціи въ сухомъ видѣ и тщательно перемѣшиваются. Въ смѣсь вливается опредѣленное по опыту количество воды все сразу и смѣсь приводится въ состояніе вязкаго однороднаго тѣста перемѣшиваніемъ составныхъ частей, безъ добавленія новаго количества воды. Цементнаго раствора заготавливается за одинъ разъ въ количествѣ не больше того, которое можетъ быть употреблено въ дѣло прежде, чѣмъ растворъ начнетъ крѣпнуть.

*Песокъ*—долженъ быть чистый, безъ примѣси глины, землястыхъ и органическихъ веществъ. Лучшимъ пескомъ считается грунтовый,

---

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

какъ состоящій изъ неровныхъ, угловатыхъ песчинокъ, 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 песокъ также представляетъ округленные песчинки, въ добавокъ пропитанныя вредными для раствора солями.—Накопецъ наносный (верховый), сыпучій песокъ, состоящій изъ мелкихъ легкихъ кварцевыхъ зеренъ, смѣшанныхъ съ известью и глиной—наиболѣе неудовлетворительный для раствора песокъ.

По составу своему лучшимъ пескомъ считается кварцевый, затѣмъ полево-шатовый, и хуже всего—известковый.

Для бутовой кладки идетъ крупный песокъ, т. е., такой который проходитъ черезъ сито съ отверстіями шириною 1,8 лин., и не проходитъ черезъ отверстія шириною 0,8 лин.; для тесовой и кирпичной кладки употребляется средній песокъ, проходящій чрезъ 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 бараки. 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 досчатый настилъ; подъ схватки ставятъ короткіе брусья, подушки (ушаки), врубленные въ стойку и скрѣпленные съ нею завершенными гвоздями. Соединеніе между различными этажами лѣсовъ производится по *стремлянкамъ*.

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 краяхъ, или же пользуются вращающимися кранами. Въмѣсто подвозки на вагонеткахъ—



материал доставляется иногда къ каждой изъ опоръ на баркахъ или плотахъ. Въ первомъ случаѣ вдоль постояннаго 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 (*B*) (черт. 30) перемѣщается мостовой кранъ (*B*), вдоль котораго въ свою очередь перемѣщается лебедка (*I*). На (черт. 30) *A* — представленъ временный мостъ съ продольнымъ путемъ, по которому перемѣщаются вагонетки съ камнемъ. Параллельно длиннымъ боковымъ гранямъ опоры забить двойной рядъ высокихъ свай (*B*), 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 (*B*) опирается парный брусъ, въ который врублены стойка и подкосъ крана. Стойки и подкосы перекрыты сверху продольной насадкой, образующей прогонъ крана, усиленный притомъ шпренгелемъ; на продольныхъ насадкахъ расположены поперечины, прогоны, шпалы и рельсовый путь, по которому перемѣщается лебедка (*I*).

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 вагонетки, затѣмъ мостовой кранъ отодвигается назадъ, останавливается противъ того мѣста, куда слѣдуетъ опустить камень; лебедка, передвигаясь по мостовому крану, точно становится надъ тѣмъ мѣстомъ опоры, куда требуется камень.

Нерѣдко устраиваютъ по обѣ стороны моста временный путь для передвиженія ваговетокъ, 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 краномъ, передвигающимся по одному определенному поперечному пути; необходимо мостовой кранъ или лебедки послѣдовательно помѣщать на различныхъ этажахъ подмостей. Въ этомъ случаѣ мостовые краны дѣлаются болѣе простой конструкціи, какъ показанный на примѣрѣ 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 сверху того кобылками. По краю съемной схватки сложенъ рельсъ, по которому перемѣщается кранъ съ лебедкой. По мѣрѣ возведенія кладки—съемная схватка соответственно 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 отстоятъ отъ первого 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), но 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 крана (черт. 36), причемъ путь этотъ можно было постепенно поднимать съ одного этажа на другой. Для поддержанія этого пути, нѣкоторыя изъ поперечныхъ схватокъ (черт. 35) дѣла-

лись болѣе длинными и тройными; конецъ выступающихъ схватокъ былъ подпертъ тройными 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 каждого 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 (прогоновъ) 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 известной высотѣ ряды брусевъ поперекъ опоры, и концы ихъ подпираются подкосами (рис. 70). Брусъ 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 устанавливаютъ 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 норья (черт. 40).

Звенья бесконечной цепи состоятъ изъ полосъ желѣза, взаимно соединенныхъ стяжными болтами; на эти же стяжные болты навѣшиваются ящики съ растворомъ.

Въ извѣстныхъ случаяхъ, когда напримѣръ пролеты не велики, а высота значительна, для подъема матеріала и для кладки опоръ вовсе не устраиваютъ вертикальныхъ лѣсовъ, — а ограничиваются

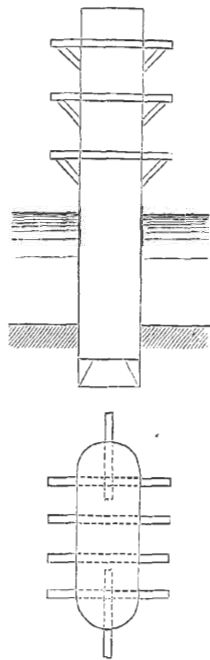


Рис. 70.

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 кѣтки изъ брусевъ, постепенно поднимаются домкратами. Матеріалъ подвозится къ одному опредѣленному мѣсту и поднимается вверхъ при помощи локобилья. Полезно — какъ это и показано на черт. 41 — прикрѣплять къ обоямъ концамъ каната, перекинутого черезъ блоки, по платформѣ; при опусканіи одной платформы — другая одновременно поднимается. Матеріалъ, доставленный вверхъ, развозится по опорамъ мостовыми кранами. На этомъ же чертежѣ показанъ подъемъ раствора помощью норы.

Иногда матеріалъ перемѣщается, какъ по горизонтальному, такъ и по наклонному направленіямъ, въ особыхъ люлькахъ, подвѣшанныхъ къ роликамъ, перемѣщающимся по проволочному канату (чер. 41а).

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 па подводахъ). Лебедкой камень поднимается изъ телегъ или изъ вагоновъ и ставится на вагонетки. Передвинувъ вагонетку по ниж-

нему ярусу къ краю подмостей,—той же лебедкой снимають камень съ вагонетки и опускають въ барки. Поднимаемые камни обвязываются канатами, или же пользуются особаго рода щипцами, раздвигающимися при подъемѣ камня; въ этомъ случаѣ необходимо сдѣлать соответственное углубленіе въ камни (чер. 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 расходовапія.

Въ зимніе мѣсяцы заготавливаютъ матеріалъ, устраиваютъ подмости, ремонтируютъ машины, инструменты и проч. Весною обыкновенно начинаютъ работы, устраиваютъ основанія и проч. Лѣтомъ и осенью, пользуясь низкимъ горизонтомъ воды, стараются вывести кладку, выше горизонта высокихъ водъ.

Къ временнымъ вспомогательнымъ сооружениямъ слѣдуетъ отнести кромѣ временныхъ мостовъ, подмостей и разныхъ механическихъ приспособленій по перемѣщенію и подъему матеріаловъ: помѣщеніе для конторы, 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 черезъ р. Бугъ на Сѣдлецъ-Малкинскій желѣзнодорожъ.

При производствѣ бутовой кладки фундамента, первый рядъ камней кладется на грунтъ или на ростверкъ—насухо. Для него выбираютъ 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 расцебиваются 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

Бутовая, кирпичная и бетонная кладка.

крупные, постелистые. Передъ положеніемъ камня на мѣсто, онъ очищается отъ грязи и пыли, пригоняется, т. е. окалывается, и смачивается водой. Каменщикъ кладетъ на предъидущій рядъ камней слой раствора толщиной около дюйма, разравниваетъ его каменщицъей лопаткой (кельмой) (рис. 71), 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.

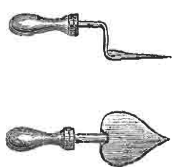


Рис. 71.

Выбирая для версты камня, слѣдуетъ по возможности чередовать *ложки* съ *тычками*, соблюдая при томъ перевязки швовъ по отношенію нижняго ряда. Нерѣдко тычковые камни въ хвостовыхъ частяхъ значительно тоньше, 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 онъ при этомъ сглаживалъ его лопаткой, такъ какъ образующееся при этомъ хотя незначительное сжатіе раствора способствуетъ его высыханію и отвердѣнію, и при положеніи слѣдующаго ряда камней свѣжій растворъ дурно пристаеъ къ отвердѣвшему. Равнымъ образомъ не слѣдуетъ допускать, чтобы камни укладывались насухо 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 (чер. 54). Худо положенный камень шатается подъ ногой, и его слѣдуетъ либо удалить, либо подбить мелкимъ камнемъ, но никакъ не сунимъ, 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 горизонта высокихъ водъ — цементный — съ большимъ содержаніемъ песку или сложный растворъ изъ 1 части цемента, 2 частей извести и 6 частей песку. Въ сложномъ растворѣ — цементъ прибавляется къ готовому известковому раствору. Не слѣдуетъ допускать въ работу растворъ, начавшій твердѣть, что для известковаго раствора имѣть мѣсто послѣ 6 часовъ затворенія, для сложнаго — послѣ 2 часовъ, а для цементнаго — послѣ 1 часа.

*Кирпичная кладка.* Въ извѣстныхъ случаяхъ, за неимѣніемъ удовлетворительнаго бутоваго камня — кладка опоръ *выше горизонта высокихъ водъ* производится изъ хорошо обоженнаго кирпича, однороднаго сложенія, съ соблюденіемъ условія перекрытія швовъ. По-

добно тому, какъ и въ бѣтовой кладкѣ, выводить сначала *версту*, а затѣмъ класть въ сокъ или съ правильной перевязкой кирпичи внутренняго заполнения, 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  $\frac{1}{3}$  дюйма и во всякомъ случаѣ не болѣе  $\frac{2}{3}$  дюйма. У насъ обыкновенно держатся того правила, чтобы 9 рядовъ соответствовали по высотѣ 1 аршинѣ. 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 последнее 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 песка. 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 бетонированіи 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 дна котлована на толщину предполагаемаго къ опусканію слоя. До начала бетонированія поверхность грунта выравнивается, и щебень втрамбовывается слоями посредствомъ ручныхъ трамбовокъ до совершеннаго уплотненія основанія. Обыкновенно бетонъ закладывается слоями толщиною по 0,25 саж. и, если возможно, лучше производить кладку бетона въ освобожденномъ отъ воды пространствѣ, послѣдовательно трамбуя слои; но для лучшаго отвердѣнія бетона необхо-



напримѣръ въ ледорѣзахъ, карнизахъ, подферменныхъ камняхъ), полустую, или же ихъ отдѣлываютъ въ рамку (черт. 46) шириною около  $1\frac{1}{2}$  д., оставляя среднюю часть въ грубо околотоми видѣ. При чистой тескѣ лицевыя грани камней или не имѣютъ скошенныхъ реберъ (цоколь черт. 46), или всѣ четыре ребра имѣютъ рустикъ (черт. 47), или наконецъ рустикъ дѣлается по одному горизонтальному направленію (черт. 48).

Облицовочныя 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 тесаныя. (Среднюю постелью облицовочныхъ камней 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 большей связи облицовочныхъ камней—заусенки ложковъ и тычковъ должны быть вытесаны подъ угломъ  $87^\circ$  и  $93^\circ$  (черт. 20 и 27). Иногда смежныя облицовочныя камни соединяются пиронами, и въ быкахъ тычки проходить во всю толщину быка (черт. 20 и 27), соединяясь также пиронами. 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 раздѣляется 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 тонкій слой жидкаго раствора цемента и разравниваютъ лопаткой; затѣмъ выбиваютъ клинья, поддерживая камень ломомъ и наконецъ опускаютъ въ растворъ. Между сосѣдними камнями по наружному ребру закладывается иногда тонкій шнуръ, а изнутри шовъ задѣлывается цементомъ. Промежутокъ заливается совершенно жид-

кимъ растворомъ цемента; послѣ отвердѣнія вынимаются шнуры, отчего образуются швы. Когда такимъ образомъ уложенъ весь лицевой рядъ, внутреннее пространство, огражденное 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 устанавливають въ истинномъ центрѣ опоры (который при ошибочности кладки можетъ не совпадать съ дѣйствительнымъ центромъ) теодолитъ, направляютъ трубу по истиннымъ продольнымъ и поперечнымъ осямъ опоры, отмѣчаютъ эти направленія на кладкѣ и сравнивають съ предыдущими. Для того, чтобы не искать долго центра опоры, дѣлають заблаговременно по направленію истинныхъ осей—отмѣтки на лѣсахъ, натягивають по нимъ взаимно пересѣкающіяся проволоки, точка пересѣченія которыхъ и даетъ положеніе центра, окончательно выправляемое при установкѣ теодолита по направленію истинныхъ осей.

Кромѣ того отмѣтка каждаго ряда извѣстна, и высота повѣряется нивелиромъ.

Чтобы дать возможность рабочимъ повѣрять себя, готовятъ рейки съ отмѣченными рядами и прибаваютъ ихъ у концовъ опоры къ лѣсамъ, по нивелиру. Протягивая шнуры между отмѣтками извѣстнаго ряда, получаютъ высоту, на которой долженъ находиться данный рядъ. По возведеніи кордона выравнивають 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, обивають на облицовочныхъ камняхъ сильно выступающія неровности и затѣмъ расшивають швы. Последняя работа заключается въ томъ, что пустоты, оставленныя шнурами, которые были прокладываемы между камнями, заполняютъ цементомъ, смочивъ предварительно швы водою, и расшивають особенными лопатками.

Кирпичная облицовка преимущественно примѣняется только въ томъ случаѣ, если осталная, по толщинѣ опоры, часть кладки также

кирпичная. Существуют впрочем примѣры, гдѣ бутовая кладка облицована кирпичемъ и\* обратно—кирпичная кладка облицована камнемъ; но этого 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 направленіямъ (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

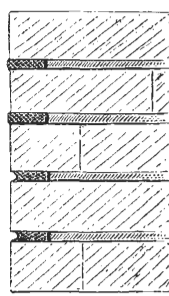


Рис. 72.

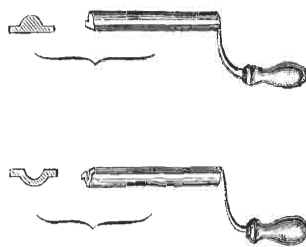


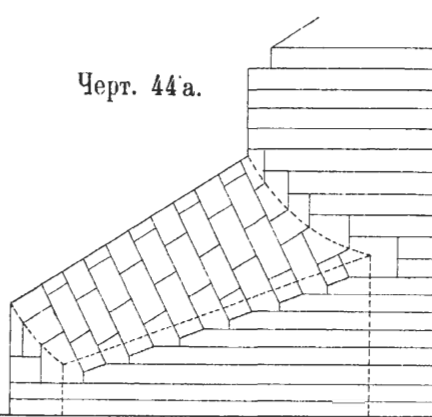
Рис. 73.

выбираются лучшаго качества, безъ примѣси мергеля, правильной формы, одинаковыхъ и съ чистыми кромками. При самой кладкѣ — швы съ лица дѣлаются пустыми (около  $\frac{1}{2}$  дюйма отъ лицевой грани) и затѣмъ за-

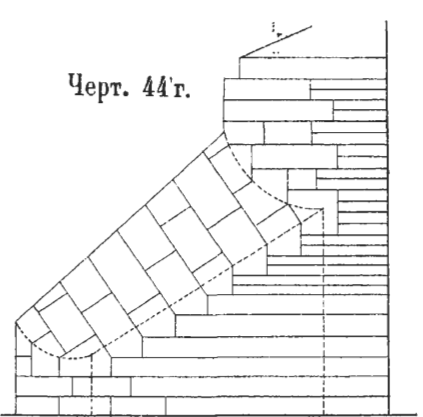
полняются цементомъ, расшиваются особыми расшивками, соответствующими выпуклымъ или вогнутымъ швамъ (рис. 72 и 73). Предъ положеніемъ цемента швы смачиваются водой.

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, толщиною 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

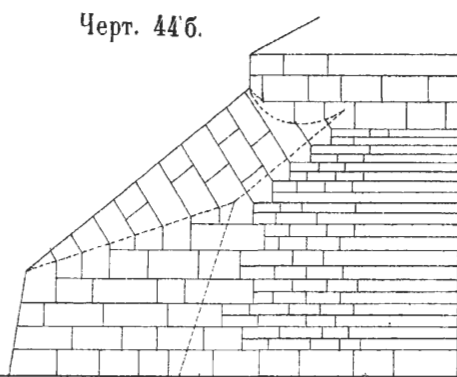
Черт. 44'а.



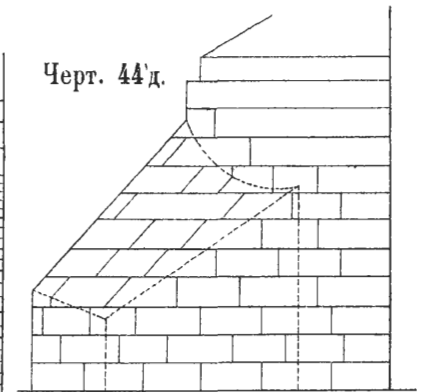
Черт. 44'г.



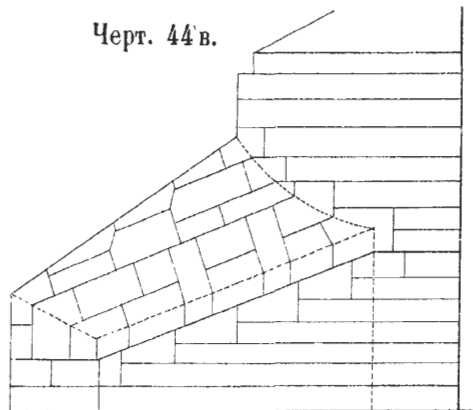
Черт. 44'б.



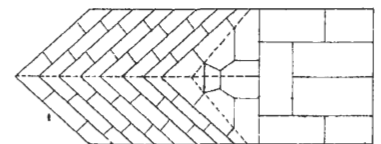
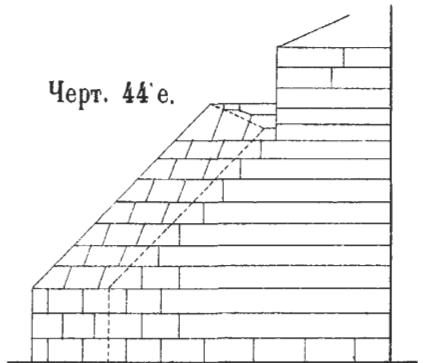
Черт. 44'д.



Черт. 44'в.



Черт. 44'е.



изъ врубленныхъ въ четверть половыхъ досокъ, соединенныхъ шпонками. Внешняя поверхность щитовъ тщательно остругивается. Для предупрежденія отклоненія щитовъ помѣщаются черезъ  $\frac{3}{4}$  саж. распорныя рамы и схватки, плотно закрѣпленные клиньями. 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 предъидущаго ряда, т. е., чтобы выступы приходились противъ впадинъ и обратно. Сложивъ одинъ рядъ, наполняютъ бетономъ промежутокъ между щитомъ и кладкою; бетонъ трамбуютъ сперва шестами для того, чтобы бетонная масса наполнила всѣ 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 ногтя.

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 разрѣзаются 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 (чер. 44), или ребру пересѣченія верхнихъ и боковыхъ граней (чер. 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 верхнему ребру (чер. 44'д), или, во избѣжаніе острыхъ плоскихъ угловъ, перпендикулярна къ горизонтальному слѣду сѣченія верхнихъ наклонныхъ граней (чер. 44'е). Что касается угловыхъ камней, сопрягающихъ верхнюю наклонную грань съ боковыми гранями, то въ нихъ разрѣзка дѣлается со входящими углами (чер. 44'б), или лучше безъ входящихъ угловъ (чер. 44'г) и (чер. 44). На чертежѣ 44'г показаны различныя разрѣзки со вхо-

дящими углами и безъ нихъ, причемъ каждому ряду верхняго наклоннаго ребра соответствуетъ одинъ, два или болѣе рядовъ боковыхъ граней, что бываетъ въ зависимости отъ угла 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 напримѣръ камель, размѣры граней котораго показаны на чертежѣ 52.

Кромѣ этого слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы въ кривыхъ или прямыхъ пересѣченія различныхъ поверхностей не было швовъ 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 ледорѣзахъ разрѣзка производится двумя плоскостями, изъ которыхъ одна горизонтальна или нормальна къ верхнему наклонному ребру (чер. 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 (чер. 5), 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.

## Деревянные опоры.

Устои в небольших мостах состоят из стоек и ступьев, соединенных в верхней части насадками. Ступья слѣдует опустить ниже линіи промерзанія грунта и в нижней части обугливать для предупрежденія гніенія. Подъ нижнюю оконечность ступа должно положить крупныя булыги, или поставить ступъ на деревянный крестъ, связать его съ крестомъ подкосами и во всю глубину ямы обсыпать щебнемъ или гравіемъ (черт. 57). Въ противномъ случаѣ глинистый грунтъ, размоченный осенью, выпучиваясь, можетъ приподнять ступъ 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); насадки 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 изъ сухой кладки \*). Якорныя сваи забиваются про-

\*) Взамѣнъ якорныхъ свай предложены въ последнее время цементныя свайки. Помощью лома дѣлается въ грунтъ углубленіе до 0,66 с., въ которое вставляется проволока толщиной 4—5 мм. и все заливается жидкимъ растворомъ цемента. Жидкій растворъ, заполняя промежутки между частицами грунта, образуетъ цѣлую сеть боковыхъ отвлѣтлений, 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

тивъ 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, онѣ соединяются съ остальными сваями горизонтальными схватками и крестами (черт. 10).

Деревянные устои *большихъ и высокихъ мостовъ* состоятъ изъ рядовъ свай, соединенныхъ между собою поперечными и продольными схватками и раскосами; одиночныя ряды свай забиваютъ на разстояніи не болѣе сажени одинъ отъ другого (черт. 10). На (черт. 59 и 60) показанъ устой временнаго деревяннаго моста, замѣняемаго каменнымъ виадуккомъ. Устои состоятъ изъ ряда свай, срубленныхъ на опредѣленной высотѣ и перекрытыхъ двойной поперечной насадкой. Въ насадку врублены стойки, непосредственно подпирающія ферму, а затѣмъ и наклонныя подкосы (черт. 60). Нѣкоторыя изъ свай для большей устойчивости забиты наклонно; всѣ сваи 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 ряжевymi (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 на рубаются такимъ образомъ, чтобы стѣнки приходились въ перевязку; во избѣжаніе выпучиванія стѣнокъ эти послѣднія обжимаются вертикальными сжимами; нѣкото-

---

увеличенія сопротивленія вырыванію полезно пользоваться вмѣсто лома особаго рода полымъ шупомъ, 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. Сдѣленіе цементнаго раствора съ металломъ, какъ извѣстно, очень большое.



рые 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 объѣзному 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 на-крестъ положенныхъ брусевъ.

Такъ какъ устои по конструкціи имѣютъ много общаго съ быками, то перейдемъ къ детальному разсмотрѣнію устройства промежуточныхъ опоръ.

Устройство быковъ измѣняется въ зависимости отъ пролета, вы-

сообща быка, системы пролетной части и назначенія моста. Вообще деревянные опоры, какъ крайнія, такъ и промежуточные, 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. 162 и 163). Для большей устойчивости крайнія сваи или нѣсколько крайнихъ забиваются наклонно, или же ограничиваются схватками—горизонтальными и наклонными (черт. 163 и 165).

Иногда же крайнія сваи забиваются отвѣсно, но срѣзываются ниже остальныхъ свай, причемъ въ низкія сваи упираются подкосы (черт. 63). Въ горизонтѣ ушора нижняго конца подкоса проходятъ двѣ поперечныя схватки (черт. 164).

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

Быки. Свайныя опоры съ цѣльными или срощенными стойками. Разстояніе между сваями. Различныя типы врубокъ. Схватки поперечныя, продольныя и діагональныя. Раскосы. Царныя и тройныя сваи. Многоярусныя опоры. Детали соединеній стоекъ съ насадками и схватками. Раскосныя опоры. Детали соединенія раскосовъ съ ребрами. Способы прикрѣпленія къ каменной кладкѣ.

или болѣе свай подѣ путь, и затѣмъ, будутъ ли прогоны моста расположены на сваяхъ или на поперечной насадкѣ.

Если подѣ путь назначаются двѣ сваи—разстояніе между центрами свай—5,5 или 6 фут., 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 подѣ 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 позволить сохранить для рельсоваго пути прямое направление, невыходя 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 ѣздою по-верху разстояніе между сваями такъ рассчитывается, чтобы оставалось со всѣхъ сторонъ достаточное свободное пространство для производства клепки (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 столько, 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 клепки.

Одно изъ существенныхъ неудобствъ этихъ системъ состоитъ въ томъ, что опоры моста и подмостей однѣ и тѣ же, и поэтому, при проходѣ поѣзда по временному мосту, вслѣдствіе сотрясенія большая часть подкладокъ и клиньевъ, поддерживающихъ ферму, сдвигаются съ мѣста, почему необходимо очень часто вывѣрять нивелиромъ, сохранять 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.

Если каменные опоры предполагается вывести послѣ постройки временного моста, деревянные опоры слѣдуетъ такъ размѣщать,

чтобы онъ не мѣшали производству каменной кладки. На чертежѣ 59-мъ показанъ временной мостъ, имѣющій быть замѣненнымъ каменнымъ мостомъ; для возможности смыканія сводовъ въ тѣхъ пролетахъ, гдѣ поставлены деревянные быки, эти послѣдніе убираются послѣ того, какъ поставлены временныя деревянные опоры на готовые каменные быки.

При значительной вышинѣ моста сваи наращиваются врубкою секторами (рис. 74), или въ полдерева со стяжкою бугелями, въ

Рис. 74.



Рис. 75.

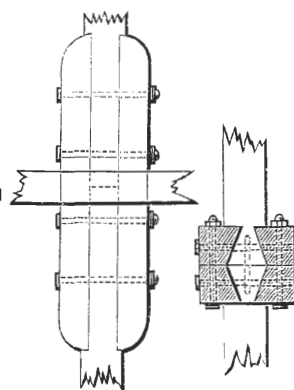


Рис. 76.

Рис. 77.

притыкъ съ двумя накладками съ обѣихъ сторонъ (рис. 75), или безъ врубокъ, сопрягая обѣ части чугунной муфтой (рис. 76), а также четырьмя схватками, врубленными въ лапу и стянутыми болтами (рис. 77)\*. На черт. 64 показаны детали врубокъ насадокъ и подкосовъ со связями.

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу два смежныхъ быка связы-

\*) Въ опорахъ, разбираемыхъ на время ледохода, сраста устраивается 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 (а, в, а). Средняя свая в срезана выше горизонта низкихъ водъ, но на 1 саж. ниже крайнихъ свай—а, срезанныхъ въ свою очередь ниже горизонта ледохода. Всѣ сваи стипуты двумя рядами по-

ваются между собою продольными схватками, а также иногда и диагональными полусхватками, когда есть основание опасаться бокового (вдоль моста) выпучивания опоръ (особенно въ подкосных мостахъ), отъ неравномерной нагрузки пролетовъ.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу продольныя схватки часто и не помѣщаются, такъ какъ здѣсь не можетъ быть такой неравномерной 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

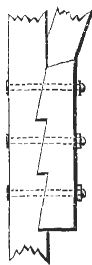


Рис. 78.

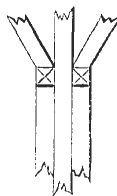


Рис. 79.

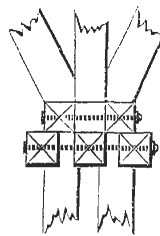


Рис. 80.

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 не глубокими зубьями и болтами (рис. 78). Такой способъ упора подкосовъ имѣетъ то преимущество, что свая ослабляется очень незначительно.

При постоянныхъ же мостахъ лучше упирать подкосы въ отдѣльныя сваи (рис. 79), забитыя рядомъ со сваей быка, такъ какъ при

перечныхъ горизонтальныхъ схватокъ: одинъ рядъ въ уровнѣ вершины сваи—*a*, а другой—въ уровнѣ вершины сваи—*b*. Въ промежутокъ между сваями—*a* вставляется съемная стойка—*b'*, упирающаяся непосредственно на торецъ сваи—*b*. Работа эта довольно кропотливая, такъ какъ производится тотчасъ по проходѣ ледохода, когда горизонтъ воды постоянно поднимается и слѣдовательно приходится оцущью отыскивать мѣсто для постановки стойки *b'*.

неисправномъ состояніи желѣзныхъ связей (гаекъ, болтовъ и проч.) схватки могутъ отстать отъ свай, и подкосъ не будетъ имѣть упора. Въ послѣднемъ случаѣ, для уменьшенія издержекъ, забиваютъ не три сваи, а двѣ, соединяютъ ихъ поверху тремя схватками, въ среднюю вставляютъ шипомъ стойку, основаніе которой зажимается между двумя другими схватками, а въ эти послѣднія врубаютъ подкосы\*). Такой быкъ по конструкціи принадлежитъ уже ко второму типу (рис. 80).

Если пролеты значительны и по расчету одиночнаго ряда свай недостаточно, тогда забивается двойной или тройной рядъ. Но лучше сваи двойного ряда ставить не вплотную, а раздвигать на 0,75—1 саж. и связывать продольными и поперечными схватками и крестами, тѣмъ 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 сваи. Между откосными и крайними коренными сваями помѣщенъ подкосъ. Сваи обжаты горизонтальными поперечными схватками въ вершинѣ опоры, по серединѣ высоты и внизу; между поперечными схватками помѣщены въ вертикальной плоскости діагональныя полусхватки. Непосредственно надъ нижней и средней поперечными схватками расположены продольныя схватки около коренныхъ свай и полусхватки около откосныхъ свай. Прогонъ моста, состоящій изъ двойного бруса, парублены на сваи; 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 сваи неодинаковой высоты; между откосными сваями и между крайней коренной и средней откосной свай помѣщены подкосы. Сроствъ свай со стойками сдѣланъ въ уровнѣ ниж-

---

\*) На Уссурийской желѣзной дорогѣ этотъ типъ нѣсколько видоизмѣненъ. Между выступающими надъ поверхностью грунта вершинами двухъ коренныхъ свай (черт. 63") помѣщена промежуточная схватка, въ которую вставлена средняя стойка. Рядомъ со стойкой поставлены вплотную двѣ другія, парубленные въ полдерева на нижнія коренныя сваи такъ, что образуется непосредственный сrostъ свай со стойками. Сроствъ этотъ обжимается двумя парами поперечныхъ и одной парой продольныхъ схватокъ. Можно было бы на двѣ коренныя сваи парубить насадку и въ нее вставить всѣ три стойки.

нихъ схватокъ; второй сръсть 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 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 изъ трехъ брусевъ. Середина прогона подперта двумя подкосами.

На (черт. 65*а*) — 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*б*)—изображено соединеніе одиночныхъ схватокъ со сваей; въ сваѣ сдѣлано два гнѣзда для приѣма соответственныхъ шиповъ схватки.

(Черт. 65*в*)—представляетъ деталь сроста свай или стоекъ; въ торцы сращиваемыхъ стоекъ забить завершенный штырь; для предупрежденія отклоненія въ сторону и отдѣленія верхней нарощенной части—сръсть обжать по двумъ перпендикулярнымъ направленіямъ схватками, причемъ схватки врублены въ лапу съ присѣкомъ и имѣютъ наклонные шипы.

Черт. 65*е*—и 65*ж* не требуютъ объясненія.

Черт. 65з — представляет деталь сроста прогоновъ моста помощью сложной врубки и дубоваго клина — соединенія, называемаго замкомъ.

На черт. 65и — показана врубка въ подушкѣ, въ которую упираются подкосы фермы; боковыя грани скошены нормально къ направлению раскосовъ; въ граняхъ сдѣланы гнѣзда для шиповъ подкосовъ; въ верхней грани подушки, для помѣщенія прогоновъ фермы, имѣется вырубка съ присѣчками 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 раскосены во избѣжаніе искривленія ихъ въ сторону русла, вслѣдствіе осадки и распора насыпи.

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 оси моста) насадками (черт. 60), и выше лежащія 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 нѣкоторыми 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.

Многоярусныя опоры.

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, при чемъ стойки и подкосы среднихъ граней расположены въ вертикальной поперечной плоскости, а крайнихъ граней — въ наклонной плоскости; на высотѣ 8,3 метр. отъ нижняго ряда насадокъ помѣщенъ второй рядъ двойныхъ насадокъ и поставленъ 3-й ярусъ. Въ вершинѣ опоры двойная коренная стойка, прихо-

дящаяся 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, во избѣжаніе поднятія насадокъ водою, шины на сваѣ нарубаются прямыя, а гнѣздо въ насадкѣ дѣлается въ видѣ ласточкина хвоста. Затѣмъ на шины устанавливается дубовый клинъ и при осаживаніи насадки клинъ забивается въ шипъ, раздвигая его сообразно очертанію гнѣзда. Иногда гнѣздо дѣлають сквознымъ такъ, что шипъ проходитъ во всю высоту насадки и затѣмъ въ шипъ 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, при чемъ нѣкоторыя части арки упираются въ стойку, другія—въ насадки и схватки. Шины на крайнихъ сваяхъ нарублены не по оси свай; въ средней сваѣ шипъ толще и выше, что сдѣлано для образованія самостоятельнаго шипа для средней насадки. Крайнія насадки лежатъ прямо на сваяхъ и схваткахъ безъ шиповъ для того, чтобы при завинчиваніи ихъ болтами онѣ могли крѣпко обхватить стойки. Какъ вырубки въ схваткахъ, такъ и шины въ сваяхъ сдѣланы съ присѣкомъ (съ потемкой) около  $\frac{1}{2}$  вершка. При сопряженіи подкосовъ со стойкой, на послѣдней нарубленъ шипъ толщиною въ 2 вершка, а въ подкосѣ сдѣлана соотвѣтственная 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 деревянныя подушки, принимающія на себя давленіе отъ арки.

На (черт. 66-мъ) 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, вшпуненныхъ шипами въ двѣ среднія схватки. Между средними сваями помѣщены распорки, и кромѣ того всѣ сваи обжимаются діагональными полусхватками.

Эти быки (въ большинствѣ случаевъ пирамидальныя) устраиваются преимущественно на каменномъ фундаментѣ, который, въ виду трудности ремонта этихъ быковъ, выводится выше горизонта высокыхъ водъ.

Раскосныя  
опоры.

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 наружныя 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; брусья соединены шпопками и стянуты четырьмя болтами, размѣщенными попарно по двумъ направленіямъ. Въ плоскости граней помѣщена раскосная рѣшетка со стяжными болтами; узловыя 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 крайних ребер соединены шпонками с двойными брусками, перекрытыми общей насадкой. В плоскости соприкосновения брусьев двойного бруса пропущен болт, проходящий во внутрь каменной кладки, в которой сделана горизонтальная галерея. Завинчивая гайки поверх насадки и под бруском, помещенным в колодезь для передачи давления от гайки болта на большую площадь кладки, получается прочное закрепление с каменной кладкой.

Ряжевые промежуточные опоры.

Когда в грунт нельзя забить сваи и глубина рѣки незначительна, быки составляют из ряжевых ящиков, заполняя все внутреннее пространство камнем. Стойки таких быков связываются между собою горизонтальными и диагональными схватками и прикрепляются к внутренним схваткам ряжей.

Все деревянные опоры имеют один крупный недостаток: части, находящаяся в пределах изменения горизонта воды, т. е. подвергающаяся попеременному действию воды и воздуха, — быстро гниют. Если замена таких частей может впоследствии представить затруднения, тогда нижнюю часть опоры до горизонта высоких вод делают каменной, а верхнюю часть — деревянной, или же деревянные стойки, в пределах изменения горизонта, заменяют металлическими. Так напр. на деревянные сваи, забитые ниже горизонта низких вод, надевают чугунные или железные пустотелые колонны с ребрами или приклепанными к ним поясными уголками. Внутренность колонны заполняется бетоном или заливается цементом не до верха, и в оставшееся свободное место вставляется деревянная стойка следующего этажа. В местах сраста металлических стѣн с деревянными помещаются двойные схватки, стянутые болтами.

Деревянные ледорѣзы.

Вышину деревянных ледорѣзов определяют так же, как и вышину каменных, придавая уклон от 1 : 1 до 2 : 1. Деревянные ледорѣзы всегда помещаются отдельно от деревянных быков с целью оградить мостовое сооружение от ударов льдин. Смотря по силе напора льда деревянные ледорѣзы устраиваются различно. Самый простой ледорѣз, состоящий из одного ряда свай, представлен на (черт. 70). На круглые сваи, соединенные схватками под горизонтом низких вод, насажены брусья под полуторным или двойным уклоном, смотря по скорости течения; вертикальные сваи подперты подкосами. На верхнем ребре бруса прикреплена железными обоймами железная полоса; этими же обоймами соединены

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 направленіямъ, сходящимся въ одну точку. На (черт. 71) показанъ такой ледорѣзъ. Крайніе ряды свай срубаны на одномъ уровнѣ, а средніе—на различныхъ высотахъ, при чемъ средніе ряды приходятся 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 полосоваго 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 воды обыкновенныхъ (черт. 72). Ледорѣзные брусья связаны изъ трехъ бревенъ, 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 полосоваго желѣза, оканчивающихся винтовыми нарѣзками; 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, при чемъ на нихъ нарублены пицы, а въ ледорѣзныхъ брусьяхъ вынуты соответственныя гнѣзда. Черезъ двѣ концевыя сваи и ледорѣзные брусья пропущены желѣзные штыри, оканчивающіеся винтовой нарѣзкой; толщина штырей  $1\frac{1}{2}$  д.; кромѣ того къ сваямъ, осаживаемымъ вмѣстѣ съ ледорѣзнымъ брускомъ, 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 работ по устройству деревянных опоръ.

Заготовленные для работ бревна должны быть прямыя, не сучковатыя, не сухоподстойныя, сухія, не менѣ двухъ-трехъ лѣтъ послѣ срубки дерева, безъ синевы, прямослойныя и мелкослойныя. Для свай можетъ быть употребленъ и сырой лѣсъ. При ударѣ—бревна должны издавать ясный звукъ, что служитъ признакомъ отсутствія дряблости; торецъ долженъ имѣть однообразный цвѣтъ, безъ рѣзкихъ переměнъ 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 крѣпче; поэтому мелко-слойный лѣсъ предпочтительнѣе крупнослойнаго. На томъ же основаніи лѣсъ на югѣ, какъ болѣе быстро растущій, менѣ проченъ и долговѣченъ, чѣмъ лѣсъ сѣверныхъ странъ.

По подвозкѣ лѣса къ мѣсту работъ — начинается правка лѣса, обтеска круглышемъ, въ правильные цилиндры, конусы, па 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, — провѣшиваютъ по льду продольную ось моста, отмѣчаютъ величины пролетсвъ и обозначаютъ вѣхами оси быковъ при помощи эккера или другого инструмента, затѣмъ обозначаютъ на льду колышками мѣста свай. Пробивъ пѣшными на этихъ мѣстахъ ледъ, забиваютъ

свай 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—разбивка менѣе сложна.

Нерѣдко, для болѣе точной забивки свай, устанавливаютъ на льду или на землѣ четырехугольную раму, на которой начерчено направление продольныхъ и поперечныхъ рядовъ свай каждой опоры. Рамы устанавливаютъ, ориентируясь 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 свая она обвязывается канатомъ, который закручивается аншпугомъ, и закоперщикъ, надавливая на одинъ конецъ аншуга, 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.

Во время забивки ведется особый журналъ для каждой свай, въ которомъ заносится № свай (соотвѣтственно плану), число ударовъ въ залогъ, высота паденія, вѣсъ бабы и величина погруженія свай послѣ каждаго залога. Величина погруженія отмѣчается чертой, проводимой на передней стойкѣ копра по линейкѣ, прилегаемой къ вершинѣ свай, или линейка 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 свай \*). Въ песчаныхъ грунтахъ работа по забивкѣ свай идетъ очень медленно.

---

\*) Для облегченія подъема бабы полезно увеличивать діаметръ шкива, черезъ который перекинуть канатъ.

Употребляют иногда слѣдующій приемъ для облегченія погруженія свай: съ наружной стороны свай прикрѣпляютъ металлическую трубку, конецъ которой загнутъ сообразно острию свай; пропуская по трубѣ струю воды подъ большимъ давленіемъ, достигаютъ того, что вода разрыхляетъ и выноситъ часть грунта, способствуя погруженію свай.

Если свая, забитая во всю свою длину, не представляетъ еще требуемаго отказа, необходимо ее наростить: вершина стягивается бугелемъ и въ торецъ 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 прирѣзаются на мѣстѣ сообразно съ толщиною и относительнымъ положеніемъ свай. Врубki дѣлаются всегда такъ, чтобы свая была наименѣе ослаблена, причемъ необходимо, чтобы схватка опиралась частью на сваю и захватывала ее съ боковъ (черт. 67 и 166"), что достигается врубкой съ потемкой или съ присѣкомъ.

Наложивъ схватки, стягиваютъ ихъ болтами, помѣщаемыми по обѣ стороны свай. (Иногда болты пропускаются чрезъ сваю). 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 подрѣзаютъ 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 наложеніи 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 врубками для свай и затѣмъ постепенными ударами (пользуясь подбакомъ) осаживаютъ схватки до необходимой глубины.

Подобный же приемъ употребляется при наложеніи насадокъ ниже

уровня воды. Приготавливается 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 свай, его прикрѣпляютъ къ торцамъ свай заершенными гвоздями, вбиваемыми помощью подбабка въ средній брусъ.

Такъ какъ рѣдко свай одного ряда оказываются забитыми по одной линіи, сдѣланіе вырубковъ въ схваткахъ требуетъ точнаго знанія относительно положенія свай надъ водой. Для сего забиваютъ по оси свай желѣзные штыри, выступающіе изъ-за поверхности воды, и затѣмъ точно опредѣляютъ относительное положеніе свай. Этими же штырями можно пользоваться и для направленія шапочнаго бруса при опусканіи его; приготовивъ отверстіе въ среднемъ брусѣ, шапочный брусъ надѣваютъ на штыри и опускаютъ; затѣмъ штыри выдергиваются и замѣняются заершенными гвоздями; брусъ осаживается подбабкомъ.

Для спиливанія свай подъ водой пользуются круглой пилой или показанной на (черт. 74).

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 шипами, причемъ шипъ нарубается на средней трети торца.

Для предупрежденія порчи дерева въ сопряженіяхъ и врубкахъ, всѣ сопряженія схватокъ между собою, со сваями, сопряженія насадокъ и подкосовъ со стойками, шипы и гнѣзда должны быть просмолены горячею каменноугольною смолою, которая имѣетъ свойство впитываться въ дерево и предохранять его отъ гніенія.

Какъ въ опорахъ со сропченными стойками, такъ и съ насадками, до положенія горизонтальныхъ и діагональныхъ схватокъ, свай и стойки приводятъ въ неизмѣняемую систему временными діагональными схватками изъ горбинъ, пользуясь для прикрѣпленія полуко-рабельными гвоздями.

Поперечныя и продольныя схватки сращиваются по длинѣ зубомъ, замкомъ, или между парными схватками вставляютъ въ стыкъ

вкладышъ и наружныя накладки съ соотвѣтственными вырубками и стяжными болтами (рис. 81).

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.

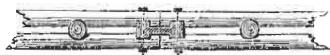


Рис. 81.

Къ окраскѣ опоръ слѣдуетъ приступить только послѣ совершенной просушки лѣса. На первый годъ достаточно проолифить, что не препятствуетъ испаренію.

Вмѣсто краски часто пользуются каменноугольной смолой.



## VII.

### Металлическія опоры.

Металлическія опоры можно раздѣлить на четыре класса:

- 1) Металлическія стойки, опирающіяся на каменный фундаментъ.
- 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.

*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.

Металлическія  
стойки.

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 стороны 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, горизонтальныя полки которыхъ соеди-

нены заклепками со сплошным листом толщиной  $\frac{3}{4}$ " , который образует таким образом дно стойки; сквозь этот лист проходят 7-ми футовые болты, заложенные в кладку.

Прѣзжая часть устроена слѣдующимъ образомъ: на поперечныхъ балкахъ положено желѣзо Zogès, углубленія котораго заполнены асфальтовой мастикой со щебнемъ; сверху расположень слой бетона, покрытый тонкимъ слоемъ асфальта, а затѣмъ уже устроено обыкновенное шоссе. Для тротуаровъ желѣзо Zogès замѣнено волнистымъ желѣзомъ, оцинкованнымъ съ двухъ сторонъ.

Металлическія  
сваи.

Въ мягкіе грунты металлическія сваи завинчиваются, въ крѣпкіе же—забиваются; въ первомъ случаѣ употребляются чугуныя или же желѣзныя сваи, во второмъ случаѣ—почти исключительно желѣзныя.

Впрочемъ, недавно предложено въ Англіи приспособленіе для забивки чугуныхъ свай, состоящее въ томъ, что трубчатая свая въ нижнемъ концѣ дѣлается сплошною и баба опускается внутри сваи, такъ что она ударяется объ нижнюю сплошную часть, которая безопасно выдерживаетъ удары.

Наименьшій діаметръ чугуныхъ свай 10"—12". Толщина стѣнки около  $\frac{7}{8}$ "—1 $\frac{1}{4}$ ".

На чертежѣ 78 показаны чугуныя сваи, употребленныя на Кіево-Брестской и Моршанско-Сызранской желѣзныхъ дорогахъ для опоръ 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 сѣченіе вида *cd*, а въ 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 аншпуговъ. Надѣвъ муфту на сваю и заклинивъ ее деревянными клиньями, вставляютъ деревянные аншпуги, помощью которыхъ и производится завинчиваніе. По мѣрѣ завинчиванія сваи, муфту передвигаютъ вверхъ. Съ первымъ звеномъ соединяютъ короткую цилиндрическую часть, заканчивающуюся конусомъ, на поверхности котораго отлиты винтовыя лопасти *m* (черт. 78). Послѣ того, какъ первое звено ввинчено въ грунтъ, наставляютъ на него второе и продолжаютъ дальнѣйшее завинчиваніе, или если свая завинчена на достаточную



глубину, просто наставляють слѣдующее колѣно. Звенья соединяются въ стыкахъ болтами. На верхнюю часть послѣдняго звена надѣвается особая подушка *l*, показанная на (черт. 78), въ которую вставляется прогонъ мостоваго 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 определенныхъ 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 винтовою лопастью по окружности. При завинчиваніи жидкій грунтъ входитъ во внутрь свай.

На черт. 79 показанъ типъ опоры изъ чугунныхъ ввинченныхъ въ грунтъ колоннъ, примененный 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 угловаго; горизонтальныя связи прикрѣпляются къ колоннѣ болтами, продѣтыми въ проушины приливовъ, а діагональныя — въ одномъ концѣ соединены съ проушинами болтомъ, въ другомъ — клиньями, что позволяетъ 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 флянцахъ. Въ тѣхъ звеньяхъ, которыя должны быть въ землѣ, флянцы сдѣланы внутри свай (черт. 79, деталь а), а въ звеньяхъ выше поверхности земли флянцы отлиты съ внѣшней стороны. Поверхность взаимнаго соприкасанія флянцовъ гладко остругана. Распорки и діагональныя связи соединяются съ особыми парными приливами около стыковъ свай; откосная свая соединяется съ вертикальными помощью особой короткой трубы, обжимающей вертикаль-

ную сваю съ одной стороны; въ вертикальныхъ стѣнкахъ трубы и сваи сдѣланы въ пѣкоторыхъ 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 небольшіе приливы; короткая труба имѣетъ въ концѣ флянцъ, соответствующій уголку, привинченному 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 дномъ съ небольшимъ отверстіемъ дюйма въ 2—3. Въ это отверстіе вставляется желѣзная трубка, соединенная съ нагнетательнымъ насосомъ. Впущенная подъ значительнымъ давленіемъ струя воды, выступая внаружу 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 склепанныхъ квадрантовъ. На (черт. 80) показанъ типъ подобнаго быка, примѣненный на Ростово-Владикавказской желѣзной дорогѣ. Подъ каждый быкъ забиты наклонно по 8-ми свай, по 4 подъ каждую ферму (рис. 82); 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 сѣченія изъ котельнаго желѣза. Передача давленія отъ этихъ трубчатыхъ стоекъ сваямъ совершается помощью ногъ, составляющихъ продолженіе уголковъ, которые соединяють въ углахъ вертикальные листы трубчатой стойки. Ноги, имѣющія на концѣ чугунную подушку со сферической нижней

поверхностью, входят внутрь сваи на глубину 5' и опираются на чугунный диск, лежащий на приклепанномъ къ сваѣ кольцѣ изъ котельнаго желѣза. Дискъ подпирается сверхъ того бетоннымъ заполненіемъ. Для полученія полнаго соприкасанія заполненія съ дискомъ, въ послѣднемъ имѣется отверстіе, въ которое вливается жидкій цементъ.

Детали быка показаны на черт. 80. Къ нижнему звену приклепанъ потайными заклепками чугунный коническій башмакъ для удобства забивки. Вышній діаметръ сваи 12"; внутренній—11"; трубчатая стойка (рис. 83) состоитъ изъ четырехъ вертикальных листовъ  $30 \times \frac{3}{8}$ "; въ средней ея части соединеніе листовъ сдѣлано помощью двухъ тупоугольных уголковъ  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ ". На нѣко-

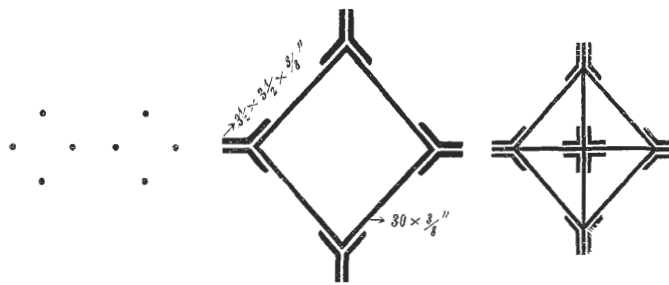


Рис. 82.

Рис. 83.

Рис. 84.

торомъ разстояніи отъ низа приклепанъ сверхъ того къ каждому углу съ внутренней стороны уголокъ  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$ ". Всѣ эти три уголка продолжаютъ внутрь сваи: взамѣнъ прерваннаго листа  $30 \times \frac{3}{8}$ " заполненіе 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 уголковъ  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ " и двухъ прямоугольныхъ  $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ " и  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$ ". Чугунный башмакъ съ нижней сферической поверхностью соединенъ съ угоками поги помощью болта. Въ верхней части трубчатая стойка имѣетъ сверхъ того вертикальные листы, расположенные по діагонали въ видѣ діафрагмъ. Назначеніе 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 доходят 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 давленія 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 боковаго выгиба. Обѣ трубы соединены между собою діагональными связями изъ углового желѣза.

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 флянцами и ребрами. Иногда верхнюю часть, подвергающуюся удару льда и плавающихъ тѣлъ, дѣлаютъ желѣзною, какъ напримѣръ 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 ребрами 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 ко-

лоннами посредством уголковъ. Желѣзная оболочка соединяется съ чугуною помощью внутренняго уголка (черт. 81).

Желѣзныя трубчатыя опоры, смотря по величинѣ пролета и по высотѣ опоры, измѣняются въ діаметрѣ отъ 3 ф. до 8 ф.

На черт. 81а показаны винтовыя желѣзныя сваи, примѣненные при устройствѣ опоръ нѣкоторыхъ мостовъ Ростово-Владикавказской желѣзной дороги. Діаметръ свай 3 фута; толщина оболочки  $\frac{1}{4}$  дюйма. Къ нижнему звену приклепана чугунная винтовая лопасть. Высота звена 6 ф. Горизонтальныя стыки перекрываются внѣшними накладками, а вертикальныя—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. Вертикальныя 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. Кольцевая пустота была въ послѣдствіи заполнена бетономъ. Вверху заполнения вдѣланъ 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 гранямъ приклепаны для жесткости уголки, между которыми помѣщена крестообразная связь, а въ одномъ мѣстѣ сплошной листъ съ кольцевымъ отверстіемъ.

Къ этой же группѣ опоръ относятся *опоры, выведенныя при помощи кессоновъ*. Самый кессонъ, какъ извѣстно, состоитъ изъ нижней рабочей камеры (обыкновенно изъ котельнаго желѣза или изъ дерева), соединенной помощью вертикальныхъ трубъ (шахтъ желѣзныхъ или чугунныхъ) со плюзными камерами. Шахты служатъ какъ для спуска рабочихъ въ камеру, такъ и для подъема грунта. Въ стѣнки плюза вдѣланы краны, на которые съ наружной стороны плюза надѣвается гуттаперчевая кишка отъ воздухо-дувной машины, помощью которой нагнетается сжатый воздухъ въ рабочую камеру. Наружное очертаніе рабочей камеры соотвѣтствуетъ 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 заложения, или же этой обшивки совсѣмъ не дѣлаютъ. Это, впрочемъ, можетъ быть допущено въ грунтахъ, не представляющихъ значительнаго тренія, такъ какъ бывали случаи, что не окрѣпнувшая 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, плюзовъ, различные способы, употребляемые для извлеченія грунта, и нѣкоторыя мѣры, примѣняемыя при погруженіи кессоновъ.

Высота камеры бываетъ обыкновенно отъ 7-ми до 10-ти фута. 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, наиболее сближенными, помѣщается рядъ поперечныхъ балокъ двутавроваго сѣченія на разстояніи 3' — 4', между которыми зажаты болѣе низкія продольныя балочки, но такъ, что нижнія грани обонхъ 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 стѣнокъ рабочей камеры вслѣдствіе принимаемаго 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 кронштейпы соединены уголками какъ съ потолкомъ, такъ и со стѣнкой камеры; консоли служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ ребрами, къ которымъ прикрѣпляются снаружи листы, составляющіе стѣнки камеры; консоли связаны между собою въ двухъ или трехъ мѣстахъ по высотѣ легкими балочками, поставленными плашмя. Ножъ камеры, т. е. нижняя часть кессона, устраивается на столько прочно, чтобы онъ не могъ повреждаться, если во время работъ упадетъ камень и проч.; ножъ усиливается обыкновенно приклепываніемъ 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 срединѣ камеры двѣ противоположныя консоли, связанныя 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 ножъ кессона металлическій, усиленный небольшими консолями, поверхъ которыхъ расположено металлическое плоское кольцо, служащее основаніемъ кладки; въ вер-

шинъ усѣченного конуса вдѣланъ 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. Обыкновенные размѣры овальной трубы 5' и 2',5 (черт. 86). Болты *a* изъ круглаго желѣза  $\frac{7}{8}$  дюйма, стягивающіе прямыя стѣнки трубы, служатъ и лѣстницами для сообщенія; средняя часть трубы свободна для сообщенія, а крайнія служатъ для вытаскиванія матеріала. Иногда, впрочемъ, для спуска рабочихъ дѣлаютъ особую шахтную трубу большихъ размѣровъ, чтобы въ случаѣ несчастія всѣ рабочіе имѣли бы возможность подняться вверхъ. Если грунтъ добывается норіями, 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 выниманія грунта необходимо дать такіе размѣры шлюзу, чтобы можно было въ немъ помѣстить извѣстное количество грунта, который временами выбрасывать внаружу, 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 не возможно. Такое приспособленіе

было сдѣлано при постройкѣ Ковровскаго моста чрезъ р. Клязьму на Нижегородской желѣзной дорогѣ (черт. 89), причѣмъ вторая камера помѣщена надъ первой.

Трехкамерный шлюзъ имѣетъ то преимущество, что выниманіе грунта производится непрерывно; пока опораживается 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 колпакъ (черт. 90), который долженъ быть прочно скрѣпленъ съ боковой стѣнкой шлюза, лучше всего помощью кронштейновъ или бандажей. При высококомъ шлюзѣ для помѣщенія шкива не дѣлаютъ особаго колпака, какъ на примѣръ 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 нахлестку, а также пропустить нѣсколько стяжныхъ болтовъ между потолкомъ и днищемъ. Такъ какъ плоскій потолокъ подвергается значительному напряженію, то кромѣ внутреннихъ кронштейновъ полезно приклепывать сверху жесткія балки.

*Воздухотродныя трубы* бываютъ мѣдныя или чугуныя отъ 3" до 4"; мѣдныя трубы заканчиваются флянцами; въ стыкахъ флянцы стягиваются болтами съ прокладкою между ними каучуковаго кольца; чугуныя трубы соединяются раструбомъ съ конопаткою стыка паклей, обмоченной въ растопленную смолу, причѣмъ кругомъ трубы въ стыкъ загоняются маленькіе деревянные клинья. Въ виду того, что кессонъ постоянно погружается, а воздухоудная 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, надѣвъ кишку, плотно обматываютъ тонкой проволокой. Металлическая трубка, соединенная со шлюзомъ, имѣетъ клапанъ, открывающійся во внутрь для того, чтобы воздухъ, вошедшій въ

кессонъ, не могъ выйти обратно при поврежденіи воздухоудвнхъ трубъ и машины.

Предварительно *сборки и скленки* 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 отверстіямъ поперечныхъ балочекъ намѣчаютъ отверстія въ листахъ потолка. Для того, чтобы намѣтить заклепочныя отверстія 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 отверстія въ листахъ стѣнокъ. По изготовленіи кессона части его перевозятся на платформу или на барку для сборки и скленки. Для этого устраивается помость вышиною не много 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 діагональными полусхватками; на верхнія насадки кладутся листы потолка, поверхъ ихъ поперечныя и продольныя балочки; подъ балками привинчиваются кронштейны, на которыхъ собираются листы боковыхъ стѣнъ. Окончивъ скленку ножа, кессонъ подклинивается, помость разбирается и производится дальнѣйшая кленка частей кессона. Плотность швовъ достигается тѣмъ, что всѣ кромки листовъ должны быть скопены и гладко оструганы; между стыками и подъ накладками помѣщается тонкій картопл., 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.

*Опусканіе кессоновъ* 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 поддерживанія кессона во время его опусканія до дна и ниже (черт. 85) и для установки звеньевъ трубъ и плюзовъ или только

для одной послѣдней цѣли, если кессонъ не поддерживается цѣпями. Въ послѣднемъ случаѣ подмостей часто совсѣмъ не дѣлають, причемъ звенья трубъ и шлюзовъ устанавливаются помощью плавучихъ крановъ.

На черт. 91 показано поперечное сѣченіе постоянныхъ подмостей, употребленныхъ при сооруженіи Кіевскаго 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 телѣжки, 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 глубинѣ опусканіе кессона продолжалось до тѣхъ поръ, пока онъ не держался самъ собою на водѣ; въ обоихъ случаяхъ шахтные трубы остаются открытыми и часть кессона выше потолка между наружной оболочкой и шахтной трубой играетъ здѣсь ту же роль, какъ судно, т. е. поддерживает 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 затопляемую затѣмъ водою (Кременчугскій, Литейный и Волжскій мосты). Плавающій 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 ( $\frac{1}{4}$  дюйма —  $\frac{1}{8}$  дюйма) могли сопротивляться давленію воды, между ними располагаются деревянные распорки.

На черт. 92-мъ показаны плавучія подмости для установки трубъ и шлюзовъ.

На черт. 93-мъ 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 ровномъ днѣ, во избѣжаніе наклошенія кессона, дно выравнивается предварительно мѣшками съ глиною.

Ранѣе опусканія кессона необходимо сдѣлать зондировку грунта какъ по продольной, такъ и по поперечной оси кессона. Вообще желательнo выбрать такое мѣсто, чтобы грунтъ по возможности былъ однородный по всему периметру кессона, во избѣжаніе неодинаковаго тренія, а слѣдовательно и неравномѣрнаго опусканія кессона. При сооружеіи второго желѣзнаго моста черезъ р. Вислу въ Варшавѣ не было сдѣлано зондировки по поперечному направлению и при опусканіи кессона быка № 3 оказался подъ однимъ краемъ плавучій несокъ, 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 футъ.

Обыкновенно шахтные трубы съ перваго 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 норъ въ открытой трубѣ. Для того, чтобы сжатый воздухъ не могъ выходить подъ нижнее ребро трубы, норы опускаются значительно ниже ножа, причемъ, имѣя сообщеніе съ водой въ рѣкѣ чрезъ проницаемый песчаный грунтъ, онѣ всегда наполнены водой наравнѣ съ горизонтомъ воды въ рѣкѣ. Неудобство этого способа состоитъ въ томъ, что при разрывѣ норъ приходится дѣлать исправленія помощью водолаза, прекращая работы на значительное время.

б) Помощью норы въ трубѣ со сжатымъ воздухомъ. Въмѣсто цѣпей при работахъ Кременчугскаго моста былъ употребленъ для норы ремень шириною 7 дюймовъ и толщиною 6 дюймовъ, составленный попеременно изъ слоевъ холста и гуттаперчи. Къ этому ремню привинчивались небольшіе черпаки изъ кровельнаго желѣза. Въ сутки вынималось до 10-ти кубическихъ сажень. Вверху и внизу были устроены два барабана; верхнему барабану вращеніе сообщалось помощью канатнаго привода отъ локомотива, установленнаго на подмостяхъ. Конецъ оси верхняго барабана выходилъ сквозь сальникъ внаружу шлюза и на этотъ конецъ былъ надѣтъ шкивъ, соединенный канатнымъ приводомъ со шкивомъ локомотива.

При работахъ Ковровскаго и Окскаго мостовъ выниманіе грунта производилось ведрами, поднимаемыми рабочими помощью рукоятки и зубчатыхъ колесъ, установленныхъ внутри шлюза. На Окскомъ мосту цѣпь была замѣнена ремнемъ изъ слоевъ холста и гуттаперчи, и выемка грунта производилась однимъ большимъ ведромъ вмѣстимостью 2 кубическихъ фута.

При сооруженіи Ковровскаго моста цѣпи состояли изъ полосъ желѣза  $2'' \times \frac{1}{8}''$ , соединенныхъ болтами; на болты, стягивающіе обѣ двойныя вѣтви цѣпи, навѣшивались ведра съ пескомъ. Въ сутки вынимали до 3-хъ кубическихъ сажень песку.

На Волжскомъ мосту былъ только одинъ шкивъ—вверху; цѣпь была замѣнена толстымъ канатомъ, а ведра—мѣшками; навѣшивание мѣшковъ къ канату дѣлалось такимъ образомъ (рис. 85): мѣшокъ связывался вверху тонкимъ канатомъ съ узломъ на концѣ; затѣмъ этотъ канатъ надѣвался петлюю на безконечный канатъ и мѣшокъ держался однимъ треніемъ между канатами.

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 грунту вычерпывался норьей (какъ въ Кельскомъ мосту) было установлено въ потолокъ до 50 металлическихъ вертикальныхъ



Рис. 85.



трубъ 4 дюймовъ въ діаметрѣ; нижній копецъ 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 песку 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 при 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 кранъ, на который надѣвается гуттаперчевая кишка. 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), ипаче съ уменьшеніемъ давленія вода могла бы войти въ кессонъ изъ-подъ ножа.

Въ 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 спизу 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 во 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 выпимать значительно больше песку сравнительно съ объемомъ кладки.

При опусканіи кессона въ жидкій иловатый грунтъ боковое трещіе очень пезначительно 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 вполнѣ были замѣнены деревянными клѣтками и кирпичными столбами, т. е. былъ примѣненъ почти тотъ же приемъ, какъ и при опусканіи кессоновъ моста въ С.-Луи.

Опусканіе кессона въ глинистомъ вязкомъ грунтѣ представляетъ еще больше затрудненія, чѣмъ въ пескѣ; глина облипаетъ вокругъ кессона и препятствуетъ ему опуститься внизъ, не смотря 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 полъ со стороны глины, подкладывая деревянные чуряки 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, опускаая кладку на  $1-1\frac{1}{2}$  фута въ глиняный слой, чѣмъ преграждается доступъ песку во 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 рѣшетчарыя рамы,

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 чер. 94 показаны опоры Фрейбургскаго виадука; двѣнадцать реберъ; разстояніе между ребрами 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 полость:  $100 \times 10$  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, но перекрывается короткой встрѣчной діагональю, соединяясь съ нею клиномъ; фермы расположены непосредственно надъ колоннами; верхъ всѣхъ реберъ (колоннъ) перекрытъ особою капителью изъ чугунныхъ балокъ двутавроваго не симметрическаго сѣченія, свинченныхъ во фляпцахъ; внизу ребра опираются на подобныя же чугуныя подушки, связанные чугунными балками. Для сборки опоръ былъ употребленъ слѣдующій приемъ: на полотнѣ дороги были собраны на каткахъ три пролета неразрѣзной фермы, затѣмъ она надвинута настолько,

чтобы конец пролета приходился против 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 бѣкъ, 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.

Желѣзныя опоры виадука Portage на Эрійской желѣзной дорогѣ (черт. 95), построеннаго взамѣнъ сгорѣвшаго въ 1875 году деревяннаго виадука, имѣютъ наибольшую вышину въ 71,636 метра. Для большей устойчивости моста по двѣ смежныя опоры соединены въ одно цѣлое системою распорокъ и діагональныхъ тяжей. Съ этой цѣлью величина пролетовъ чередуется въ 30,48 метра и 15,24 метра, причемъ по длинѣ малыхъ пролетовъ имѣются связи между двумя опорами. Такимъ образомъ составная двойная опора состоитъ изъ четырехъ трубчатыхъ колоннъ, въ которыхъ три стороны сплошныя изъ листовъ котельнаго желѣза  $15'' \times \frac{1}{2}''$ , а четвертая рѣшетчатая, для удобства окраски внутренней части; по угламъ уголки  $4'' \times 4'' \times \frac{1}{2}''$ ; наименьшая толщина сплошныхъ листовъ  $\frac{1}{2}''$ ; по мѣрѣ приближенія къ основанію наклепаны добавочныя листы. По направленію параллельному оси моста ребра параллельны, по направленію перпендикулярному—они расходящіяся: 20 футъ по верху и 60 футъ по низу. Основаніемъ каждой колонны служитъ отдѣльный каменный массивъ; трубчатая ребра заканчиваются внизу чугуномъ башмакомъ, причемъ башмаки двухъ реберъ прочно скрѣплены съ чугунной плитой, вдѣланной въ кладку, а два остальныхъ опираются на катки, перемѣщающіеся по направленію перпендикулярному къ продольной оси моста. Діагонали состоятъ изъ болтового желѣза съ проушинами по концамъ, помощью которыхъ онѣ падѣты на двухдюймовые горизонтальные стержни. По направленію, перпендикулярному къ продольной оси моста, діагональныя двойныя поперечныя распорки соединяются съ трубчатыми ребрами также помощью шарнировъ, а продольныя распорки приклепаны къ ребрамъ. Къ тремъ нижнимъ поперечнымъ распоркамъ приклепана вспомогательная стойка.

Изъ извѣстныхъ въ Россіи виадуковъ на металлическихъ опо-

рахъ слѣдуетъ упомянуть о Варгольскомъ виадукѣ (черт. 96) на Орлово-Грязской желѣзной дорогѣ, о Камышловскомъ и Графскомъ виадукахъ (черт. 97) на Лозово-Севастопольской желѣзной дорогѣ. Ребра и связи этихъ виадуковъ 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; вверху 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 прилепана вертикальная фасонная прокладка (чер. 97); затѣмъ къ горизонтальнымъ полкамъ уголковъ распорокъ, сходящихся у одного и того же ребра, прилепана горизонтальная фасонная прокладка, а съ этой послѣдней соединены горизонтальныя діагональныя связи (черт. 97б). Стыки уголковъ реберъ перекрыты двойными накладками, изъ которыхъ одна накладка угловая, а другая состоитъ изъ двухъ плашекъ; 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, паралельныя продольной оси моста и непосредственно поддерживающія опорныя подушки—сплошного 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 приданія 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

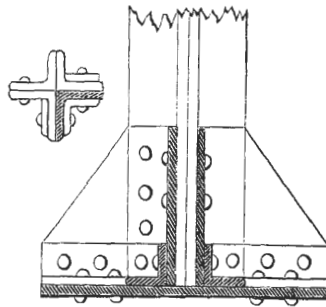


Рис. 86.

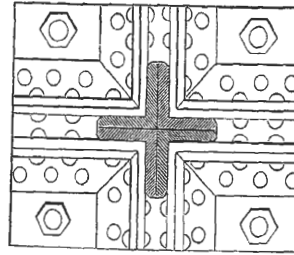


Рис. 87.

(рис. 86 и 87). 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.

*Варшавскій виадукъ* (черт. 96). Неразрѣзная четырехъ-пролетная ферма; величина пролета 66,65 метра; высота 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 выщипыванія снабжены уголками (рис. 88); стыки перекрыты накладками. Распорки состоятъ изъ двухъ балокъ формы:  $\frac{84}{12} \times \frac{250}{14}$ . Горизонтальныя діагональныя связи тавроваго желѣза:  $\frac{172}{13} \times \frac{100}{15,5}$  помѣщены въ плоскости всѣхъ горизонтальныхъ распорокъ. Верти-

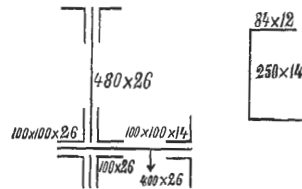


Рис. 88.

кальные діагональныя связи тѣхъ же размѣровъ и помѣщены п  
всѣмъ четыремъ гранямъ быка. Прикрѣпленіе діагоналей къ ребрамъ  
показано на черт. 96*a*. Нижняя рама, связывающая стойки, со-  
стоитъ изъ балокъ котельнаго желѣза, соединенныхъ между собою  
тремя такими же поперечными и горизонтальными связями. Верх-  
няя рама или капитель тоже состоитъ изъ балокъ котельнаго же-  
лѣза (черт. 96*b*). Концы реберъ упираются въ чугунныя бапмаки  
и закрѣплены въ нихъ четырьмя болтами діаметромъ 70 миллиме-  
тровъ; бапмаки прикрѣплены къ каменному фундаменту болтами  
діаметромъ 80 милл. и длиною 2 саж., закрѣпленными посредствомъ  
чугунныхъ досокъ и чекъ.

---

## VIII.

### Каменные пролетные части.

Пролетные части моста, устраиваемые из *камня, кирпича или бетона*, могут быть только арочной системы. (При малых пролетах, около 0,30 саж., допускается, в видъ исключенія, плоское перекрытіе камнями).

Различныя части арки или свода имѣютъ присвоенныя имъ названія. Такъ напр. *пятаю* арки называется сѣченіе, отдѣляющее сводъ отъ опоръ *ad* и *cf* (черт. 98); *внутреннюю поверхность* свода (*intrados*)—видимая изнутри поверхность свода (*a, m, n, c*), большую 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 *пятовыхъ* и *замкового камня*, причемъ замковый камень кладется послѣднимъ; камни, расположенные непосредственно подъ пятой, называются *подпятыми* 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*); *стрѣлю*—называютъ возвышеніе ключа свода надъ горизонтальной линіей, проведенной чрезъ пяты свода. *Подѣмъ* свода—отношеніе стрѣлы къ пролету. Если это отношеніе меньше  $\frac{1}{2}$ —сводъ называется *пологимъ*, а въ противномъ случаѣ—*подѣмистымъ*.

Для мостовъ преимущественно примѣняютъ *цилиндрическіе* своды, т. е. такіе, внутренняя поверхность которыхъ—цилиндрическая по-

Названія различныхъ частей свода. — Направляющія кривыя.



верхность. Если производящая этой поверхности перпендикулярна къ плоскости щеки свода — послѣдній называется *прямымъ*, а въ противномъ случаѣ—*косымъ*.

Сводъ характеризуется формой направляющей кривой внутренней поверхности свода. Кривыя эти могутъ быть: полукружность (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 *полукруглая* 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 полукруглой, 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  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{6}$ , 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 клинѣлицевую 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. Радіусъ въ ключѣ не долженъ быть слишкомъ великъ; крайнимъ предѣломъ считаютъ радіусъ, равный двойной величинѣ пролета. Кромѣ того смежныя радіусы не должны рѣзко отличаться одинъ отъ другого. Коробовыя арки предложены были въ замѣнъ 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.

Однимъ изъ характерныхъ типовъ каменныхъ мостовъ безпачи-  
тельныхъ отверстій представляютъ *трубы*, т. е. невысокія мостовыя  
сооруженія, назначенныя для пропуска воды подъ полотномъ до-  
роги. 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 устраи-  
ваютъ иногда плоское перекрытіе камнями, причемъ для уменьшенія  
пролета предыдущіе ряды камней кладутся съ напускомъ (черт. 103).  
Но во всякомъ случаѣ такое устройство нерационально, такъ какъ  
камень лучше всего сопротивляется не на изгибъ, а на сжатіе, по-  
этому 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 заложеніемъ 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. Общій  
фундаментъ. Раз-  
рѣзка трубы на  
отдѣльный звенья.  
Дренажъ. Разли-  
чные способы со-  
пряженія голо-  
вы трубы съ на-  
сыпью. Трубы на  
крутыхъ косоуго-  
лахъ съ непрерыв-  
ными уклономъ  
и съ уступами.  
Косыя трубы. Эм-  
пирическія дан-  
ныя для опредѣ-  
ленія поперечна-  
го размѣра трубъ.

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. закладываются на глубинѣ не менѣе 0,80 саж., образуя какъ бы каменную 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 данной 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 стѣнокъ, 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 на 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 на вѣсу и поэтому, во избѣжаніе появленія неправильныхъ наклонныхъ трещинъ, дѣлаютъ умышленно вертикальныя трещины во всю высоту, т. е. складываютъ трубу не сплошную 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, заполняются въ лоткѣ строительнымъ мусоромъ съ заливкой растворомъ; съ задней стороны стѣнокъ, противъ щелей, дѣлаютъ сухую кладку, что служитъ отчасти дренажемъ, причемъ иногда вставляютъ въ щели чугунныя трубки для вывода дренажной воды во внутрь трубы; щели же въ сводѣ прикрываются сверху кладкой на цементномъ растворѣ, препятствующей осыпанію земли и просачиванію воды.

Верхнюю поверхность забутки дѣлаютъ 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 во 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. Различныя типы показаны на черт. 105 (I—X). Грань откоснаго крыла можетъ непосредственно сопрягаться съ вертикальною гранью устоя (черт. 105—I и черт. 105—VIII), или же съ переднею гранью головы трубы (черт. 105—II). Въ первомъ случаѣ часть свода около пята является замаскированной крыломъ, — что некрасиво, но съ другой стороны вода входитъ въ трубу при постепенномъ сжатіи струи. Во второмъ же случаѣ видъ головы трубы красивѣе, но появляются водовороты. Поэтому условія красоты и целесообразности будутъ удовлетворены, если оставить сводъ незамаскированнымъ, а входящій уголь задѣлать кладкой по крайпей 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 длине труба разрѣзана на пять отдѣльныхъ звеньевъ; разрѣзы совпадаютъ съ стѣченіями, гдѣ происходитъ измѣненіе толщины свода и стѣны. 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.

Лотку трубы всегда придаютъ естественный уклонъ того оврага или лощины, гдѣ устраивается труба. Если уклонъ не великъ, пята

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° до 45°) 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 дѣлають чрезъ извѣстные промежутки съ утолщеніями, чѣмъ достигается сопротивленіе скольженію (черт. 108) и (черт. 108').

Вмѣсто однообразнаго уклона дѣлають 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*, — во избѣжаніе затруднительной кладки косыхъ сводовъ, работу ведутъ такъ, какъ бы сводъ былъ прямымъ; но при этомъ откосныя крылья получаются неодинаковыми, и карнизъ располагается не по горизонтальной линіи, а по наклонной.

На (черт. 110) 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 горизонтально 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 отверстия. Напримѣръ 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 *карниза* 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.

Величина пролета каменныхъ мостовъ измѣняется въ существующихъ примѣрахъ отъ 1,00 до 30 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 свода зависятъ отъ мѣстныхъ условий. Такъ напр. если берега или насыпь не высокіе, общее отверстіе моста значительное—возможно примѣнить рядъ полуциркульныхъ 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 или меньшаго стѣсненія живого сѣченія и проч. При высокихъ берегахъ можно пользоваться полудиркульными арками достаточно большого отверстія; пологія же арки въ данномъ случаѣ и некрасивы, и не выгодны въ виду значительнаго распора при высокихъ опорахъ.

Каменные пролетныя части мостовъ подъ обыкновенную и желѣзную дороги. Общія соображенія. Своды изъ камня. Свинцовыя прокладки. Кирпичные и бетонные своды.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, гдѣ требуется продолжный уклонъ мостового полотна, пролеты нерѣдко неодинаковой величины,—причемъ или средніе пролеты дѣлаются большаго отверстія, что позволяеть пята арокъ смежныхъ пролетовъ помѣщать на одинаковой высотѣ (черт. 112), или обратно—пролеты уменьшаются къ середиямъ; по въ послѣднемъ случаѣ пята смежныхъ арокъ располагаются уже на разныхъ высотахъ (черт. 112).

Число пролетовъ дѣлаютъ обыкновенно четное (черт. 99).

Если пята арки заложены ниже горизонта высокихъ водъ, то для постепеннаго сжатія струи, арка вблизи пята срезывается наклонно къ щекамъ свода, и получаются такъ называемыя *коровьи рога* (черт. 113).

Арка съ пятами, заложеными ниже поверхности земли—называется аркой со *скрытыми устоями*.

\*) Мостъ чрезъ р. Лагу на жел. дор. Saint-Sulpice à Castres.

\*\*\*) Мостъ Альма чрезъ р. Сену въ Парижѣ, съ среднимъ пролетомъ въ 43 метр., можетъ быть также причисленъ къ мостамъ съ бетонными сводами, такъ какъ сводъ сложенъ изъ необдѣланныхъ камней, промежутки между которыми залиты цементомъ.

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 соответствуетъ 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 радиусовъ внутренней направляющей кривой. Внутренняя поверхность тесоваго свода обдѣлывается 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 усилий 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 клина. Большею частью онѣ располагаются у замковаго клина 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 шарпировъ 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 *шовъ 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 приемомъ кривая давленія направляется по средней трети свода, а послѣдующее заочленіе 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. Замковые 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 *лежалнаго* 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 толще, 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 размѣщаютъ 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 радиусъ 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 растворомъ не окружить—возможно осѣданіе и отдѣленіе нижнихъ колець. Вообще въ кирпичныхъ сводахъ качество раствора имѣетъ первенствующее значеніе.

Не рѣдко кирпичные и бетонные своды облицовываются сводомъ изъ тѣсовыхъ камней и въ этомъ случаѣ, чтобы не было отдѣленія облицовочныхъ сводовъ отъ внутренняго, крайніе облицовочные своды стягиваются желѣзными связями (черт. 114).

Утолщеніе свода къ пятамъ дѣлается уступами—въ полкирпича.

*Бетонные своды* начинаютъ нынѣ входить въ употребленіе. До послѣдняго времени, если не считать моста Альма въ Парижѣ, они 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 плечѣ—0,50 метр., въ пятахъ—0,70 метр. и напряженіи:  $2\frac{1}{3}$  пуд. на кв. дюймъ. Въ 1893 году построенъ черезъ р. Дунай близъ Мурдеркингена въ Виртембергѣ, мостъ съ трехшарнирной 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 неравномерной осадки грунта, полезно примѣнять шарниры въ пятахъ и въ ключѣ въ видѣ свинцовыхъ плитокъ или действительныхъ шарнировъ. Такъ напр. первый изъ упомянутыхъ мостовъ черезъ рѣку Дунай снабженъ въ ключѣ и пятахъ свинцовыми плитками, а второй—шарнирами. Главное достоинство бетонныхъ сводовъ—быстрота работы, не требующей ни тески камней, ни сложной развѣски, какъ напр. въ косыхъ сводахъ. Бетонъ составляется болѣею 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 \*\*).

\*) Надсводная часть отдѣлена отъ устоя сквозною замаскированной щелью для того, чтобы при измѣненіи температуры не могло образоваться трещина.

\*\*\*) У насъ имѣется на Тамбово-Саратовской желѣзной дорогѣ нѣсколько бетонныхъ трубъ кольцевого сѣченія діаметромъ 2,0 фут.—2,5 фут. На Петровской вѣтви Ростово-Владикавказской желѣзной дороги—построено 17 трубъ от-

Стѣнка, построенная на сводѣ въ плоскости его щеки, называется *надсводной стѣнкой*. Эти стѣнки, поддерживая непосредственно карнизъ, перила, а иногда и тротуаръ, образуютъ боковое ограниче- ние 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. 113), или дѣйствию распора арокъ продольныхъ галлерей, устраиваемыхъ въ пазухахъ свода (черт. 117).

Надсводная стѣнка. Забутка. Поперечныя и продольныя галлерей въ пазухахъ свода. Смазка. Отводъ воды. Карнизъ. Устройство проезжей части. Перила.

Пространство между двумя надсводными стѣнками заполняется гладкою, такъ называемою *забуткою*. Назначеніе забутки—противодѣйствовать измѣненію формы свода, раскрытію швовъ и содѣйствовать передачѣ горизонтальнаго распора на опоры. Въ очень рѣдкихъ случаяхъ, и то при пологихъ аркахъ, она 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. 113). Если опоры достаточно массивны, не высоки и подъемъ арки не великъ, то поверхъ забутки располагаютъ землю, песокъ, гравій (черт. 113). При менѣе же массивныхъ опорахъ, для облегченія опоръ и свода, оставляютъ въ пазухахъ свода *поперечныя* (черт. 114) или *продольныя* галлерей (черт. 115 и 116). Стѣнки этихъ галлерей покрываются или мещадками, 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

---

верстіемъ отъ 0,50 с. до 3 с. съ бетонными сводами полуциркулярнаго и параболическаго очертанія. Наконецъ на Московско-Казанской жел. дорогѣ—построены три трубы изъ бетона Монье (переплетъ изъ металлической проволоки, окруженный бетонной массой) отверстіемъ 0,50 с.—эллиптическаго сѣченія: 0,50×0,80 с.; отверстіемъ 1,00 с. параболическаго сѣченія: 1,00×1,20 и отверстіемъ 0,33 с. кольцевого сѣченія. Бетонъ Монье 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 Виадега 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.

стѣнокъ оставляются сквозныя отверстія; если эти отверстія круглыя— онѣ называются *бычачьими глазами* (черт. 117). Забутка надъ сводомъ можетъ быть сдѣлана изъ мелкаго камня или бута, положеннаго рядами. Иногда забутку дѣлаютъ расходящимися рядами, постели которыхъ составляютъ продолженіе швовъ свода.

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, сопряженіе съ горизонтальными рядами дѣлается помощью особыхъ вставныхъ камней (черт. 117). При такой разрѣзкѣ сводъ можетъ свободно осѣдать.

Верхняя часть забутки и та часть арки, которая у ключа остается безъ забутки, покрываются *смазкой*, т. е. слоемъ непроницаемаго для воды матеріала, каковы: цементный растворъ, бетонъ обыкновенный или смолистый и асфальтъ; послѣдніе имѣютъ преимущество, вслѣдствіе 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 гудропа), 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 пристаеетъ къ каменной кладкѣ, то необходимо верхній асфальтовый слой продолжить до карниза (черт. 121), прикрывъ его въ этомъ мѣстѣ кладкой со скошенной гранью, 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 смолянаго сланца или песчаника, или въ каменноугольную или древесную смолу прибавляютъ истертый въ порошокъ смолистый известнякъ, *асфальтъ*, въ количествѣ 7 част. асфальта на 1 ч. смолы. Послѣ тщательнаго переме-

пиванія прибавляютъ песокъ, около  $\frac{3}{5}$  объема, и затѣмъ 11 объемовъ такого раствора смѣшиваютъ съ 9 объемами щебня.

*Приспособленія для отвода воды* имѣютъ назначеніемъ отвести дождевую воду съ поверхности мостового полотна (моста подь обыкновенную дорогу) или отвести воду, просачивающуюся чрезъ прощцаемое для воды мостовое полотно, балластный слой и проч., — съ поверхности забутки.

Верховая вода отводится съ поверхности полотна помощью каменныхъ лотковъ, уложенныхъ около тротуара. Лотки имѣютъ 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 не красиво, или же въ галерею, оставленную въ пазухахъ свода (черт. 119), откуда 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 подь обыкновенную дорогу слѣдуетъ принять мѣры, чтобы большая часть дождевой воды стекала по поверхности моста, не просачиваясь во внутрь. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, вслѣдствіе устройства полотна изъ проникаемаго 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, это пониженное мѣсто приходится надъ 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. 113). 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 надъ ключемъ арки (черт. 117),

смазкой, продолженной во внутрь кладки надсводных стѣнокъ (черт. 124).

*Авведукки*,—назначаемые для проведения водопровода через оврагъ,—отличаются отъ судоходныхъ мостовъ только меньшей шириною (черт. 23).

Особенность *виадуктовъ*, служащихъ для проведения дороги через 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 разрывкою 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 разрывки свода не требуется. Въ случаѣ короткихъ косыхъ мостовъ—косую разрывку свода примѣняютъ по всей длинѣ моста (черт. 125), а въ противномъ случаѣ—только въ концевыхъ частяхъ, устранивая среднюю часть, какъ обыкновенные прямые своды (черт. 126).

Если система разрывки 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 разрывки (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 обоихъ чертежахъ своды показаны въ разверзаніи.

Если косина моста не болѣе  $10^\circ$ —по всей длинѣ сохраняется система кладки прямого свода, причѣмъ только облицовочные камни свода дѣлаются неодинаковой длины.

Въ виду затруднительности разрывки камней косою 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 оста-

влиять иногда промежутки (черт. 130), заполняемые или плоским перекрытием, или сводчатым, причем пятами этих легких сводков служат вышеупомянутые пояса прямых сводовъ.

Наибольше 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  $r$  — радиусъ кривизны внутренней поверхности свода.

Кромѣ того можно примѣнить формулы, данныя для трубъ, отбросивъ множитель:

$$\left(1 + \frac{1}{24} H\right),$$

### Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

Для поддержанія клиньевъ свода во время кладки употребляются деревянные или металлическія *кружала*. Для построения кружалъ необходимо знать способы начертанія направляющей кривой свода. Покажемъ простѣйшіе способы начертанія: эллипса, параболы и коробовой кривой.

Начертаніе различныхъ направляющихъ кривыхъ свода. Начертаніе кривой линіи для кружалъ.

*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  $amb'$ . 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 внешней 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 внешней полукружности постоянно и равно отношению 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  $NM$ , причемъ къ концу другого катета долженъ быть прикрѣпленъ шнуръ, второй конецъ котораго закрѣпленъ въ фокусѣ  $F$ . Длина шнура равна длинѣ катета  $np$ , который долженъ быть равенъ или лучше нѣсколько длиннѣе разстоянія  $aF = a'F$ . Натягивая шнуръ какимъ-либо пипуцимъ 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 радіусовъ  $FQ = UD, FS = WD, \dots$ ; 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, причемъ 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 черезъ 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, ... линіи  $bM$ —параллельныя оси  $Ob$  до соответственнаго пересѣченія съ вышеупомянутыми линіями.

*Коровая кривая.* Эти кривыя употребляются или взаимнѣя эллиптическихъ кривыхъ для пологихъ сводовъ, или взаимнѣя пара-



болическихъ кривыхъ для подъемистыхъ арокъ. Въ первомъ случаѣ кривизна арки уменьшается по мѣрѣ приближенія къ вершинѣ, во второмъ случаѣ—обратно.

Покажемъ предварительное 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 пролету  $2a$  и подъему  $b$  (черт. 135). Для этого на данномъ пролетѣ  $2a$  очертимъ полукругъ и раздѣлимъ его на 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 соотвѣтствующихъ 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  $ck$  соотвѣтствуетъ углу въ  $60^\circ$ , и что дуга  $hk = 30^\circ$ . Извѣстно, что  $\angle ko'c = \angle doc$ , но  $\angle doc = 60^\circ$ , слѣдовательно  $\angle ko'c = 60^\circ$ ; затѣмъ  $\angle ho''k = \angle god$ , но  $\angle god = 30^\circ$ , слѣдовательно  $ho''k = 30^\circ$ .

Такимъ же точно образомъ можно начертить и другую половину кривой.

Для очертанія коробовой кривой о многихъ центрахъ вычисляютъ положеніе каждаго изъ центровъ, независимо отъ другихъ, по координатамъ. Лучшій изъ этихъ способовъ предложенъ *Перонне*, усовершенствованный *Бретономъ*. Опишемъ этотъ способъ очертанія *коробовой кривой объ одиннадцати центрахъ*, употребленный *Перонне* при проектированіи Неллійскаго 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 разсма-

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 окрѣетъ—возможно осѣданіе и отдѣленіе нижнихъ колець. Вообще въ кирпичныхъ сводахъ качество раствора имѣетъ первенствующее значеніе.

Не рѣдко кирпичные и бетонные своды облицовываются сводомъ изъ тѣсовыхъ камней и въ этомъ случаѣ, чтобы не было отдѣленія облицовочныхъ сводовъ отъ внутренняго, крайніе облицовочные своды стягиваются желѣзными связями (черт. 114).

Утолщеніе свода къ пятамъ дѣлается уступами—въ полкирпича.

*Бетонные своды* начинаютъ нынѣ входить въ употребленіе. До послѣдняго времени, если не считать моста Альма въ Парижѣ, они 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 плечѣ—0,50 метр., въ пятахъ—0,70 метр. и напряженіи:  $2\frac{1}{3}$  пуд. на кв. дюймъ. Въ 1893 году построены черезъ р. Дунай близъ Мурдеркингена въ Виртембергѣ, мостъ съ трехшарнирной бетонной аркой, пролетомъ 23,5 саж.—50 метр. Толщина въ ключѣ 0,47 м., а въ пятахъ 0,52 саж. при напряженіи матеріала: 2,5 пуд. на кв. дюймъ; мостъ подъ обыкновенную дорогу \*). Во избѣжаніе появленія трещинъ въ бетонныхъ сводахъ значительнаго пролета, вслѣдствіе возможной неравномерной осадки грунта, полезно примѣнять шарниры въ пятахъ и въ ключѣ въ видѣ свинцовыхъ плитокъ или действительныхъ шарнировъ. Такъ напр. первый изъ упомянутыхъ мостовъ черезъ рѣку Дунай снабженъ въ ключѣ и пятахъ свинцовыми плитками, а второй—шарнирами. Главное достоинство бетонныхъ сводовъ—быстрота работы, не требующей ни тески камней, ни сложной развѣски, какъ напр. въ косыхъ сводахъ. Бетонъ составляется болѣею 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 \*\*).

\*) Надсводная часть отдѣлена отъ устоя сквозною замаскированной щелью для того, чтобы при измѣненіи температуры не могло образоваться трещина.

\*\*\*) У насъ имѣется на Тамбово-Саратовской желѣзной дорогѣ нѣсколько бетонныхъ трубъ кольцевого сѣченія діаметромъ 2,0 фут.—2,5 фут. На Петровской вѣтви Ростово-Владикавказской желѣзной дороги—построено 17 трубъ от-

Стѣнка, построенная на сводѣ въ плоскости его щеки, называется *надсводной стѣнкой*. Эти стѣнки, поддерживая непосредственно карнизъ, перила, а иногда и тротуаръ, образуютъ боковое ограниче- ние 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. 113), или дѣйствию распора арокъ продольныхъ галлерей, устраиваемыхъ въ пазухахъ свода (черт. 117).

Надсводная стѣнка. Забутка. Поперечныя и продольныя галлерей въ пазухахъ свода. Смазка. Отводъ воды. Карнизъ. Устройство проезжей части. Перила.

Пространство между двумя надсводными стѣнками заполняется гладкою, такъ называемою *забуткою*. Назначеніе забутки—противодѣйствовать измѣненію формы свода, раскрытію швовъ и содѣйствовать передачѣ горизонтальнаго распора на опоры. Въ очень рѣдкихъ случаяхъ, и то при пологихъ аркахъ, она 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. 113). Если опоры достаточно массивны, не высоки и подъемъ арки не великъ, то поверхъ забутки располагаютъ землю, песокъ, гравій (черт. 113). При менѣе же массивныхъ опорахъ, для облегченія опоръ и свода, оставляютъ въ пазухахъ свода *поперечныя* (черт. 114) или *продольныя* галлерей (черт. 115 и 116). Стѣнки этихъ галлерей покрываются или мещадками, 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

---

верстіемъ отъ 0,50 с. до 3 с. съ бетонными сводами полуциркулярнаго и параболическаго очертанія. Наконецъ на Московско-Казанской жел. дорогѣ—построены три трубы изъ бетона Монье (переплетъ изъ металлической проволоки, окруженный бетонной массой) отверстіемъ 0,50 с.—эллиптическаго сѣченія: 0,50×0,80 с.; отверстіемъ 1,00 с. параболическаго сѣченія: 1,00×1,20 и отверстіемъ 0,33 с. кольцевого сѣченія. Бетонъ Монье 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 Виадега 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.

стѣнокъ оставляются сквозныя отверстія; если эти отверстія круглыя— онѣ называются *бычачьими глазами* (черт. 117). Забутка надъ сводомъ можетъ быть сдѣлана изъ мелкаго камня или бута, положеннаго рядами. Иногда забутку дѣлаютъ расходящимися рядами, постели которыхъ составляютъ продолженіе швовъ свода.

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, сопряженіе съ горизонтальными рядами дѣлается помощью особыхъ вставныхъ камней (черт. 117). При такой разрывкѣ сводъ можетъ свободно осѣдать.

Верхняя часть забутки и та часть арки, которая у ключа остается безъ забутки, покрываются *смазкой*, т. е. слоемъ непроницаемаго для воды матеріала, каковы: цементный растворъ, бетонъ обыкновенный или смолистый и асфальтъ; послѣдніе имѣютъ преимущество, вслѣдствіе 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 гудропа), 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 пристаеетъ къ каменной кладкѣ, то необходимо верхній асфальтовый слой продолжить до карниза (черт. 121), прикрывъ его въ этомъ мѣстѣ кладкой со скошенной гранью, затѣмъ прикрывъ 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 смолянаго сланца или песчаника, или въ каменноугольную или древесную смолу прибавляютъ истертый въ порошокъ смолистый известнякъ, *асфальтъ*, въ количествѣ 7 част. асфальта на 1 ч. смолы. Послѣ тщательнаго переме-

плавания прибавляют песок, около  $\frac{2}{3}$  объема, и затѣмъ 11 объемовъ такого раствора смѣшиваютъ съ 9 объемами щебня.

*Приспособленія для отвода воды* имѣютъ назначеніемъ отвести дождевую воду съ поверхности мостового полотна (моста подь обыкновенную дорогу) или отвести воду, просачивающуюся черезъ прощцаемое для воды мостовое полотно, балластный слой и проч., — съ поверхности забутки.

Верховая вода отводится съ поверхности полотна помощью каменныхъ лотковъ, уложенныхъ около тротуара. Лотки имѣютъ 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 не красиво, или же въ галлею, оставленную въ пазухахъ свода (черт. 119), откуда вода выводится трубами на внутреннюю поверхность свода около пяты, или же помощью вертикальныхъ трубъ съ наклоннымъ колѣномъ вода проводится черезъ опоры съ выходомъ на лицевую боковую поверхность опоры.

Во всякомъ случаѣ въ мостахъ подь обыкновенную дорогу слѣдуетъ принять мѣры, чтобы большая часть дождевой воды стекала по поверхности моста, не просачиваясь во внутрь. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, вслѣдствіе устройства полотна изъ проникаемаго матеріала, вся вода по необходимости просачивается черезъ полотно.

Вода, просачивающаяся сквозь мостовое полотно и балласть, 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, это пониженное мѣсто приходится надъ 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. 113). 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 надъ ключемъ арки (черт. 117),

смазкой, продолженной во внутрь кладки надсводных стѣнокъ (черт. 124).

*Авведукки*,—назначаемые для проведения водопровода через оврагъ,—отличаются отъ судоходныхъ мостовъ только меньшей шириною (черт. 23).

Особенность *виадуковъ*, служащихъ для проведения дороги через 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, устранивая 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 обоихъ чертежахъ своды показаны въ разверзаніи.

Если косина моста не болѣе  $10^\circ$ —по всей длинѣ сохраняется система кладки прямого свода, причѣмъ только облицовочные камни свода дѣлаются неодинаковой длины.

Въ виду затруднительности разрѣзки камней косою 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 оста-

влиють иногда промежутки (черт. 130), заполняемые или плоским перекрытием, или сводчатым, причем пятами этих легких сводков служат вышеупомянутые пояса прямых 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  $r$  — радиусъ кривизны внутренней поверхности свода.

Кромѣ того можно примѣнить формулы, данныя для трубъ, отбросивъ множителъ:

$$\left(1 + \frac{1}{24} H\right).$$

---

### Производство работъ по устройству каменныхъ пролетныхъ частей.

Для поддержанія клиньевъ свода во время кладки употребляются деревянные или металлическія *кружала*. Для построения кружалъ необходимо знать способы начертанія направляющей кривой свода. Покажемъ простѣйшіе способы начертанія: эллипса, параболы и коробовой кривой.

Начертаніе различныхъ направляющихъ кривыхъ свода. Начертаніе кривой линіи для кружалъ.

*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  $amb'$ . 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 внешней 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 внешней полукружности постоянно и равно отношению полуосей  $\frac{Ob}{Oa}$ .

*Парабола.* Пусть  $aa'$  (черт. 133) пролететь,  $Ob$ —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  $NM$ , причемъ къ концу другого катета долженъ быть прикрѣпленъ шнуръ, второй конецъ котораго закрѣпленъ въ фокусѣ  $F$ . Длина шнура равна длинѣ катета  $np$ , который долженъ быть равенъ или лучше нѣсколько длиннѣе разстоянія  $aF = a'F$ . Натягивая шнуръ какимъ-либо пипуцимъ 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, причемъ 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 черезъ 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, ... линіи  $bM$ —параллельныя оси  $Ob$  до соответственнаго пересѣченія съ вышеупомянутыми линіями.

*Коровая кривая.* Эти кривыя употребляются или взаимно эллиптическихъ кривыхъ для пологихъ сводовъ, или взаимно пара-

большеских кривых для подъемистых 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 пролету  $2a$  и подъему  $b$  (черт. 135). Для этого на данномъ пролетѣ  $2a$  очертимъ полукругъ и раздѣлимъ его на 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 радиусомъ  $o'e$ ; 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 радиусомъ  $o''k$  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  $\angle ko'c = \angle doc$ , но  $\angle doc = 60^\circ$ , слѣдовательно  $\angle ko'c = 60^\circ$ ; затѣмъ  $\angle ho''k = \angle god$ , но  $\angle god = 30^\circ$ , слѣдовательно  $ho''k = 30^\circ$ .

Такимъ же точно образомъ можно начертить и другую половину кривой.

Для очертанія коробовой кривой о многихъ центрахъ вычисляютъ положеніе каждаго изъ центровъ, независимо отъ другихъ, по координатамъ. Лучшій изъ этихъ способовъ предложенъ *Перонне*, усовершенствованный *Бретеномъ*. Опишемъ этотъ способъ очертанія *коробовой кривой объ одиннадцати центрахъ*, употребленный *Перонне* при проектированіи Неллійскаго моста (черт. 136). Даныя 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 разсма-

триваемомъ случаѣ), а  $OE$  раздѣляемъ также на пять частей, по 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  $qr, rs, st$  и  $tB'$ . Кривая  $tB'$  можетъ пройти черезъ точку  $B$  и можетъ не пройти черезъ нее; если она не пройдетъ, то слѣдовательно разстоянія  $L$  и  $h$  выбраны не вѣрно и потому надо ихъ замѣнить другими. Означимъ новыя величины ( $L, h$ ) чрезъ  $x$  и  $y$ . Между  $x$  и  $y$  должно быть то же отношеніе, что и между  $L$  и  $h$ , т. е.

$$\frac{L}{h} = \frac{x}{y}; \quad \frac{xh}{L} = y \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Это уравненіе съ двумя неизвѣстными. Для рѣшенія его надо еще уравненіе. Назовемъ периметръ многоугольника  $E 2 3 4 5 6$  чрезъ  $P$ , периметръ же многоугольника, построеннаго на  $x$  и  $y$ —чрезъ  $z$ ; тогда между периметрами многоугольниковъ должно существовать отношеніе, равное отношенію сходственныхъ сторонъ, т. е.

$$\frac{z}{P} = \frac{x}{L}, \quad \text{откуда } z = \frac{xP}{L} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Но и этихъ двухъ уравненій недостаточно, ибо прибавилась третья неизвѣстная  $z$ . Составимъ третье уравненіе. Периметръ  $z + uD = b + y$ . (При  $x$  и  $y$  кривая пройдетъ черезъ точку  $B$ );  $uD = a - x$ , слѣдовательно:

$$z + a - x = y + b. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Подставляя въ это уравненіе величины, найденныя для  $y$  и  $z$ , получимъ:

$$\frac{Px}{L} + a - x = \frac{hx}{L} + b, \quad \text{или } \frac{hx}{L} + x - \frac{Px}{L} = a - b.$$

Въ этихъ уравненіяхъ величины  $a, b, L$  и  $h$  извѣстны.  $P$  опре-

дѣляется 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 эту неувѣрность пренебрегаютъ, такъ какъ небольшое измѣненіе подъема не представляетъ большого значенія.

Для начертанія *подъемистой* коробовой кривой при данномъ отверстіи ( $aa'$ ) (черт. 137) и подъемѣ  $ob$ —опредѣляютъ точку  $o'$  такъ, чтобы:

$$\sqrt{a\bar{O}^2 + O\bar{O}'^2} + ob - oo' = aa'.$$

Затѣмъ изъ точекъ  $a$  и  $a'$  описываютъ, какъ изъ центра, дуги  $a'c'$  и  $ac$  до встрѣчи съ радіусами, проведеннымъ изъ  $a$  и  $a'$  черезъ точку  $o'$ ; послѣ чего изъ точки  $o'$ , какъ изъ центра, описываютъ дугу радіусомъ  $o'c'$  — причемъ кривая очевидно пройдетъ черезъ точку  $b$ .

Дѣйствительно:

$$O'c' = ac' - aO' = aa' - \sqrt{a\bar{O}^2 + O\bar{O}'^2}$$

Но послѣдняя часть этого выраженія есть очевидно:  $Ob - OO' = O'b$ .

Слѣдовательно

$$O'c' = O'b.$$

*Начертаніе кривой линіи кружалъ.* Для составленія кружалнаго 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 однопожный циркуль.

При начертаніи кривой должно имѣть въ виду, что по снятіи

кружалъ сводъ осадеть, вслѣдствіе сжатія раствора въ швахъ. По этой причинѣ должно дать кривой нѣсколько больший 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 дапныхъ Беккеръ предложилъ слѣдующую приближительную формулу:

$$\delta = k(l - h),$$

гдѣ  $\delta$ —осадка свода,  $l$ —отверстіе,  $h$ —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, пужно распределить запасъ на остальныя 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 полуотверстіе  $AC$  (черт. 138) раздѣлимъ на четыре, напримѣръ, части и черезъ точки дѣленія проведемъ вертикальныя линіи, то на первой изъ нихъ нужно отложить выше направляющей кривой  $\frac{1}{4}\delta$ , на второй  $\frac{1}{2}\delta$  и т. д. Полученныя такимъ образомъ точки соединяютъ плавною кривою, которая и будетъ искомою. Затѣмъ кривую эту раздѣляютъ на нечетное число частей, сообразно съ толщиной имѣющихся камней и наконецъ составляютъ шаблоны для обтѣски камней.

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.

Устройство кружала. Кружальныя ребра. Опалубка. Кружала съ постоянною частью. Упругія кружала. Общія заключенія относительно устройства кружала.

Кружала состоятъ изъ трехъ главныхъ частей:

а) изъ *кружальныхъ реберъ*, располагаемыхъ на взаимномъ расстоянии 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 *кружальныя ребра* сколачиваются изъ одного или изъ двухъ рядовъ 2 1/2 дюйм. досокъ; для сводовъ изъ тесоваго камня, ввиду значительнаго груза, кружальныя 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 кружальныя ребра соединяются схватками и діагональными связями.

При кирпичныхъ сводахъ или при сводахъ изъ мелкаго камня—*опалубка* состоитъ обыкновенно изъ 1 1/2—2 1/2 дюйм. досокъ съ промежутками около 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 клинъ. Иногда и въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ досчатой опалубкѣ, особенно когда имѣютъ ввиду *залить* швы цементомъ.

Всѣ до сихъ поръ известныя системы кружальныхъ фермъ могутъ быть приведены къ двумъ классамъ: I—къ *кружаламъ съ постоянною частью*, имѣющимъ болѣе чѣмъ двѣ опорныя точки, и II—къ *упругимъ кружаламъ*—съ двумя опорными точками.

Приведемъ описаніе нѣсколькихъ типовъ того и другого класса.

*Кружала съ постоянной частью.* На черт. (139) показаны кружала системы Смитона. Онъ 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 кружальнаго ребра; если разстоянія между подпорками велики, то для уменьшенія напряженія кружальнаго 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 и 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 пижней 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 кружальныя ребра. Это сдѣлано для того, чтобы размѣщать кружальныя ребра чаще, чѣмъ подкосныя фермы. Для уменьшенія прогиба поперечной насадки подпорокъ, насадка подпирается по серединѣ двумя подкосами, передающими давленіе на подкосныя фермы.

*Угрюія кружала* съ двумя опорными точками раздѣляются въ свою очередь на двѣ группы: а) на подкосныя кружальныя фермы и б) на балочныя фермы со связной стѣнкой. Наиболѣе простой

типъ показанъ на (чер. 144). На (чер. 145) показаны кружала, употребленныя при устройствѣ Индрскаго путепровода: на обрѣзахъ быковъ расположенъ 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 (чер. 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 ригеля и подкосы.

На (чер. 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 болшею частью только на два канта.

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 неравномѣрнаго смятія волоконъ, что имѣетъ особенное значеніе, если кружала разбираются по нѣскольку разъ.

Соединеніе косяковъ въ притыкъ, безъ взаимной врубki—наибо-



лѣ цѣлесообразное соединеніе, но при этомъ необходимо—деревянными или металлическими накладками перекрыть стыки, чтобы препятствовать боковому выщипанію концовъ косяковъ.

Равнымъ образомъ предпочтительнѣе, чтобы подпорка упиралась въ стыкъ косяка по всей толщинѣ его; въ виду сего слѣдуетъ избѣгать врубки подпорокъ въ косякъ въ полдерева, или же примѣнять въ этомъ случаѣ двойныя подпорки (чер. 146). Если подпорка непосредственно упирается въ косякъ, то полезно нарубить на подпоркѣ шпиль или соединить ее съ косякомъ металлическимъ башмакомъ.

Опорами упругихъ кружалъ могутъ служить или обрѣзы фундамента, (при невысокихъ опорахъ), или специально оставляемыя 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 кружалнымъ 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 кружалное 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 произойти 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 кружалнымъ 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 свода. Разрѣзка; приготовленіе клиньевъ. Раскружалваніе.

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 заразъ 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 чего кружала перваго пролета, по выдержаніи свода нѣкоторое время на нихъ, переносятся въ пятый пролетъ и т. д. При такомъ планѣ 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 пріемъ 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 наклонно поставленныхъ брусевъ, ногъ (а), взаимно упирающихся; ноги стянуты по высотѣ нѣсколькими поперечными схватками (b); въ вершинѣ козелъ прикрѣпленъ блокъ, съ перекинутой черезъ 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 паклоненіе 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 перекладины, по которымъ влѣзаютъ наверхъ. Ноги козелъ стянуты вверху болтомъ, а внизу раздвинуты, причемъ разстояніе между ними составляетъ около  $\frac{2}{7}$  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 кру-

жало, при опусканіи козель, встали на свое мѣсто. Если сводъ достаточно широкъ, 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 высшей точкѣ кружальнаго ребра. Наклонивъ нѣсколько это послѣднее, привязываютъ конецъ каната ворота къ кружальному ребру; павивая канатъ ворота, поднимаютъ кружальное ребро немного вверхъ, поворачиваютъ кружала такъ, чтобы онѣ 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 всѣ 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 начала кладки свода кружала, въ теченіе нѣсколькихъ дней, полезно подвергнуть дѣйствию нагрузки равной той, которую онѣ будутъ испытывать въ дѣйствительности. Этимъ уничтожается вредная для кладки свода неизбѣжная осадка кружалъ, вслѣдствіе не вполне 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, перемѣщеніе и подъемъ матеріала и укладка его на мѣсто производится при помощи тѣхъ же приспособленій, которыя были упомянуты въ статьѣ о каменныхъ опорахъ. Если мостъ не высокъ, 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 (чер. 150). Подобная система имѣетъ, 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, причемъ 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 нижній 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 вырублены послѣ того, какъ кладкою свода подошли къ ключу арки.

Клинья съ площадью основанія около 3—5 кв. футъ укладываются еще руками; въ противномъ случаѣ—укладка производится помощью мостовыхъ или поворотныхъ крановъ, лебедокъ и проч.

*Кладка 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 клишьевъ, которые могутъ быть изъ штучныхъ камней или изъ околотаго постелистаго бутоваго камня. Штучные камни приготавливаются изъ камней достаточно большихъ размѣровъ, позволяющихъ приготовить цѣльный клинь 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 ипогда 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 заранее отмѣчается положеніе каждаго клина. Направленіе радіальныхъ швовъ повѣряется шнуромъ, прикрѣпленнымъ однимъ концомъ къ

центру или же помощью квадрата съ отвѣсомъ, деревянными или цинковыми шаблонами, лекалами, установленными на опалубкѣ. Чтобы дать клину въ точности то положеніе, которое требуется по эююрѣ, примѣняли иногда такой приемъ: прежде чѣмъ поставить слѣдующій камень, клали на предыдущій два или нѣсколько тонкихъ деревянныхъ клиньевъ (шириною около 2 дюймовъ), помощью которыхъ можно было дать камню любое положеніе. Затѣмъ заполняли шовъ растворомъ, пользуясь особой продолговатой лопаточкой съ зубцами (рис. 89). Очевидно, что при такихъ условіяхъ растворъ едвали 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 заполне-



Рис. 89.

ніи шва растворомъ и въ образовавшееся пустое мѣсто осторожно вливаютъ жидкій растворъ. Для заполнения шва растворомъ не прибѣгаютъ къ продолговатой кельмѣ съ зубцами, а закопачиваютъ 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 чрезмерно 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, чѣмъ это нужно, слѣдуетъ поднять его и положить свѣжій слой раствора. При такихъ условіяхъ толщину шва однако рѣдко удается сдѣлать менѣе  $\frac{1}{2}$  дюйма. Швы клипьевъ 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.

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.

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 приемъ: оставляютъ швы незаполненными растворомъ— въ ключѣ съ вѣшной стороны на глубину  $\frac{1}{2}$  толщины свода, а въ пятахъ— съ внутренней стороны (рис. 90). Затѣмъ, по освобожденіи кружалъ, швы заполняются растворомъ.

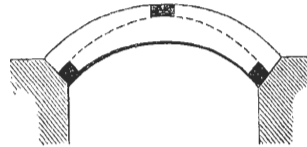


Рис. 90.

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 дѣлаютъ. Нерѣдко кирпичи вблизи замка ставятъ на мѣсто насухо и затѣмъ заливаютъ 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 пристаеетъ къ своду и при осаживаніи кружалъ можетъ произойти откалываніе кромокъ кирпича; кромѣ того и поверхность кирпича получается загрязненной. Въ виду сего швы

а также и по направлению верхней направляющей. Иногда впрочем слои бетона располагаются в своды и трамбуются по направлению горизонтальному,—что едва ли рационально. На кружалах бетонные своды выдерживаются около одного—двух месяцев; наименьшее содержание цемента:  $\frac{1}{6}$  доля по объему (6 ч. щебня, 4 ч. песку и 2 ч. цемента). Особенное внимание должно быть обращено на тщательное перемешивание и трамбовку.

При устройстве бетонных сводов на Петровской ветви Ростово-Владикавказской железной дороги применялся следующий прием. На деревянную платформу в виде круга насыпался 5—6 дюймовый слой тщательно промытого щебня величиною не больше  $1\frac{1}{2}$  д. Сверху посыпали тщательно перемешанную в сухом виде смесь цемента (1 ч.) и песку (3 ч.), и перемешивали все железными лопатами, поливая одновременно смесь водою из леек, снабженных на кончике частым ситом. Трамбование производилось горизонтальными слоями толщиной в 5 дюймов, посредством легких ударов трамбовок с чугунными наконечниками весом 1 пуд. Через два недели бетон вполне отвердевал. На кубич. саж. бетона расходовалось от 12 до 14 бочек цемента.

Опыты, произведенные над пологими бетонными сводами в Севастополе, привели к заключению, что сопротивление бетона в сводах зависит только от качества цемента и пропорционально относительному количеству содержащегося в бетоне цемента.

К этому же типу сводов следует причислить своды, устроенные из необделанных камней, положенных в сок в цементный раствор, как напр. мост Альма в Париже. Лицевые щеки подобных сводов — из обыкновенной сводчатой кладки, которая выводится по окончании средней бетонной части свода.

*Разрезка* камней в прямых цилиндрических сводах делается по двум системам взаимно перпендикулярных плоскостей, нормальных к внутренней поверхности свода. Одна из систем плоскостей, радиальных, совмещает в себя производящую цилиндра и соответственную ось внутренней поверхности свода (как напр. в коробовых сводах). Вторая же система плоскостей — параллельна лицевой поверхности свода. Радиальные швы свода, во избежание неравномерной осадки — проходят непрерывно во всю длину свода; поперечные же швы идут — в перевязку (черт. а).

Разрезка свода обыкновенно изображается в горизонтальной и

вертикальной проекціяхъ (черт. *а*), причемъ на горизонтальной проекціи показывается проекція швовъ на внутренней поверхности свода, что даетъ возможность опредѣлить только длину клинбевъ, а на вертикальной проекціи—поперечное очертаніе клинбевъ. Имѣя подобный чертежъ, полезно изобразить предварительно всѣ клинья въ изометрической проекціи, затѣмъ вычертить для каждаго клина объемлющій наименьшій параллелоипедъ, который и опредѣляетъ наименьшіе размѣры камня, изъ котораго долженъ быть приготовленъ клипъ. Одновременно съ этимъ, пользуясь вертикальной проекціей свода, заготавливаютъ изъ дощечекъ или изъ жести шаблоны, изображающіе поперечное очертаніе клинбевъ. Приготовивъ параллелоипеды, прикладываютъ шаблоны къ двумъ поперечнымъ гранямъ,—совпадающимъ съ поперечными швами, и наносятъ на поверхность камня контуры ихъ карандашемъ или инымъ путемъ (черт. *б*). Затѣмъ въ начерченныхъ на обѣихъ граняхъ контурахъ раздѣляютъ соответственныя линіи на равныя части и соединяютъ точки дѣленія дорожками. Эти послѣднія выдалбливаются въ камнѣ долотомъ, кѣуромъ и вывѣрются 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,—окончательно вывѣряютъ правильность очертанія.

На черт. *в*—изображена часть каменнаго свода въ изометрической проекціи, а на черт. *г*—различные типы очертанія клинбевъ 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, исполнѣ достигается взаимное перекрытіе швовъ,—чего при употребленіи однихъ цѣльныхъ кирпичей нельзя было бы достигнуть. Подпятные камъ въ кирпичныхъ сводахъ дѣлаются обыкновенно изъ камня (черт.



Разрѣзка камней въ косыхъ сводахъ дѣлается также по двумъ системамъ плоскостей: одна изъ нихъ вертикальна и параллельна лицевой поверхности щекъ свода, а другая система,—радіальная, образуетъ косую плоскость, совмѣщающую въ себѣ 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 параллело-пипедъ.

Пусть даны направленіе 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 заѣмъ  $a_2c_2$  и  $e_2f_2$ —дуги круга, очерченныя изъ центра  $o'$ ; тогда фигура  $a_2c_2f_2e_2$ —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, разсѣкаемъ клинь нѣсколькими промежуточными сѣченіями I—1, II—2, III—3, параллельными лицевой грани свода. Точки пересѣченія слѣдовъ 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  $1'I_1$ , равную  $Oa_2$ , заѣмъ точку  $I_1$  соединяемъ съ  $2'$  и откладываемъ отъ  $2'$  длину  $2'II_1$ , 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.

*Раскружаливаніе сводовъ.* Послѣ задѣлки ключа свода выводятъ забутку не болѣе, какъ до высоты шва перелома; послѣ этого приступаютъ къ раскружаливанію свода.

\*)  $O'$  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  $4'$ .

Относительно времени раскружаливанія мнѣнія строителей разнообразны. Одни совѣтуютъ тотчасъ по замкнутіи свода начинать раскружаливаніе, особенно если сводъ сложенъ на медленно твердѣющемъ растворѣ; другіе, напротивъ того, предлагаютъ освобождать кружала не раньше того времени, какъ растворъ достаточно окрѣпнетъ. Но каждый изъ названныхъ приѣмовъ представляетъ свои неудобства, а именно: при первомъ — разстраивается относительное положеніе клинъевъ, а при второмъ — является невозможность осадки свода безъ образованія трещинъ въ слабыхъ частяхъ свода. Поэтому иногда поступаютъ такъ, что сначала осаживаютъ сводъ на величину меньшую предполагаемой осадки и, продержавъ его въ такомъ положеніи въ теченіи отъ 4-хъ до 6-ти недѣль, смотря по состоянію погоды, приступаютъ къ окончательному отдѣленію кружалъ.

По мнѣнію Дюпюи оставленіе свода на кружалахъ ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть вредно для свода; но крайней мѣрѣ не было отъ этой причины случаевъ обрушенія свода; отъ слишкомъ поспѣшнаго раскружаливанія—обрушеніе нерѣдко 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 черезъ 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 м/м.; при перемѣнной погодѣ—46 м/м.; при сырой погодѣ—49 м/м., а при постоянно-дождливой погодѣ—79 м/м.

Осаживаніе кружалъ можетъ производиться помощью одного изъ нижеуказанныхъ приспособленій:

а) *Прокладки* (чурчки, 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 каждую 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 тяжелого молота по тонкому концу клина. Клинья должны быть приготовлены изъ твердаго лѣса; въ противномъ случаѣ они вѣдаются одинъ въ другой. Нерѣдко отъ удара оба клина выскакиваютъ, или треніе 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 шпалочные клинья и загоняя средній клинъ въ ту или другую сторону, можно по произволу осадить или поднять кружала. Уголъ наклоненія зубьевъ долженъ быть менѣе угла тренія, чтобы при неисправномъ состояніи шпалочныхъ клиньевъ не могло уже произойти скольженія. Съ этой цѣлью средній клинъ составляютъ изъ двухъ половинъ съ наклонными въ противоположную сторону гранями и между обѣими половинами закладываютъ 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 зубчатого 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 Бодемулэномъ. 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 неравнобѣрно. Для устраненія этого Лагрэнэ 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 раскруживанія, и затѣмъ, когда верхняя платформа плотно сядетъ на мѣшки, послѣдніе могутъ быть окончательно опорожнены для отдѣленія кружалъ.

Затѣмъ Бодемулэръ 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). Цилиндръ устанавливается на неподвижной платформѣ, а верхняя платформа опирается на втулку. Желая осадить кружало—необходимо открыть отверстія въ трубочкахъ, и песокъ высыпается. Весьма важно предохранить песокъ въ цилиндрѣ отъ сырости; съ этою цѣлью задѣлываютъ плотно цементнымъ растворомъ промежутокъ между втулкой и цилиндромъ и весь приборъ обвертываютъ просмоленнымъ холстомъ. Діаметръ цилиндра около 8 дюймовъ, высота около 10 дюймовъ; высота песчаного заполнения 8 дюймовъ. Если  $l$ —отверстіе свода въ метрахъ,  $e$ —разстояніе между кружальными ребрами,  $n$ —число втулокъ, то искомый діаметръ втулки:

$$d_{\text{внт.}} = 2l \sqrt{\frac{e}{n}}$$

Толщина стѣнки цилиндра:  $0,01 d$ ; діаметръ боковыхъ отверстій— $0,09 d$ ; во всякомъ случаѣ діаметръ отверстія долженъ быть не менѣе толщины стѣнки—иначе песокъ не можетъ высыпаться; лучше придавать отверстию наклонное направленіе.

Песчаные цилиндры устанавливаются одновременно съ кружалами.

д) *Домкраты*. Дююи предложилъ раскружаливать своды помощью домкратовъ, т. е. помощью винтовъ достаточнаго діаметра, помещаемыхъ между обѣими платформами. Такимъ приемомъ кружала не только могутъ быть опущены, но и приподняты вверхъ. Винтъ опирается на чугунную подушку, прикрѣпленную къ нижней платформѣ; насаженная на винтъ гайка неразрывно соединена съ горизонтальнымъ прогономъ кружалъ. Вращеніемъ винта въ ту или другую сторону, гайка, а вмѣстѣ съ ней и кружальные 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, снабженные 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, свая срѣзываются наклонно, и эксцентрикъ удерживается на должной высотѣ клиньями и закрѣпляется въ своемъ положеніи цилиндрическимъ вкладышемъ.

Всѣ упомянутые 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 освобождается отъ кружалъ, верхняя будетъ еще держаться на нихъ, что можетъ вызвать стремленіе раменъ свода опрокинуться или сдвинуться во внутрь. Поэтому, по мнѣнію нѣкоторыхъ инженеровъ, желательно имѣть такой способъ раскружаливанія, который позволялъ бы давать кружаламъ въ произвольномъ мѣстѣ любую осадку. Это достигается—примѣненіемъ винтовъ, расположенныхъ по направленію подпорокъ около криволинейныхъ косяковъ. На черт. 161 показано это приспособленіе. Въ косякахъ кружала вѣзана чугун-

ная подушка, въ которую опирается головка болта; другой конец болта входит въ гайку, вѣзанную въ насадку подпорки. Конец подпорки и косягъ обжаты двумя деревянными подушками, препятствующими отклоненію подпорки въ стороны; стяжные болты проходятъ только черезъ 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 нѣкоторыя данныя относительно осадки сводовъ:

Названіе мостовъ и способы рас- кружаливанія.	Годъ сооруженія.	Матеріалъ свода.	Кружала.		Размѣры свода.		Раскружаливаніе.		Осадка составившая.		
			Типъ.	Запасъ подвѣха метр.	Пролетъ метр.	Стрѣла подъема метр.	Начало по вышугу свода спустя дней.	Продолжилось для одного пролета дней (не 10 летъ).	Во время кладки метр.	По раскружаливанію метр.	Всего метр.
1. <i>Клинья подъ каждымъ камнемъ.</i>											
а) Польмейскій мостъ . . . . .	1772	Штучный камень.	уруг.	0,40	89,00	9,20	18	19	0,360	0,260	0,62
б) Мостъ Дора въ Туринѣ . . . . .	1823	Гранитъ.	пост.	0,26	45,00	5,5	20	5	—	0,15	0,19
в) Мостъ Честеръ . . . . .	1834	Песчаникъ.	пост.	—	61,00	12,81	—	—	0,60	0,065	0,665
2. <i>Обычѣ зубчатые клинья.</i>											
Лондонскій мостъ . . . . .	1824	Гранитъ.	пост.	—	46,35	9,00	—	—	—	0,063	0,025
3. <i>Клинья подъ опорными точками.</i>											
Аллерскій мостъ близъ Вердона . . . . .	1862	Кирпичъ.	пост.	0,05	14,00	2,00	14	—	0,025	0,050	0,075
4. <i>Мѣшки 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 пескомъ.</i>											
Тильзитскій мостъ въ Лионѣ . . . . .	1862	Штучн.	пост.	0,05	22,84	2,75	40	—	0,00	0,00	0,00
Мостъ черезъ р. Дракъ . . . . .	1874	Околотый камень.	пост.	—	52,00	7,40	42	0,03	—	—	0,004
Виадукъ (Aulne) . . . . .	1866	Штучн.	уруг.	—	22,00	11,00	24	—	0,090	0,015	0,015

Въ заключеніе приводимъ описаніе моста, изображеннаго на чер. 148. По наружному виду мостъ принадлежитъ къ типу арокъ со скрытыми устоями (à culées 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 одиночнымъ 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 окомотыхъ камней на растворѣ изъ 1 ч. цемента и 3 ч. песку.

Кружальные подмости опираются частью на сваи, частью на каменные столбы. Кружала вычерчивались на досчатомъ полу и тутъ же приговялились 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 дожда 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 готовились изъ валуновъ, съ временнымъ сопротивленіемъ 9,5 килл. на кв. мил. Пятовые камни уложены на подпятные помощью свинцовыхъ прокладокъ толщиной 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 толщиной 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 1 1/2 ч. песку, просовывая въ то же время въ шовъ продолговатую кельму. Последніе пять рядовъ замковыхъ камней одновре-

менно заливались раствором. Восемь каменщиков при таком же числе чернорабочих окончили работу в  $7\frac{1}{4}$  дней.

Металлическія втулки чугунныхъ цилиндровъ съ пескомъ были соединены съ электрическимъ звонкомъ такимъ образомъ, что всякая незначительная осадка кружалъ давала о себѣ знать въ помещеніи для рабочихъ и въ конторѣ. 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 теченіи 15 дней.

Первая осадка кружалъ произведена одновременно 21 рабочими, выпустившими заразъ равное количество песку въ одинаковые по объему сосуды. Количество извлеченнаго такимъ образомъ песку соответствовало 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 приема, 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 надстройка 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.

---



## Деревянные пролетные части.

Фермы пролетных частей моста, устраиваемая из дерева, принадлежатъ къ двумъ типамъ: а) къ фермамъ, не произволяющимъ горизонтальнаго распора (балочныя—изъ сплошныхъ прогоновъ, балочныя—со сквозной стѣжкой 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 рассмотримъ 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 дѣйствию подвижнаго груза (верхній досчатый настиль, щебеночный слой, шашки торцевой мостовой и проч.—въ мостахъ подь 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 подь обыкновенную дорогу; шпалы, продольныя лежни—въ желѣзнодорожныхъ мостахъ).

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.

Устройство проѣзжей части въ мостахъ подь обыкновенную дорогу.

*Досчатое полотно.* Въ случаѣ устройства полотна изъ досокъ или пластинъ ограничиваются однимъ или двумя рядами досокъ—въ зависимости отъ размѣра движенія. При *одиночномъ* настиль—пластины или доски всегда располагаются перпендикулярно къ направлению движенія, опираясь непосредственно или на главные прогоны моста (рис. 91), если расстояние между прогонами непрево-

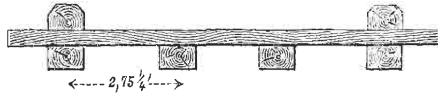


Рис. 91.

сходить 2,75—4 ф., или на вспомогательные прогоны (ребра полотна) (рис. 92), если расстояние между главными прогонами настолько велико, что доски или пластины обыкновенно употребляемыхъ размѣровъ не въ состояніи выдержать дѣйствующую на нихъ нагрузку.

Расстояние между продольными прогонами дѣлаютъ отъ 2,75—4 ф., считая это расстояние между осями, а промежутки между осями поперечинъ дѣлаются отъ 5 до 8 футовъ.

Толщина досокъ или пластинъ измѣняется отъ 4,0 до 7,5 дюймовъ. Вспомогательные прогоны при прямоугольномъ сѣченіи имѣ-



Рис. 92.

ютъ 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 расположенія слѣдуетъ всегда избѣгать, въ виду того, что при неплотной пригонкѣ настила колеса экипажей могутъ попадать въ щели.

Верхній рядъ досокъ имѣеть цѣлью предохранить нижній рядъ отъ изнашиванія.

Продольное или поперечное расположеіе досокъ мало вліяетъ на болѣе или менѣе быстрое изнашиваніе ихъ, хотя при поперечномъ направленіи замѣчается меньшее изнашиваніе. При поперечномъ направленіи кромки очень скоро обминаются, причеиъ полотно въ продольномъ сѣченіи моста получаетъ волнообразный видъ; при продольномъ направленіи доска изнашивается нѣсколько быстрее; изнашиваніе это распространяется равномерно во всю длину доски, но неодинаково по ширинѣ ея. Средняя часть доски, какъ менѣе твердая, изнашивается болѣе кромокъ, такъ что здѣсь обра-

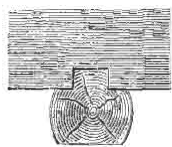


Рис. 94.

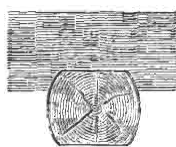


Рис. 95.

зуются продольные желобки, затрудняющіе поперечный стокъ воды. При продольномъ направленіи ѣзда значительно спокойнѣе. Во время гололедицы поперечный настилъ съ другой стороны представляетъ большія

удобства сравнительно съ продольнымъ настиломъ.

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 успѣшный стокъ воды.

Что касается размѣра нижняго ряда досокъ, размѣровъ и разстоянія поперечинъ и вспомогательныхъ продольныхъ прогоновъ, то здѣсь слѣдуетъ повторить то же, что и при одиночномъ настилѣ.

Размѣры нижняго ряда дѣлаются нѣсколько менѣе, чѣмъ при одиночномъ настилѣ.

Каждая доска верхняго ряда прикрѣпляется къ нижнему ряду нѣсколькими гвоздями. Иногда для удобства стока дождевой воды проѣзжей части придаютъ выпуклую форму, что требуетъ выгиба досокъ верхняго поперечнаго ряда.

Во избѣжаніе выгиба верхняго ряда досокъ по цилиндрической поверхности удобнѣе дѣлать полотно двухскатнымъ, располагая стыки поперечныхъ досокъ по оси моста, что позволяетъ производить ремонтъ обѣихъ половинъ полотна моста, 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, считывая на просачиваніе воды въ щели, между отдѣльными



Рис. 96.

досками или въ высверленные 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 досокъ вдоль моста, а также и поперекъ, при отсутствіи средняго прижимнаго бруса)—не могли приподняться въ стыгахъ, вслѣдствіе случайнаго отсутствія гвоздя или нагеля—иногда обдѣлываютъ концы досокъ шипомъ, входящимъ въ шпунтъ попереч-

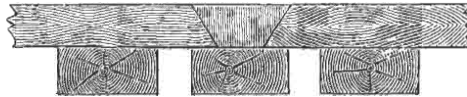


Рис. 97.

ной или продольной прижимной доски (рис. 96), или же концы досокъ верхняго настила сдѣлываются наклонно и удерживаются отъ поднятія одной общей доски съ соответственнымъ наклоннымъ сдѣломъ (рис. 97). 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 настилѣ—въ началѣ и въ концѣ мостового полотна кладется равный по толщинѣ двойному настилу брусъ съ такимъ же наклоннымъ сдѣломъ (рис. 98).

Мостовое полотно из *щебеночного слоя* применяется весьма часто (рис. 99) по своей дешевизнѣ. Нѣтъ надобности дѣлать очень толстый слой—во избѣжаніе излишней нагрузки, а слѣдовательно и размѣровъ прогоновъ моста и нижняго настила, т. е. нижней

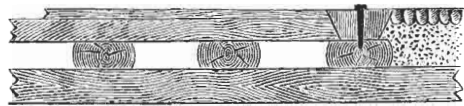


Рис. 98.

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 серединѣ на  $\frac{1}{50}$  ширины моста. Такъ, напримѣръ, при

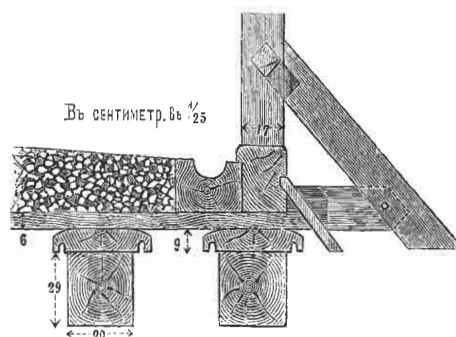


Рис. 99.

ширинѣ моста въ 16', толщина по серединѣ 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, препятствуетъ быстрому высыханію досчатаго настила, если только доски не покрыты водонепроницаемымъ слоемъ. Въ прежнее время употребляли для этой цѣли слой глины толщиной 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 значительнѣе дороже каменной мостовой, но, принимая во вниманіе большіе размѣры составныхъ частей моста для послѣдней мостовой,—выгода остается на сторонѣ торцовой мостовой (рис. 100).

Осмоленные торцы (шашки) мостовой, высотой 5"—8", устанавливаются прямо на настилѣ, а иногда—на слой песка, толщиной 2"—при употребленіи при этомъ двойного нижняго настила. При песчаномъ подстилѣ—поверхность мостовой недостаточно ровная, но при этомъ получается та выгода, что шашки могутъ быть

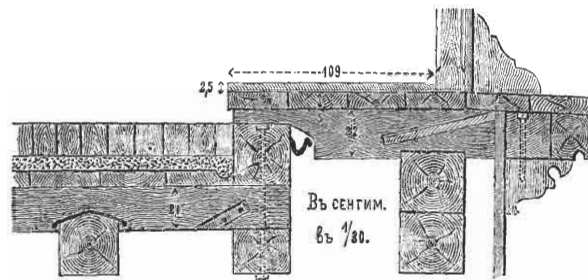


Рис. 100.

неодинаковой высоты, которая уравнивается большей или меньшей толщиной слоя песка; 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 пѣшеходнымъ движеніемъ *тротуары* не устраиваются (черт. 97).

Для того, чтобы тротуаръ былъ всегда чистымъ, полезно располагать его выше проѣзжей части дюймовъ на 6—9. Въ этомъ случаѣ, для образованія полотна тротуара, нельзя уже пользоваться

\*) Вмѣсто шестиугольныхъ торцевъ употребляютъ теперь нерѣдко деревянные бруски шириною около 3 д., длиною—12 д. и высотой 7 д., расположенные на нижнемъ настилѣ перпендикулярно къ направленію движенія. Къ рядамъ оставляются промежутки въ 1 д., въ которые вставляются на дюймовыя доски; сквозь эти доски и бруски забиваютъ наклонно гвозди, урны мостовая прикрѣпляется къ нижнему настилу; верхняя часть дюймовыхъ промежутковъ засыпается пескомъ, гравіемъ и мелкимъ щебнемъ.

пихнуть рядом досокъ, а устраиваютъ особое полотно изъ продольныхъ (черт. 101), или поперечныхъ досокъ (рис. 101 и 102).

Въ первомъ случаѣ доски опираются на особые короткіе поперечные бруски, непревосходящіе длину ширину тротуара (рис. 103).

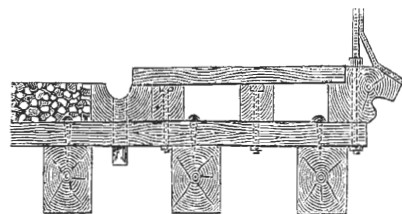


Рис. 101.

Устраивая полотно тротуара изъ поперечныхъ досокъ, подъ досками помѣщаютъ продольные бруски, которые располагаются или на нижнемъ досчатомъ настилѣ (черт. 26), что нельзя признать удачнымъ, въ виду возмож-

ности ремонта нижняго настила, или — на продольныхъ прогонахъ моста, а при значительномъ разстояніи между ними — на особыхъ поперечныхъ.

Въ мостахъ шириною до 16 ф., съ одиночнымъ или двойнымъ досчатымъ настиломъ, или же при щебеночномъ слоѣ незначительной

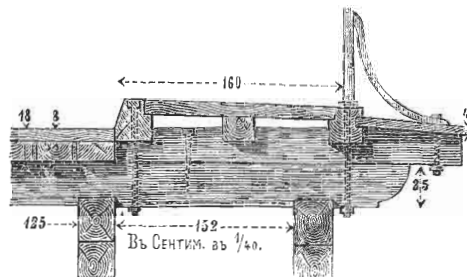


Рис. 102.

толщины — для отвода воды обыкновенно ограничиваются тѣмъ, что просверливаютъ въ доскахъ нѣсколько отверстій. При болѣе значительной ширинѣ моста, а также при щебеночномъ слоѣ значительной толщины и при каменной мостовой — верхней поверхности придаютъ уклонъ въ обѣ стороны. Если нѣтъ возвышающагося тротуара, то вода стекаетъ черезъ край, или устраивается деревянный или каменный лотокъ (черт. 97). При существоваши возвышающагося тротуара располагаютъ лотокъ около тротуара (черт. 99), или тротуаръ отдѣляется отъ пробѣжей части продольною щелью, или, не ограни-

чивая проезжую часть брусьев, тротуаръ настолько возвышаютъ надъ нею, что вода стекаетъ какъ съ тротуара, такъ и съ проезжей части—черезъ край полотна (рис. 103).

Лоткамъ придаетъ уклонъ въ  $\frac{1}{400}$ ; вода выводится къ обоимъ концамъ моста, а при значительной длинѣ моста спускается въ нѣсколькихъ мѣстахъ внизъ черезъ особыя длинныя трубы (черт. 99).

Кромѣ обезпеченія быстрого стока воды необходимо предохранять дорожно-стоящія и трудно-ремонтруемыя части моста (прогоны) отъ непосредственнаго доступа къ нимъ воды. Для этой цѣли служатъ: осмолка древесной смолой, окраска, обшивка досками или листовымъ желѣзомъ, плотная пригонка досокъ полотна. Поверхъ

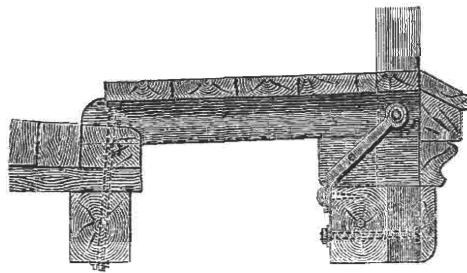


Рис. 103.

прогоновъ располагаютъ особыя доски со свѣшивающимися концами, предохраняющія прогонъ отъ доступа воды (чер. 97); иногда верхнюю грань прогона обтесываютъ для скорѣйшаго стока воды по двумъ взаимно-пересекающимся 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.

При пересѣченіи 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. 104; въ нижнемъ брусье вынимается соответственная четверть; при этомъ меньше ослабляется нижний брусь, а верхний брусь можно даже считать неослабленнымъ, такъ какъ перерѣзанныя волокна не будутъ на вѣсу.

Устройство проѣзжей 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.

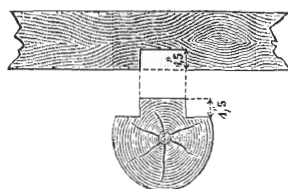


Рис. 104.

Вообще же рельсы прикрѣпляются или къ поперечинамъ, или къ продольнымъ лежнямъ. Первое представляетъ преимущество въ отношеніи 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  $\frac{1}{20}$ , соответствующимъ коничности колесъ подвижнаго состава.

Если при незначительномъ пролетѣ достаточно по одному прогону подъ рельсы, то можно разстояніе между прогонами сдѣлать

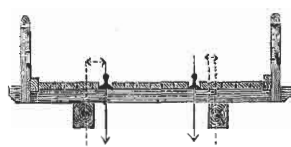


Рис. 105.



Рис. 106.

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  $1\frac{1}{2}$ , 2 и 3 прогона подъ рельсы. Различныя расположенія показаны на рис. 105—109.

Каждая поперечина прикрѣпляется къ прогону двумя болтами, во избѣжаніе сдвиганія отъ сотрясеній. Толщина болтовъ измѣняется отъ  $\frac{3}{4}$  до 1 дюйма. Гайка помѣщается обыкновенно сверху для

1 дюйма; гайка помѣщается снизу, а головка, приходящаяся подъ пятою рельса, врѣзывается въ лежень (рис. 112 и 113).

Стыки, очевидно, располагаются надъ поперечной; соединеніе дѣлается врубкой въ полдерева (рис. 112), или лучше въ притыкъ (рис. 113) со скобкой.

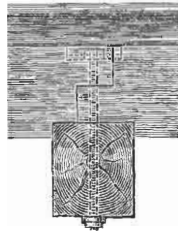


Рис. 112.

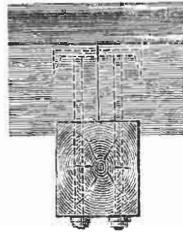


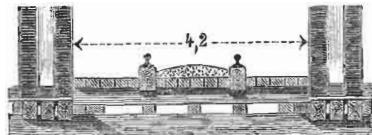
Рис. 113.

Во избѣжаніе упренія пути, уложеннаго на продольныхъ лежняхъ, требуется, чтобы на мостахъ выше 10-ти сажень рельсы были связаны желѣзными тяжами \*).

Для удобства прохода путевыхъ сторожей

по такимъ мостамъ устраиваютъ еще *досчатый 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—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. 114.

Досчатый настилъ прикрѣпляется непосредственно къ поперечинамъ, бу-

дутъ ли рельсы прикрѣплены къ поперечинамъ, или къ продольнымъ лежнямъ (рис. 114). Иногда, впрочемъ, настилъ (въ данномъ случаѣ уже поперечный) прикрѣпляется къ особымъ продольнымъ брускамъ (рис. 115).

Лучшимъ средствомъ *противъ загоранія* досокъ и поперечинъ отъ

\* Наше Министерство п. с. отдаетъ предпочтеніе укладкѣ пути на поперечинахъ.

искрѣ, падающихъ изъ поддувала паровоза, — слѣдуетъ признать пропитываніе досокъ и поперечинъ хлористымъ цинкомъ или креозотомъ: покрытіе досокъ щебнемъ затрудняетъ осмотръ моста при проходѣ по нему.

Для предупрежденія *схода поѣзда съ рельсовъ* прибываютъ вдоль моста контръ-рельсы, съ внутренней стороны колеи.

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 брусья полезно продолжать за мостъ по полотну, по крайней мѣрѣ на 20 саж. и сводить ихъ въ одну точку

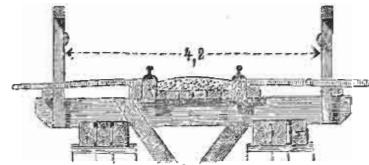


Рис. 115.

по оси пути, что можетъ служить приспособленіемъ для направлення на рельсовую колею поѣзда, сошедшаго съ рельсовъ передъ мостомъ.

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 раз-

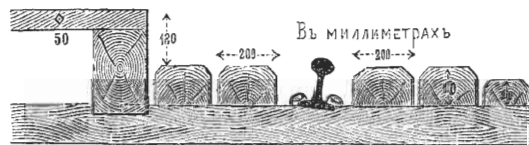


Рис. 116.

стояніи между поперечинами, помѣщаютъ около рельсовъ съ обѣихъ сторонъ по двѣ или по три толстыхъ доски шириною 8", толщиной отъ 5"—7,5" (рис. 116); 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.

Перила. Перила назначаются для предохранения от 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



Рис. 117.

Рис. 118.

предупредить возможность опрокидыванія ихъ во внѣшнюю и внутреннюю стороны при навалѣ толпы людей или даже экипажей. При малой высотѣ прогоновъ стойки врубаются шиномъ въ прижимный или упорный брусъ (рис. 117), или въ поперечину (рис. 118), а при большей высотѣ прогоновъ онѣ соединяются съ прогономъ въ видѣ полухватокъ.

Въ первомъ случаѣ для большей связи пропускаютъ иногда болтъ чрезъ сквозной шипъ стойки и чрезъ 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 часть планки пропускается сквозь упорный или прижимный брусъ и свозъ прогонъ фермы.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу и въ желѣзнодорожныхъ мостахъ нѣкоторыя поперечины дѣлаются длиннѣе, и въ свѣшивающійся конецъ упирается подкосъ, врубленный другимъ концомъ въ стойку (рис. 115).

Для предупрежденія опрокидыванія стоекъ во внутрь устраиваются иногда и внутреннiе подкосы (рис. 118).—Эти подкосы хотя и служатъ охраною для стоекъ отъ колесъ экипажей, но съ другой стороны они стѣсняють свободное обращенiе пѣшеходовъ. Если наружные подкосы соединены съ поперечиной и стойкой—болтами (рис. 117), то они удовлетворяють и возможности опрокидыванія стоекъ во внутреннюю сторону.

Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, гдѣ нѣтъ вышесказаннаго неудобства, полезно, въ видахъ уменьшенiя 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 подобiе полусхватки. Иногда употребляютъ тотъ же приемъ и при низкихъ прогонахъ, прибѣгая къ нѣкоторымъ дополнительнымъ скрѣпленiямъ. Такъ, напримѣръ, (на рис. 101) дополнительное скрѣпленiе состоитъ изъ наклонной скобы, а на рис. 119 указано прикрѣпленiе стойки болтомъ

къ двумъ поперечинамъ, обжимающимъ стойку. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ стойки периль устраиваютъ весьма часто изъ желѣза; нижняя часть обдѣлана въ цилиндрическую форму и снабжена винтовой нарезкой; цилиндрическая часть пропускается сквозь шпалу (рис. 120).

Вершина стоекъ перекрывается общей насадкой, называемой *поручнемъ*, въ которую врубается стойка шипомъ. Скрѣпленiе поручня со стойкой дѣлается помощью болтовъ (рис. 121), или скобъ

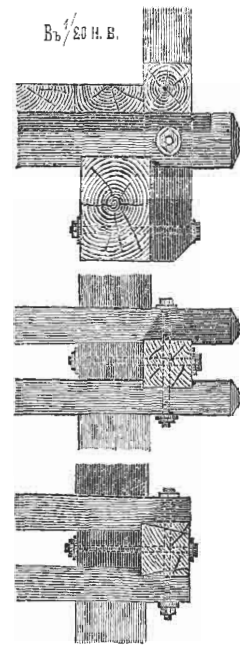


Рис. 119.

(рис. 115); въ стыкахъ поручни соединяются въ притыкъ (рис. 115), или зубомъ. Наружной поверхности поручня придаютъ призматическую или цилиндрическую форму; на известномъ протяженіи снимаютъ фаску или придаютъ другую, болѣе красивую форму.

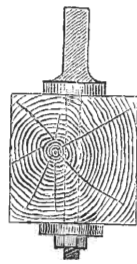


Рис. 120.



Рис. 121.

На некоторыхъ изъ нашихъ желѣзнодорожныхъ мостахъ поручни замѣняетъ капать, пропущенный въ отверстія, сдѣланные 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

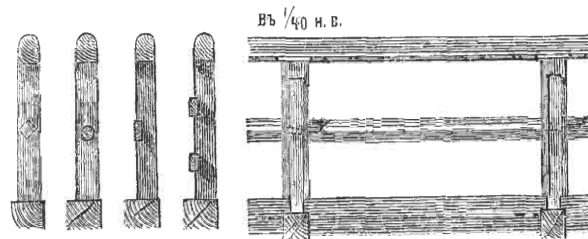


Рис. 122.

состоитъ изъ круглаго, квадратнаго бруска, впущеннаго шипомъ въ середину стоекъ (рис. 122), или же врѣзаются плоскіе бруски.

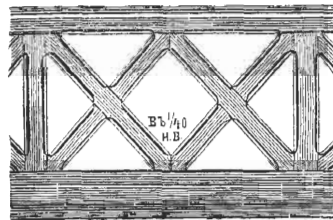


Рис. 123.

Эти простыя заполненія употребляются въ мостахъ внѣ городовъ и въ желѣзнодорожныхъ мостахъ. Другое, болѣе красивое заполненіе для городскихъ мостовъ показано на рис. 123.

Высота перилъ дѣлается отъ 3 ф. до 3,5 ф., считая отъ верхней поверхности полотна. Расстояніе между стойками—въ городскихъ мостахъ—отъ 5 ф. до 8 ф., а въ мостахъ внѣ городовъ отъ 1 саж. до 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> сажени. Толщина стоекъ и поручня дѣлается

отъ 5,5 до 7,5 дюймовъ. Ширина и толщина подкосовъ отъ 4—5,5 дюймовъ; толщина длинныхъ брусьевъ—отъ 3,5—5 дюймовъ.

Балочныя фермы изъ сплошныхъ брусьевъ 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 брусьевъ 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 прижимнаго бруса и поручня периль врублены въ наклонныя стойки, врытыя въ грунтъ; въ стойкѣ имѣются гнѣзда для принятія шиповъ, нарубленныхъ на концахъ прижимнаго бруса и поручня.

Другой примѣръ представляетъ типъ моста на Моршанско-Сызранской желѣзной дорогѣ (черт. 8). Подъ каждымъ рельсомъ имѣется по два прогона, изъ брусьевъ, обтесанныхъ на четыре канта. Прогоны опираются на два мауэрлата, положенные на верхней грани каменной опоры; между смежными мауэрлатами оставлена каменная стѣнка. Для того, чтобы балластъ не осыпался, торцы прогоновъ обшиты во всю высоту доской; поверхъ прогоновъ расположены шпалы. Промежточную стѣнку между мауэрлатами полезно вывести выше, почти до подошвы рельсовъ, оставивъ гнѣзда для укладки прогоновъ; въ этомъ случаѣ нѣтъ надобности обшивать доской торцы прогоновъ.

Прогоны обыкновенно обтесываются на четыре канта (рис. 124), а въ городовъ и во временныхъ мостахъ только съ одной, или двухъ сторонъ (рис. 125).

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.

Фермы моста (главные прогоны). Балочныя фермы изъ сплошныхъ брусьевъ. а) Простыя балочныя прогоны. — Расстояніе между прогонами. — Расположеніе прогоновъ на крайнихъ опорахъ. — Сопряженіе мостового полотна съ полотномъ дороги. — Расположеніе прогоновъ на промежуточныхъ опорахъ.

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу разстояніе 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 подъ тротуаромъ, или употребляютъ для этого менѣе крупный лѣсъ.

Чѣмъ больше разстояніе между прогонами, тѣмъ меньше число ихъ, но за то тѣмъ болѣе ихъ размѣры и размѣры мостового полотна.

Наиболѣе употребительное разстояніе между балками отъ 2,75 фута до 3,5 ф. и 4 ф. При толстомъ настилѣ, или при вспомогательныхъ поперечинахъ, разстояніе между главными прогонами увеличиваютъ до 5 ф., на что для мостовъ отверстіемъ не болѣе 2-хъ сажень обыкновенно достаточно бываетъ 7-ми вершковый лѣсъ.



Рис. 124.

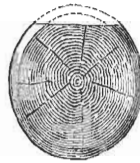
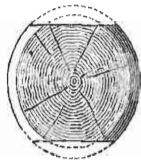


Рис. 125.



Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу кладутъ отъ *двухъ* до *шести* прогоновъ подъ каждый путь. При двухъ балкахъ эти послѣднія располагаются непосредственно

подъ рельсами, и если имѣются поперечины, то лучше располагать ихъ нѣсколько въ сторонѣ, дюймовъ на шесть (рис. 103). При трехъ балкахъ слѣдуетъ дать имъ такое взаимное расположеніе, чтобы давленіе на всѣ эти прогоны было одинаковое (рис. 104). Въ случаѣ четырехъ и шести прогоновъ располагаютъ два или три прогона подъ рельсы (рис. 105, 107 и черт. 8). При деревянныхъ свайныхъ устояхъ прогоны помѣщаются на поперечныхъ насадкахъ, покрывающихъ сваи (черт. 162), а при отсутствіи поперечныхъ насадокъ прогоны нарубаются на сваи. При каменныхъ устояхъ, для передачи давленія на большую площадь, прогонъ нарубается на мауэрлатъ, положенный на обрѣзѣ устоя (черт. 8 и рис. 126).

Для предупрежденія бокового или продольнаго движенія дѣлаются соответственныя врубки, какъ въ прогонѣ, такъ и въ мауэрлатѣ и насадкѣ. Глубина врубокъ около  $1-1\frac{1}{4}$  дюймовъ. Для того, чтобы врубка не ослабляла прогона, она дѣлается съ присѣкомъ. Глубокой врубки въ мауэрлатѣ и въ насадкѣ слѣдуетъ избѣгать, въ виду того, что во врубкѣ прогонъ начинаетъ загнивать и, слѣдовательно, быстрѣе разрушается, чѣмъ въ остальной части. Обыкно-



венно 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 оставляютъ между стѣнкой и торцемъ прогона свободное пространство отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2-хъ дюймовъ (рис. 126).

Сопряженіе мостового полотна съ полотномъ желѣзной и обыкновенной дороги показано на черт. 162 и рис. 126.

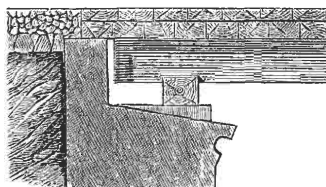


Рис. 126.

Въ первое время, при исследованіи еще землѣ, шпалы,

находящіяся непосредственно впереди моста, значительно осѣдаютъ 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 обилии мелкаго камня и щебня устраивать хотя основаніе насыпей изъ этого матеріала. Необходимо также имѣть въ виду, чтобы поперечная насадка послѣдняго ряда свай, находящаяся 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 футовъ, окружается щебнемъ, во избѣжаніе гніенія.

Если деревянные быки состоятъ изъ двухъ рядовъ свай съ двумя поперечными насадками, или если каменный быкъ допускаетъ укладку двухъ мауэрлатовъ (рис. 127), то прогоны располагаются въ притыкъ. Если же на быкѣ имѣется одна поперечная насадка, тогда прогоны размѣщаются, какъ показано на рис. 128. Послѣднее рас-

венно 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 оставляютъ между стѣнкой и торцемъ прогона свободное пространство отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2-хъ дюймовъ (рис. 126).

Сопряженіе мостового полотна съ полотномъ желѣзной и обыкновенной дороги показано на черт. 162 и рис. 126.

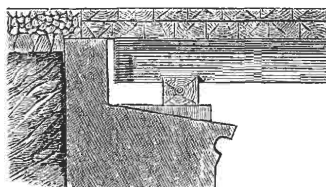


Рис. 126.

Въ первое время, при исследованіи еще землѣ, шпалы, находящіяся непосредственно впереди моста, значительно осѣдаютъ 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 обилии мелкаго камня и щебня устраивать хотя основаніе насыпей изъ этого матеріала. Необходимо также имѣть въ виду, чтобы поперечная насадка послѣдняго ряда свай, находящаяся 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 футовъ, окружается щебнемъ, во избѣжаніе гніенія.

Если деревянные быки состоятъ изъ двухъ рядовъ свай съ двумя поперечными насадками, или если каменный быкъ допускаетъ укладку двухъ мауэрлатовъ (рис. 127), то прогоны располагаются въ притыкъ. Если же на быкѣ имѣется одна поперечная насадка, тогда прогоны размѣщаются, какъ показано на рис. 128. Послѣднее рас-

точнымъ приближеніемъ можно принять, что, при неразрывномъ соединеніи прогона съ подбалкой, прогонъ представляетъ собою балку съ горизонтально-задѣланными концами, и кромѣ того достигается уменьшеніе пролета.

На рис. 131—135 показаны различные способы соединенія под-

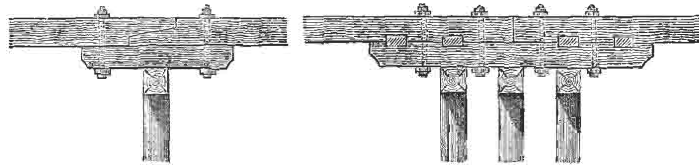


Рис. 129.

Рис. 130.

коса съ подбалкой. Двойной зубъ (рис. 134) можетъ быть примѣненъ, очевидно, только при весьма пологихъ подкосахъ. Соединеніе, показанное на рис. 135, имѣетъ то преимущество, что гвѣзда помѣщена съ наружной стороны и слѣдов. пригонка частей не затруднительна.

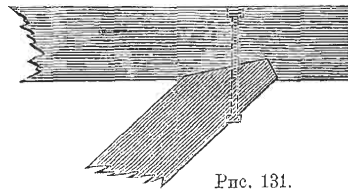


Рис. 131.

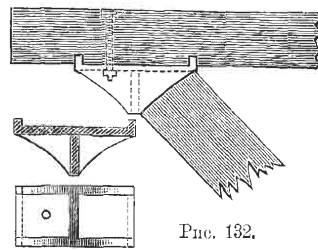


Рис. 132.

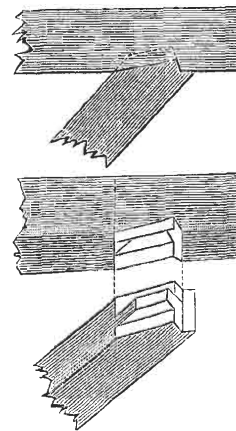


Рис. 133.

На рис. 136 и 137, показано соединеніе подкоса со стойкой или со сваей. Вообще стараются всегда избѣгать глубокихъ врубокъ въ сваѣ, чтобы ее не ослаблять: поэтому соединеніе, показанное на чер. 132, наиболѣе употребительное. Въ некоторыхъ постоянныхъ

мостах подкосы подбалокъ врубаютъ въ насадки особыхъ свай (рис. 138), что, очевидно, имѣетъ преимущество.

На рис. 139, 140 и 141 изображены сопряженія подкоса съ каменной опорой. Подкосъ упирается непосредственно въ каменную кладку 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 оставляютъ всегда прозоры между боковыми краями подкоса и кладкой для свободного воздуха.

Иногда встрѣчается устройство подбалокъ, показанное на рис. 142. Такое расположеніе оправдывается

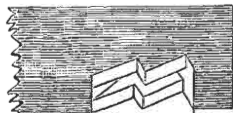
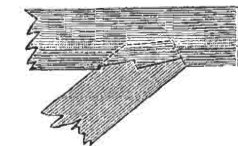


Рис. 134.

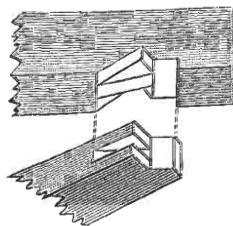


Рис. 135.

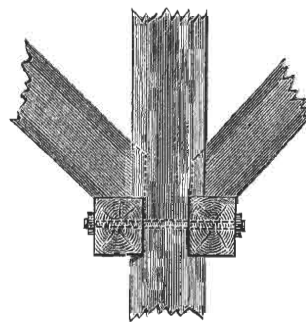


Рис. 136.

только въ томъ случаѣ, если высота одиночной подбалки выходитъ по расчету очень значительной. Для предупрежденія бокового выпучиванія — брусья подбалокъ скрѣпляются особыми вертикальными полусхватками. Если всѣ отдѣльныя подбалки взаимно соединены болтами и шпонками, такую связь можно принять за одно цѣлое, при чемъ получается жесткая подбалка, уменьшающая пролетъ. Но та же цѣль достигается съ меньшей тратой матеріала при одиночной подбалкѣ, подпертой подкосами.

Подбалка на устояхъ только въ томъ случаѣ принесетъ пользу,

если конец ея будет подперть 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.

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

Балочные составные прогоны. Соединеніе помощью зубьевъ. Соединеніе шпонками. Размѣры шпонокъ. Горизонтальная и вертикальная связи между прогонами.

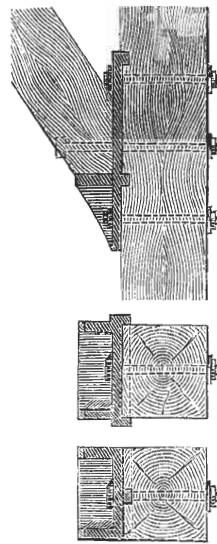


Рис. 137.

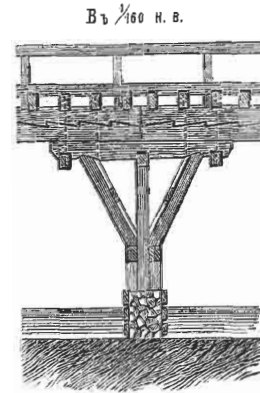


Рис. 138.

бруса въ другой прямоугольными или треугольными зубьями, или соединеніемъ брусевъ шпонками и болтами, или же употребленіемъ вмѣсто шпонокъ толстыхъ прокладокъ, врубанныхъ въ оба бруса (чер. 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 парѣзку зубьевъ

дѣлають послѣ того, какъ оба бруса выгнуты вверхъ; при соединеніи затѣмъ брусьевъ, верхнія волокна нижняго прогона стремятся укоротиться, а нижнія волокна верхняго прогона, напротивъ того, удлинняются, чѣмъ и достигается плотное соприкасаніе зубьевъ обоихъ прогоновъ. Для предупрежденія вдавливанія волоконъ зубьевъ однихъ въ дру-

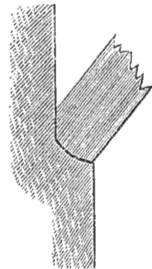


Рис. 139.

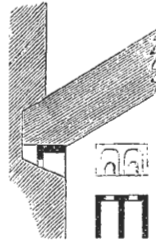


Рис. 140.

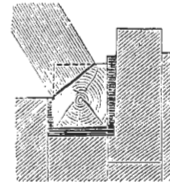


Рис. 141.

гіе, загоняють между зубьями дубовыя прокладки (рис. 143). Производя вышеупомянутый искусственный подъемъ, слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы стрѣла не превосходила  $\frac{1}{10}$  пролета; глубина врызки дѣлается обыкновенно около  $\frac{1}{10}$  всей высоты балки.

Шпонки располагаются между соединяемыми брусьями или нормально, или наклонно. Въ концевыхъ частяхъ прогона онѣ распо-

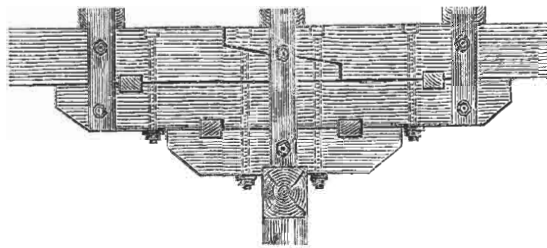


Рис. 142.

лагаются наклонно, а въ среднихъ—нормально, или же, что чаще всего встрѣчается, онѣ располагаются нормально по всему протяженію прогона. Между соединяемыми брусьями оставляютъ небольшой прозоръ, какъ для доступа воздуха, такъ и ради увеличенія момента сопротивленія сѣченія. 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 въѣея,

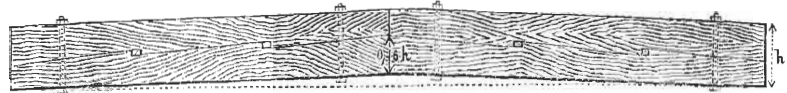


Рис. 143.

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. 144 показанъ типъ такого прогона.

Соединеніе шпонками во всякомъ случаѣ лучше соединенія зубьями, такъ какъ не требуется такой тщательной работы; затѣмъ при врѣзкѣ

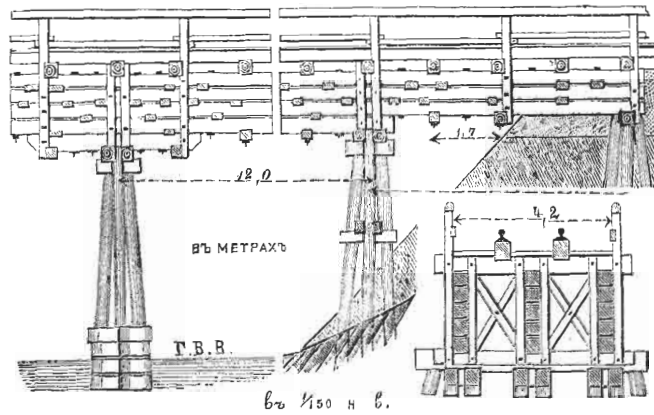


Рис. 144.

зубьевъ одного въ другой уменьшается полезная высота балки, между тѣмъ какъ при употребленіи шпонокъ высота, напротивъ, увеличивается. Если даже со временемъ исчезнетъ плотное соприкасаніе между шпонками и брусьями, то при устройствѣ шпонокъ клиньями

это обстоятельство может 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 шпонокъ. Стяжные болты, діаметромъ около 1 д., помѣщаются въ промежуткѣ между двумя смежными шпонками. Если брусъ 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, (чер. 141').

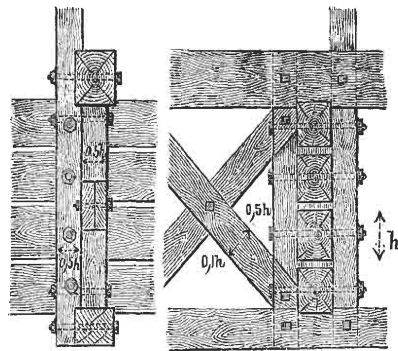


Рис. 145.

Для прикрѣпленія вертикальныхъ связей, прогоны обжимаются вертикальными схватками, къ которымъ прикрѣпляются болтами крестообразныя діагональныя вертикальныя связи (рис. 144 и 145). Эти связи располагаются какъ на опорахъ, такъ и въ остальныхъ частяхъ прогона чрезъ 6—10 футъ. Горизонталь-

ныя 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. 146 и 147).

Горизонтальныя связи встрѣчаются обыкновенно только въ желѣзно-дорожныхъ мостахъ.

Подкосныя фермы (съ распоромъ прямого направленія).

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 определенное 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 сходящимся подкосами (черт. 62 и 65). Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 62, имѣется четыре прогона подь рельсовымъ путемъ; прогоны составлены изъ двухъ брусевъ и на-

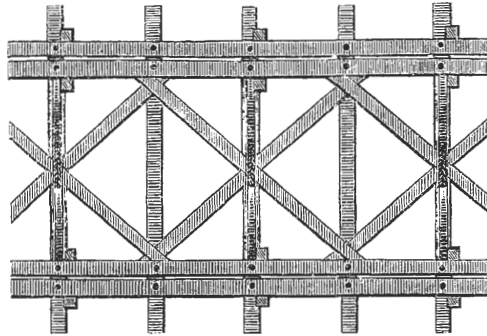


Рис. 146.

рублены непосредственно на сваи; брусья стянуты болтами; вмѣсто шпенокъ употреблены поперечныя связи во всю ширину моста; для того, чтобы связи эти могли служить распорками, врубки сдѣланы какъ показано на рис. 148. Подкосы верхнимъ концомъ врублены въ общую поперечную подушку, а нижнимъ—частью въ сваю, частью въ поперечную схватку; подбалокъ надь опорами не имѣется.

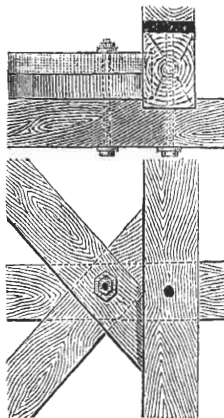


Рис. 147.

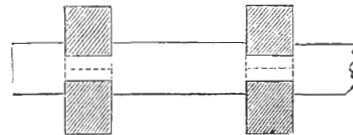


Рис. 148.

Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 65, — три прогона подь рельсовымъ путемъ; каждый прогонъ составленъ изъ трехъ брусевъ, соединенныхъ болтами и шпонками; подь опорсю имѣется подбалка, опирающаяся на насадки свай. Стыки брусевъ помѣщены въ предѣ-

лах 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 сваей. Въ виду значительной высоты прогоновъ имѣются на опорахъ поперечныя крестообразныя связи между прогонами и наружные подкосы, упирающіеся въ насадку. Подкосы обжаты вислыми схватками и кромѣ того взаимно соединены поперечною схваткою.

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 служить связью между отдѣльными прогонами. вмѣсто 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. 149), или въ поперечный брусъ или башмакъ, о которомъ упомянуто было выше (рис. 150). Если помѣщается ригель, тогда обыкновенно въ одномъ уровнѣ съ нимъ располагается на опорахъ подбалка, не подпертая (черт. 9), или подпертая особымъ подкосомъ (черт. 165).

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 обжатъ короткой парной висячей схваткой. Кромѣ того имѣются висячія схватки, обжимающія прогонъ, подбалку и подкосъ; нижній конецъ этихъ висячихъ схватокъ стянутъ 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 пе-

рилъ врублены въ поперечины. Конецъ подбалки устоя подпертъ подкосомъ, упирающимся въ первый боекъ.

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 опирается въ самостоятельную стойку и схватку. Смежныя опоры язаны по высотѣ четырьмя рядами продольныхъ схватокъ, причемъ слѣдній рядъ служитъ главнымъ образомъ для того, чтобы предотвратить отклоненіе подкосовъ въ сторону; для той же цѣли сдѣ-

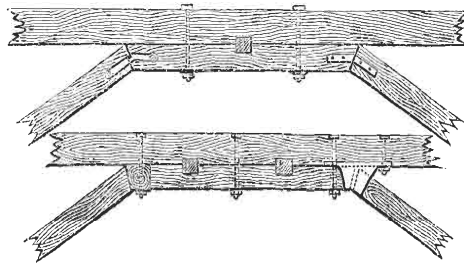


Рис. 149 и 150.

ланы 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 врубается 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 больших пролетах подкосы выходят очень длинными; в этих случаях они дѣлаются ломаными (черт. 166) и такіа фермы по конструкции 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 срубаны не на одинаковую высоту, средній рядъ выше, причемъ крайніе срубаны 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, срубанныхъ наклонно и взаимно стянутыхъ болтами, проходящими черезъ сваи. Это сдѣлано для того, чтобы получить упоръ для закраины чугунной подушки, которая шире толщины свай. Такимъ образомъ чугунная подушка своею верхнею частью опирается на сваю и на досчатая 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 свободнаго 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 пятъ 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). Сопротивление 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 подкосных мостов, примененных на Рапенбургь-Данковской и Лебедянской вѣтвяхъ Рязанско-Уральской желѣзной дороги. Черт. 166<sup>II</sup> представляетъ 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 расположено 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<sup>III</sup> показанъ типъ подкоснаго моста, опорами коего служатъ стойки, опирающіяся на врытые въ землю лежня. (Этотъ типъ применяется 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, подбалка и ригель состоятъ изъ парныхъ досокъ: 3,5"×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 коренных 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 кустъ), врубленныхъ въ двѣ промежуточные поперечныя схватки, помѣщенные въ уровнѣ меженихъ 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 второй рядъ поперечныхъ схватокъ. Откосныя сваи связаны вверху 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 наиболее высокой сваей 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 на нихъ будетъ передаваться весьма малая часть нагрузки. 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 фут. и выше, фермы подвѣсной системы становятся уже мало устойчивыми и потому ихъ должно укрѣплять противъ бокового движенія. При вышинѣ фермы въ 14 и болѣе фут., необходимо соединять всѣ фермы между собою поперечными связями, помѣщая послѣднія по верху фермъ. Для увеличенія сопротивленія фермъ моста противъ бокового выпучиванія, размѣщаютъ подъ поперечнымъ настиломъ поперечныя связи въ видѣ крестовъ.

Самая простая подвѣсная ферма состоитъ изъ одной подвѣски  $ak$  и двухъ подкосовъ  $s$  и  $s'$  (черт. 167), или изъ двухъ подвѣсокъ:  $ak$  и  $a'k'$ , двухъ подкосовъ  $s$  и  $s'$  и ригеля  $v$  (черт. 168). Подкосъ соединяется съ прогономъ врубкой зубомъ (черт. 169), помощью чугуннаго 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 ( $a$ ), 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 сопротивленіе смятію въ мѣстахъ врубки подкосовъ. Вмѣсто 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 пзгибу 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 металлическія 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 наклонныя вѣтви, соединяющіе верхнюю подушку съ нижней. Рельсовый путь уложенъ на продольныхъ лежнякъ, помѣщенныхъ поверхъ поперечныхъ. Опоры состоятъ изъ двойнаго ряда свай, перекрытыхъ поперечными насадками и сращенныхъ въ уровнѣ поперечной схватки, помощьюъ вертикально расположенныхъ накладокъ.

---



## Деревянные пролетные части.

(продолжение).

Фермы системы Гау, Тауна и арочные. Производство работ.

Фермы системы Гау, принадлежащая к группѣ балочныхъ, состоятъ изъ двухъ поясовъ, раскошенныхъ крестовинами и стянутыхъ болтами или стяжками (Черт. 59 и 60) и слѣд., по устройству сквознаго заполнения между поясами, относятся къ типу *раскосныхъ* фермъ.

Общее описаніе фермъ системы Гау. Большая и малая панель. Прямые и обратные раскосы. Опорныя стойки. Подушки и ихъ очертаніе. Стяжные болты.

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*. *Большою 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 перестѣненіи*. Ферма, представленная на черт. 179, называется *двухраскосною*, или *о трехъ перестѣненіяхъ* и т. д.

Раскосы *A* (черт. 178), верхніе концы которыхъ обращены къ серединѣ пролета въ разрывной фермѣ или къ сѣченію, удаленному на  $\frac{2}{5}$  пролета отъ крайней опоры въ двухпролетной неразрывной фермѣ, называются *прямыми*. Раскосы *B*—въ отличіе отъ предыду-

шихъ называются—*обратными*. Прямыми раскосами передается опорамъ давленіе грузовъ, равномерно-расположенныхъ вдоль всей фермы, какъ на примѣръ, собственный вѣсъ фермы и проч., а назначеніе обратныхъ—участвовать въ передачѣ опорамъ давленія отъ неравномерно-расположенныхъ грузовъ, какъ на примѣръ подвижныхъ грузовъ, а также, подраздѣляя прямые раскосы на части, увеличивать сопротивленіе ихъ боковому выпучиванію и уменьшать колебаніе поясовъ, проявляющееся при проходѣ подвижнаго груза.

Крайнимъ предѣломъ *пролета* считаютъ 35 саж., наиболѣе 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, причѣмъ уголъ наклоненія въ  $45^\circ$  считается наиболѣе выгоднымъ.

Величина малой панели не превосходитъ обыкновенно 6 футъ.

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 различныхъ сѣченій, 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 вертикальных 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 вертикальных болтовъ.

Если размѣры пояса и раскосовъ такъ невелики, что достаточно помѣстить 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, причѣмъ 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 направление 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*, *e'e'*, *d'd'*. Берутъ линейку *AB* съ приложенными къ ней треугольниками *L*, на 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 на 1" въ пояса. Иногда вмѣсто дубовыхъ подушекъ дѣлаютъ чугунныя.

*Стяжками* служатъ болты, оканчивающіеся съ одной стороны шляпкой *b*, а съ другой—винтовой нарѣзкой. Подъ шляпку и гайку болта подкладываютъ чугунныя подгаечники, имѣющіе въ планѣ круглое очертаніе. Для предупрежденія возможнаго вдавливанія под-

гаечниковъ въ поясъ надъ 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 употребляются 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 срединѣ фермы; это дѣлается для удобства подтягиванія, потому что при этомъ способѣ подтягиванія не пужло 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 ѣздою по низу и по верху, съ дубовыми и чугунными подушками. Верхній и нижній пояса состоятъ изъ двухъ брусевъ, стыки которыхъ перекрыты 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 сляжнаго болта оставлено цилиндрическое отверстіе. Опорная стойка состоитъ изъ двухъ парныхъ стоекъ, раскошеныхъ раскосами и стянутыхъ сляжными 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. Различныя способы размѣщенія стыковъ. Примѣненіе горизонтальныхъ и вертикальныхъ шпо-

Пояса фермъ состояются изъ *досокъ* или изъ *брусевъ*; *доски* преимущественно употребляются для поясовъ, подвергающихся *вытягиванію*. Это дѣлается по приведеннымъ ниже соображеніямъ. Стыки составныхъ частей *вытянутого* пояса обязательно должны быть перекрыты или металлическими планками, или деревянными накладками,

и въ послѣднемъ случаѣ накладки—той же толщины и ширины, какъ и стыкаемая часть. Для сжатыхъ же поясовъ нѣтъ безусловной необходимости въ перекрытіи стыковъ брусками такихъ же размѣровъ: передача давленія отъ одного изъ стыкаемыхъ брусковъ на слѣдующій за нимъ брусъ можетъ совершаться непосредственно; употребляемыя иногда металлическія планки служатъ для предохраненія концовъ брусковъ отъ отклоненія въ сторону. Поэтому, желая избѣгнуть значительной ширины вытянутаго пояса въ мѣстахъ сроста,—слѣдуетъ повысить коэффициентъ допускаемаго напряженія, а для этого необходимо имѣть увѣренность, что волокна бруса прямая, непрерывныя во всю длину, не прерываются сучками 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 состоятъ преимущественно изъ *досокъ*, а *сжатые*—изъ *брусковъ*, хотя существуютъ примѣры, что при малыхъ пролетахъ вытянутые пояса тоже составлены изъ брусковъ.

ночь для пере-  
крытія стыковъ.  
Брусчатые пояса.  
Перекрытіе сты-  
ковъ металличе-  
скими накладками.

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—удобно связью служить шпонки, шириною отъ  $3\frac{1}{2}$ —4 д.; глубина вѣзки 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 прѣмѣняютъ горизонтальныя шпонки, причемъ таковыми служатъ подушки, въ которыя упираются раскосы, а въ крайнемъ случаѣ и дубовыя планки, помѣщаемыя подъ подгаечникъ и вѣзаемыя 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 до-

щечекъ. 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 помѣщаютъ еще добавочныя горизонтальныя шпонки, располагая ихъ между подушками. Онѣ не вызываютъ новаго ослабленія въ поясѣ, такъ какъ врубаются въ перерѣзанныя 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 составленія 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 брусъ располагается 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 плапокъ съ выступами, входящими въ брусъ и загибающимися шпонки. Желѣзныя планки прикрѣпляются болтами. Болты, стягивающіе верхній и нижній пояса, пропускаются въ промежутки между брусъями. При такомъ устройствѣ пояса сырость не можетъ имѣть вліянія на брусъ, такъ какъ брусъя 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.

Желѣзныя цѣльныя 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, соответствующія выступамъ (черт. 190). Врубкі дѣлаются глубиною также около 1 д. Если при данной толщинѣ плапки, высота ея, необходимая для сопротивленія разрыву, окажется менѣ высоты стыгаемой 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. Брусъя имѣютъ то важное преимущество передъ досками, что они менѣ подвержены гніенію. Стыки въ верхнемъ поясѣ только незначительно уменьшаютъ сопротивленіе того бруса, въ которомъ они паходятся, 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.

Различныя составы фермъ. Крышки надъ поясами. Обшивка фермъ во всю высоту.

Расположеніе и устройство проезжей части въ мостахъ съ ъздомъ поверху, по низу и по серединѣ. Горизонтальныя и вертикальныя связи. Детальное ихъ устройство. Наружныя консоли, замѣняющія вертикальныя связи въ мостахъ съ ъздомъ по низу.

При малыхъ пролетахъ каждый изъ поясовъ фермы состоитъ изъ одного бруса, причемъ стяжной болтъ проходитъ сквозь пояса, а одиночные 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 гніенію отъ сырости, забирающейся во врубки, весьма важно предохранить отъ нея хотя одни пояса. Для защиты нижняго пояса надъ нимъ дѣлаютъ покрытие слѣдующимъ образомъ: къ раскосамъ прибиваются продольные бруски *a* (черт. 193), на которые кладутъ крышку, состоящую изъ дощечекъ, положенныхъ на эти брусья, а сверху покрытыхъ желѣзными 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 поверху нѣтъ надобности покрывать, ибо онъ закрытъ мостовымъ полотномъ. Противъ болтовъ оставляются отверстія, закрываемыя желѣзными крышками. Если же мостъ съ ъздомъ по-низу, то является необходимость защитить и верхній поясъ, и тогда надъ нимъ тоже дѣлается крышка, состоящая изъ металлическихъ реберъ, перекрытыхъ желѣзными 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 покрытие моста во всю его ширину при помощи стропильныхъ фермъ, устанавливаемыхъ на верхнемъ поясѣ.

Прѣзжая часть располагается *по-верху*, *по-низу* или *по-серединѣ*. Детальное устройство проезжей части было уже описано. Здѣсь приведемъ нѣкоторыя особенности, присвоенныя фермамъ системы Гау. Въ мостахъ съ ъздомъ по-верху и по-низу поперечины располагаются по-



верхъ 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 разрѣзъ пролетныхъ частей изъ трехъ фермъ съ вѣдою по-верху подъ обыкновенную дорогу. Поверхъ верхняго пояса расположена поперечина, пританутая болтами къ поясу; болты пропущены въ промежуткѣ между брусьями поясовъ и снизу подложены дубовыя прокладки. Для образованія поперечнаго ската къ поперечинѣ прибитъ треугольный брусокъ; настилъ 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 закрѣпленія связей, расположенныхъ въ вертикальной плоскости, о чемъ будетъ сказано ниже.

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу съ *вѣдою 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 прикрѣпляются 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 располагаютъ поверхъ этихъ послѣднихъ продольные брусья, а къ нимъ уже прикрѣпляютъ рельсы или непосредственно, или же на продольные лежни кладутъ короткія шпалы и къ нимъ прикрѣпляютъ рельсы. На черт. 196 представленъ поперечный разрѣзъ бывшаго Веребьинскаго 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 срединѣ путей. Между продольными брусьями наст-

\*) Замяннаго ильнѣ насыпью съ трубою.

лапа досчатая палуба, и въ ней прорублены окна для подвинчиванія сверху стержней фермъ; палуба сдѣлана была такъ, чтобы дождевая вода стекала отъ продольныхъ брусьевъ, 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 огнями, сдѣланными въ досчатой палубѣ, желѣзные листы прорѣзывались, и края ихъ загибались у реберъ оконъ на  $1\frac{1}{2}$  вершка вверхъ, для того, чтобы дождевая вода не могла стекать въ окна. Надъ окнами сдѣланы были желѣзные крышки.

Въ мостахъ съ *издою по-низу* устройство проѣзжей части пичъмъ 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).

Въ мостахъ съ *издою по серединѣ* поперечины проѣзжей части состоятъ (черт. 199) изъ фермъ Гау, причемъ нижній поясъ поперечины 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. Всего три фермы; 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 крышкою изъ листового желѣза. Между продольными лежнями положены на поперечины скошенныя къ серединѣ 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, связи располагаются между каждою парюю фермъ отдѣльно. Среднія ребра

соединяются между собою распорками и болтами, или, еще лучше, хомутами (черт. 200).

Раскосы *горизонтальных связей* упираются въ дубовыя подушки *a* (черт. 201), которыя нѣсколько врѣзываются въ пояса. Раскосы держатся у подушекъ на вставныхъ шпцахъ; для большаго удобства сборки нарубаютъ также шпць 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 вѣдою 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 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 пояса и въ поперечныя мостового полотна, такъ же точно, какъ раскосы *a*, только безъ залинки; внизу же они упираются въ брусья *n* (черт. 195'') нижняго помоста и входятъ шпцами въ пазы. Такимъ образомъ въ каждый брусъ *n* нижняго помоста у средней фермы упирается по два раскоса *b* и *b*<sub>1</sub>. Между ними помѣщается заклинка *e*', загоняя которую разомъ нажимаютъ оба раскоса, встрѣчающіеся въ этой точкѣ. Для того, чтобы при

лапа 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  $1\frac{1}{2}$  вершка вверхъ, для того, чтобы дождевая вода не могла стекать въ окна. Надъ окнами сдѣланы были желѣзные крышки.

Въ мостахъ съ *пздою 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).

Въ мостахъ съ *пздою по срединѣ* поперечины проѣзжей части состоятъ (черт. 199) изъ фермъ Гау, причемъ нижній пояс поперечины опирается на нижній пояс фермы, а верхній пояс—на особія схватки, обжимающія раскосы главныхъ фермъ (черт. 198). На черт. 199 показанъ поперечный разрѣзъ моста подъ три пути и подъ обыкновенную дорогу. Всего три фермы; средняя, какъ поддерживающая наибольшій грузъ (съ обѣихъ сторонъ), имѣетъ болѣе значительные размѣры. Во всѣхъ трехъ фермахъ средній брусъ верхняго пояса—двойной; верхній поясъ прикрѣтъ сверху крышкой изъ листового желѣза. Между продольными лежнями положены на поперечины скошенные 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 успія, 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, связи располагаются между каждою парюю фермъ отдѣльно. Среднія ребра

соединяются между собою распорками и болтами, или, еще лучше, хомутами (черт. 200).

Раскосы *горизонтальных связей* упираются въ дубовыя подушки *a* (черт. 201), которыя нѣсколько врѣзываются въ пояса. Раскосы держатся у подушекъ на вставныхъ шипахъ; для большаго удобства сборки парубаютъ 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 шипъ служитъ выѣстѣ 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 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 пояса и въ поперечныя балки полотна, такъ же точно, какъ раскосы *a*, только безъ залинки; 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 раскоса *b* и *b*'. Между ними помѣщается заклинка *c'*, загоняя которую разомъ нажимаютъ оба раскоса, встрѣчающіеся въ этой точкѣ. Для того, чтобы при

забиваніи заклинки раскосы могли нѣсколько подаваться, въ пазахъ, въ которые входятъ шины раскосовъ, оставляютъ зазоры.

Такъ какъ раскосы у нижнихъ поясовъ крайнихъ фермъ упираются въ подушки горизонтальныхъ связей, а вверху тѣ же раскосы для удобнаго помѣщенія заклинки должны прямо упираться въ пояса, 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 соответственные горизонтальные болты верхнихъ и нижнихъ связей могутъ быть въ одной вертикальной плоскости. Въ этомъ случаѣ раскосы упираются въ подушки горизонтальныхъ связей, сдѣланныхъ перпендикулярно къ нимъ (черт. 195<sup>III</sup>). Заклинки обыкновенно здѣсь не дѣлаются; нажимаютъ же раскосы завинчиваніемъ болтовъ. Въ точкѣ пересѣченія раскосовъ одинъ изъ нихъ прерывается и упирается въ другой шиной (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 заклинки, онъ не вышелъ 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, причемъ достигается увеличеніе жесткости фермы относительно боковыхъ качаній на всемъ ея протяженіи. Въ верхнемъ поясѣ дубовая подушка (чертежи: 204 и 205), въ которую упираются раскосы, и другая, расположенная надъ нею, сдѣланы чрезъ одинъ или два узла нѣсколько длиннѣе ширины пояса, причемъ высту-

аюціє концы обтесаны на четыре капта. (Если же ферма допускает 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.

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, на 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.

Ферма Тауна.  
Простая и двойная ферма. Устройство рѣшетки и поясовъ. Нагели.

*Пояса простой* фермы состоятъ изъ досокъ, располагаемыхъ по обѣ стороны рѣшетки и не менѣе двухъ съ каждой стороны. Они собираются изъ досокъ толщиной 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 нижній—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 раз-

счет полезной площади входят только три доски. Въ простой же фермѣ при четырехъ доскахъ въ одномъ ряду рассчитываютъ на сопротивление только двухъ досокъ, рассматривая остальные 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  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{9}$  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  $2\frac{1}{2}$ "; длина ихъ равна толщинѣ матеріала, черезъ который они должны проходить, оставляя 1, 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 устояхъ, подъ нижніе пояса подкладываютъ подушки, въ которыхъ сдѣланы гнѣзда, куда входятъ концы раскосовъ. Въмѣсто этихъ гнѣздъ лучше дѣлать для раскосовъ сквозныя отверстія черезъ всю подбалку, для того, чтобы вода могла свободно стекать. Подъ подбалкою помѣщаются мауэрлаты. Длина части фермы, лежащей на устояхъ,—около одной сажени.

На чертежѣ 206 представлена часть фермы моста (на Ричмондско-Питсбургской желѣзной дорогѣ) черезъ рѣку Джэксъ. Мостъ имѣетъ 19 пролетовъ отъ 140 ф. до 163 ф. Высота быковъ—40 ф., толщина по-верху—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 клітки—6 фута, ширина—4 фута.

Связи устраиваются такъ же, какъ въ фермахъ мостовъ системы Гау.

Система Тауна, представляя весьма легкій и простой способъ для скорой постройки мостовъ значительнаго пролета, имѣетъ, однако, свои неудобства, которыя ставятъ систему Тауна далеко ниже системы Гау. Такъ напримѣръ деревянные нагели, ссыхаясь, часто вываливаются изъ своихъ мѣстъ. Кромѣ того, ферму невозможно приподнять, если она получить прогибъ.

Арочныя фермы.  
Раздѣленіе на  
подкосныя и под-

Въ зависимости отъ расположенія проѣзжей части относительно арки, рассматриваемыя фермы подраздѣляются на двѣ группы:



а) На *подкосных арочных фермах*, мостовое полотно которых расположено над аркой (черт. 10), подпираться помощью схваток или стоек верхний прогонъ въ нѣсколькихъ точкахъ, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ обыкновенныхъ подкосныхъ фермахъ, и

б) На *подвѣсных арочных фермах*, въ которыхъ мостовое полотно подвѣшено къ аркѣ (черт. 220).

Арочныя фермы первой группы примѣняются въ тѣхъ случаяхъ, когда по значительности пролета средніе 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 пять арки подкосо-арочнаго моста были выше горизонта высокыхъ водъ.

Какъ показываютъ (черт. 10) и (черт. 220), всякая арочная ферма состоитъ изъ *арки, горизонтальнаго прогона и висящихъ схватокъ*, причемъ послѣднія служатъ для передачи на арку груза, припимаемаго 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 своєю среднею частью вершины арки. Для уменьшенія нагрузки на арку часть груза передается непосредственно на опоры помощью подкосовъ, подпирających 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 не менѣе 10—14 фут., такъ, что при дѣятельномъ движеніи по мосту число фермъ не менѣе трехъ, съ отдѣльнымъ мостовымъ полотномъ для каждаго изъ направленій движенія.

Наиболѣе употребительныя пролеты для арочныхъ фермъ обыкновенной конструкціи отъ 8 до 15 саж., хотя существуютъ примѣры, какъ напр. мостъ чрезъ р. Вепржъ (черт. 220) подъ обыкновенную дорогу съ величиною пролета въ  $36\frac{1}{2}$  саж., а при болѣе сложной

вѣсныя арочныя фермы. Главныя части арочной фермы: арка, прогонъ, висячія схватки и подвѣски. Врусовая и досчатая арка. Связи между фермами. Сопряженіе фермы съ опорами. Подвѣсная арочная ферма.

конструкціи величина пролета доходить даже до 43 саж., какъ напр. желѣзнодорожный мостъ на Эрійской желѣзной дорогѣ въ Америкѣ.

Подъемъ арки дѣлается обыкновенно въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{7}$  до  $\frac{1}{10}$ .

Обратимся теперь къ детальному описанію арочныхъ фермъ.

Арки обыкновенно располагаютъ по дугѣ круга, хотя въ предположеніи существованія нагрузки, равномерно распределенной по горизонтальной проекціи, наивыгоднѣйшая форма арки — парабола; но такъ какъ при пролетахъ около 10—15 саж. очертаніе по параболѣ мало отличается отъ дуги круга, — то для сокращенія труда оставиваются на дугѣ круга. При значительныхъ же пролетахъ, гдѣ очертанія по кругу или по параболѣ уже замѣтно отличаются одно отъ другого — арку располагаютъ по параболѣ, какъ напр. въ мостѣ чрезъ р. Вепряжъ (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 соответствовали схваткамъ или хомутамъ, которыми стягивается арка. Чѣмъ длиннѣ косякъ, тѣмъ лучше, — менѣ стыковъ. Сосновые косяки бываютъ длиною до 3—4 сажень; дубовые косяки, хотя болѣе прочны, чѣмъ сосновые, но не такъ легкогибаются; наиболѣе употребительная длина этихъ косяковъ 1,5—2 сажени.

На черт. 207 показанъ типъ арочнаго моста подъ 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 прогоны, опираясь на опоры и на арку, поддерживается по концамъ подбалкой, подпертой на обоихъ концахъ подкосами. На прогонахъ расположены поперечины, а на нихъ двойной досчатый настилъ. Общая ширина моста между перилами 37 ф., причеъ для экипажей оставлено 28 ф. Граница проѣзда обозначена тремя прижимными брусьями.

Косяки, арки и подкосы опираются непосредственно на поднятые камни твердой породы.

Вообще, какъ для прочности фермы, такъ и для крѣпости ея, вырубка и пригонка отдѣльных 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, 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 некрашенною нижнюю часть арки.

*Косяки* связываются по высотѣ стяжными болтами и всячими схватками (черт. 207 и 208); но этими схватками косяки связываются непрочнo, 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 всячей схваткѣ (черт. 207 и 208). Для уничтоженія же зазора по высотѣ арки, т. е. между верхнею и нижнею гранью арки и соответственными вырубками въ всячей 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 всячія, такъ и поперечныя, связываются во врубкахъ по наклонной плоскости, и тогда при завинчиваніи болтовъ въ горизонтальныхъ схваткахъ эти послѣднія

будут скользить по наклонным срезам висячих схваток и нажимать косяки. Подъ горизонтальными схватками оставляется въ висячих схватках (черт. 209) зазоръ въ  $1/2''$ .

Здѣсь нужно замѣтить, что всѣ вырубki должно дѣлать въ связяхъ, а не въ самой дугѣ, дабы не ослаблять ее. и онѣ не должны превосходить  $1 1/2''$ . Длина свободныхъ концовъ должна быть отъ 1 ф. до  $1 1/4$  ф. для достаточнаго сопротивленія скалыванію. 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 полосы, обхватывающей дугу съ трехъ сторонъ, съ четвертой же привинчивается особая полоса. Болты же пропускаются сквозь косяки. Болты выгодны тѣмъ, что на нихъ идетъ менѣе желѣза, но зато сырость скорѣе пропикаетъ въ дугу и слѣдовательно она скорѣе гниетъ. 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 схватокъ 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 желѣзными винтами. Другой конецъ этого прогона соединяется съ прогономъ смежнаго пролета на опорѣ врубкой замкомъ, при помощи плапокъ и болтовъ (черт. 213), причемъ подъ стыкъ подложена подушка. Прогонъ въ мѣстѣ сроста скрѣпленъ болтомъ съ каменной гладкой опоры (черт. 218), что необходимо было сдѣлать, чтобъ получить неподвиж-

ную точку для прикрѣпленія къ ней металлическихъ діагональныхъ связей, расположенныхъ поверхъ поперечницъ (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, причемъ 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, опираясь 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 поперечницъ, расположенныхъ частью на аркѣ, частью на горизонтальномъ прогонѣ, на взаимномъ разстояніи въ 1,5 метра. Поверхъ поперечницъ 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 предположено 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, 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 грапью къ устою и имѣетъ полукруглыя отверстія, что способствуетъ выходу воды, скопляющейся вблизи пяти арокъ, а также обезпечиваетъ и свободный доступъ воздуху.

*Досчатая дуга* составляется из 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, составленныя 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, шпovками 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, поставленныя 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 бруски.

*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 на 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 пагелей и хомутовъ, напр. если дуга досчатая, то вмѣсто схватокъ можно употребить распорки или раскосы (черт. 217) для уменьшенія количества дѣла.

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; но при широкихъ дугахъ можно болты пропускать въ промежуткѣ, оставляемомъ между двумя частями дуги.

На черт. 217 показанъ одинъ изъ существующихъ въ Могилевскомъ округѣ аточныхъ мостовъ съ досчатой дугою. Опоры состоятъ изъ трехъ рядовъ свай, сращенныхъ въ одномъ уровнѣ врубой секторами: срасть перекрытъ 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 соответственно очертанію пяты арки и имѣть 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, соответствующія вертикальному ребру хомута, имѣютъ по срединѣ ушрещіе 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 всякихъ схватокъ то сверху, то снизу дуги, а иногда и сверху и снизу у каждой схватки. Діагональныя связи помѣщаются между дугами и упираются частью въ висчія 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 діагональныя раскосы. Въ примѣрѣ, показанномъ на черт. 217, вмѣсто стяжекъ употреблены чугуныя 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



мость Иври через 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 діагональной связью. На опорахъ соединеніе устроено иначе: прогонъ скрѣпленъ съ каменной кладкой помощью штыря (черт. 213); съ прогономъ неразрывно связана желѣзная планка, помѣщенная поверхъ поперечины; 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 вишкой 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 сдѣлываютъ верхнюю часть до пять п дѣлаютъ уступъ для арки (черт. 207). Дуга, прямо положенная на камень, скоро въ этомъ концѣ сгибается; 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 задрѣвыванія 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 черезъ 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 чугунныя коробки.

*Повышенная арочная ферма* съ фодою 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 представляеть собою обыкновенную балочную ферму съ криволинейнымъ поясомъ.

Смотри по тому, упирается ли *арка на опоры* или въ *прогонъ*, *схватки* и *податки* соединяются съ *поперечинами* (черт. 218) или съ *прогономъ* (черт. 219). Въ первомъ случаѣ на поперечинахъ располагаются продольныя 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 менѣе трехъ, четырехъ, а иногда и болѣе; расстояние между ними соответствуетъ возможности свободнаго проѣзда экипажа по одному направлению (около 14—16 футовъ).

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 расширяли ту часть арки, гдѣ таковыхъ уже болѣе нельзя поставить, помѣщаются, начиная отъ этого мѣста, особые подкосы къ опорамъ, какъ это сдѣлано на примѣрѣ въ Вецржскомъ мосту.

Этотъ мостъ принадлежитъ къ первой категоріи, то-есть арки опираются непосредственно на опоры. Онъ построенъ близъ Ивановской крѣпости, состоитъ изъ одного пролета, величиною 36  $\frac{1}{2}$  саж. и имѣеть три арки; расстояние между смежными арками—16 футовъ (черт. 220). Мостовое полотно подвѣшено къ аркамъ посредствомъ брусчатыхъ подвѣсокъ. Детали сопряженія этихъ подвѣсокъ съ ар-

кой 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 нарезкой и гайкой, а нижняя петлей, сквозь которую проходитъ горизонтальный болтъ. Нижняя часть подвѣски соединена съ поперечной 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 диагональными брусьями. Въ промежуткѣ между двумя подвѣсками по верхней и нижней гранямъ арки помѣщены поперечныя связи, состоящія изъ двухъ брусевъ; брусъ стянуты болтомъ, пропущеннымъ сквозь арку. Непосредственно надъ этими брусьями сдѣланы въ боковыхъ граняхъ арки два гнѣзда, въ которыя входятъ концы диагональныхъ связей, также прикрепленныхъ къ предыдущимъ связямъ стяжными короткими болтами. Крайнія фермы укрѣплены спаружи 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, или площадь въ 10 квадратныхъ футовъ. Косяки соединены между собою желѣзными скобами и дубовыми подушками, сквозь которыя проходятъ горизонтальные болты.

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 окрѣпнутъ. Въ февралѣ же и позже начинается движеніе соковъ для новаго роста, и если въ этотъ періодъ времени дерево будетъ срублено,—произойдетъ броженіе соковъ, разъѣдающее клѣтки древесины, вслѣдствіе чего дерево быстро разрушается. Рубка (свалка)

Качество лѣса.  
Обдѣлка лѣса.  
Установка балочныхъ и подкосныхъ фермъ.  
Описаніе сборки фермъ системы Гау: платформа; лѣса; расчерчиваніе на платформѣ; приготовленіе шаблоновъ; обдѣлка отдельныхъ частей

(брусковь) по шаблонамъ; под- имѣть наибольшую крѣпость; молодое дерево имѣть непрочную  
емъ частей фер- древесину, много заболони, а когда дерево перестояло,—средняя  
мы; установка часть дѣлается мягкой. Для дуба зрѣлый возрастъ опредѣляютъ  
набоекъ; сборка между 60 и 200 годами; для лиственницы—50 и 100; для сосны—  
подбалокъ и час- 70 и 100 годами.  
тей пояса; вѣз-  
ка подушекъ;  
установка гори-  
зонтальныхъ свя-  
зей, раскосовъ  
и стержней гла-  
вныхъ фермъ и  
вертикальныхъ  
поперечныхъ  
связей.

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 направ-  
ленію отъ заболони къ сердцевинѣ, но самая сердцевина—оная  
нѣсколько слабѣе древеси.

Лѣсу, растущему въ рощахъ, слѣдуетъ отдавать предпочтеніе  
сравнительно съ деревьями-одиночками, такъ какъ замѣчено, что въ  
последнихъ, болѣе подверженныхъ неодинаковому дѣйствию солнеч-  
ныхъ лучей,—слои дерева не концентричны, т. е. сердцевина не  
въ центрѣ ствола. Сторона дерева, обращенная къ югу, имѣетъ бо-  
лѣе толстые и менѣе твердые слои, а потому при сушкѣ происхо-  
дитъ искривленіе ствола, такъ какъ менѣе плотные слои болѣе ссы-  
хаются. Деревья, растушія на болотистомъ грунтѣ, всегда слабы и  
поэтому не могутъ быть допускаемы для построекъ; наиболѣе крѣп-  
кій лѣсъ растетъ въ песчаныхъ и песчано-глинистыхъ грунтахъ.

Сваленный лѣсъ, освобожденный отъ коры, подвергается есте-  
ственной сушкѣ въ закрытыхъ отъ солнца и вѣтра сухихъ помѣще-  
ніяхъ, па что требуется не менѣе 2—3 лѣтъ. Быстрая сушка вы-  
зываетъ появленіе трещинъ: наружные слои, какъ менѣе плотные,  
ссыхаются быстрѣе внутреннихъ, образуются трещины, которыя  
постепенно доходятъ до сердцевины. Погруженіе срубленнаго де-  
рева 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. Хвой-  
ныя деревья отличаются правильными и прямыми волокнами  
и 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.

Не слѣдуетъ допускать для построекъ лѣсъ съ трещинами, пучинными отъ центра къ заболони 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 одпородныхъ 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, напримѣръ, дубъ — дѣлаются еще болѣе крѣпкими, другія же—повидимому становятся мягче. Дерево быстро гніетъ, если подвержено переходамъ отъ сухости къ сырости. Дерево въ спертomъ воздухѣ подвергается сухому гніенію, прорастаетъ грибами и обращается въ порошокъ.

Лѣсъ, доставленный на мѣсто работъ, употребляется для мостовыхъ сооружений въ цилиндрической, вѣрнѣе конической формѣ, а болѣею частью обтесаннымъ на два или четыре канта.

Въ болѣе значительныхъ сооруженияхъ весьма важно, чтобы въ составныхъ частяхъ ихъ не встрѣчалось дерево съ заболонью, какъ

сь 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 шилой оба конца бревна, по возможности нормально къ продольной оси, намѣчаютъ цѣнтры 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 падрубовъ соответствующей глубины. Если лѣсъ крупный — прямоугольный брусъ выгоднѣе получить выпиливаніемъ (на козлахъ), такъ какъ при этомъ лишняя часть остается не въ видѣ щепы, а какъ горбыли, идущіе въ дѣло.

Приступая къ изготовленію фермъ моста, слѣдуетъ руководствоваться выданными чертежами, и если масштабъ общаго чертежа не достаточно великъ, 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 бревень (въ отрубѣ), длину и число ихъ, пріобрѣсти или выдать парядъ на поставку этого количества бревень 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 приго-

подъ, подкосовъ, схватокъ и проч., причемъ для наиболѣе существенныхъ частей сооруженія отбирается лучшій по достоинству дѣсь. 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 продольныхъ срастахъ, при врубкѣ подкосовъ въ ригели и проч.

Въ виду возможной неправильной забивки свай или ошибки въ расположеніи опоръ, необходимо, при назначеніи длины прогоновъ, подкосовъ и проч., сообразоваться не только съ чертежемъ, но и съ дѣйствительнымъ относительнымъ расположеніемъ опоръ, измѣряя всѣ эти величины въ натурѣ. Собрать на платформу ферму, ее разбирать, нумеруютъ, по частямъ переносить или вкатываютъ по следамъ на подмости и окончательно собираютъ на мѣстѣ, причемъ всѣ врубки при сопряженіи съ мауэрлатомъ или съ насадкой дѣлаются уже на мѣстѣ. Равнымъ образомъ на мѣстѣ же дѣлаются всѣ врубки при сопряженіи поперечинъ съ прогонами моста.

При установкѣ подкосныхъ фермъ сначала ставятъ на мѣсто подкосы, ригель и подбалки, которые временно расширяются 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, прикрупленными гвоздями, приступаютъ къ сверленію болтовыхъ отверстій и затѣмъ свинчиваютъ отдѣльныя части фермы болтами или стягиваютъ хомутами. Диаметръ бурава почти не долженъ превосходить діаметра болта, который загоняется въ отверстіе деревяннымъ барсомъ; поверхность болта полезно смазать саломъ. На неизбежную осадку фермъ отъ усушки дерева и отъ не совершенно точной прирубки частей придаютъ подъемъ около  $\frac{1}{200}$  пролета.

Сборка фермъ системы Гау будетъ понятна изъ слѣдующаго описанія сборки бывшаго моста черезъ р. Веребью на Николаевской ж. дор., описанія, составленнаго строителемъ моста, инженеромъ Журавскимъ.

Для устройства деревянныхъ фермъ системы Гау, необходимы: *платформы* для расчерчиванія фермъ, *сарай* для склада частей моста и *мса* для сборки фермъ на мѣстѣ. Сверхъ того, надобно расчертить ферму на платформѣ, сдѣлать шаблоны, обрѣзать по

нимъ предварительно-обтесанныя и оструганныя деревянныя 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-вершковые 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.

*Сараи* для склада лѣса устраиваются на сухомъ мѣстѣ и состоятъ изъ столбовъ, врытыхъ въ землю, на разстояніи сажени, и покрытыхъ крышею; промежутки между столбами забираются досками, врубленными въ столбы накосъ, образуя родъ «жалузи». для безпрятственнаго тока воздуха, что предохраняетъ вмѣстѣ съ тѣмъ отъ дождя матеріалъ, сложенный въ сараѣ на полу, который настланъ на лежняхъ. Брусъ и доски складываются въ сараѣ въ штабели на прокладкахъ. Ворота сарая не должны быть оставляемы растворенными, особенно весной, 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  $1\frac{1}{2}$  с.

*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 паугольникомъ, приготовленными изъ лучшаго сухого, сосноваго лѣса. Эти инструменты должны быть повѣряемы



каждый разъ въ день ихъ употребленія, потому что они часто корбятся 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 было опредѣлить радіусъ кривизны, затѣмъ уголъ при центрѣ и длину дугъ  $bb$  и  $aa$ . Задавшисъ опредѣленнымъ числомъ панелей, опредѣляютъ длину панелей нижняго и верхняго поясовъ, причемъ очевидно длина панелей верхняго пояса была болѣе длины панелей нижняго пояса. На опорахъ стальные 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, напримѣръ, 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. ( $Aq$  дѣлаютъ примѣрно равнымъ половинѣ подъема  $ed$ ). Вычертввъ осевыя линіи болтовъ и назначивъ толщину ихъ, опредѣляли очертаніе подушекъ, какъ указано было раяѣ (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, толщиной въ 1 дюймъ, на шаблонахъ подписывали тотъ же номеръ, 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 заразъ концы нѣсколькихъ брусковъ, связывая ихъ сжимами, чѣмъ обрѣзывать каждый брусокъ порознь. Очертивъ по шаблону концы брусковъ на ихъ боковыхъ граняхъ, сперва отшлифовали концы, а потомъ подстругивали фуганомъ, чтобы торцы были совершенно равны и гладки. При обдѣлкѣ дубовыхъ подушекъ, дубовые брусья, назначенные для нихъ, распиливались сперва на части, соответствующія одной по-

душки, потом остругивали одинъ широкій бокъ бруска и по чертежамъ, сдѣланнымъ на конечныхъ граняхъ, отпиливали другія стороны подушки. Наконецъ, все обравнивалось 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 лѣса для сборки самыхъ фермъ, и, обогнувъ шкивы, спускался вдоль наклонныхъ брусевъ къ тельжкамъ, на которыя укладывали поднимаемые матеріалы. Всѣ части фермъ подносили или подвозили изъ сараевъ къ тремъ наклоннымъ брусьямъ; здѣсь ихъ поднимали на верхъ, 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, паверхъ, 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 по срединѣ между двумя фермами, то полученная отмѣтка переносилась ватерпасомъ на мѣсто, предназначенное для поясовъ, и такимъ образомъ опредѣлялась толщина набойки  $g$  надъ поперечными брусьями:

длина набоек  $g$  около 3 футовъ. По приготовленіи указаннымъ приемомъ мѣста для нижняго пояса, подносили брусья для подбалокъ  $c$  (черт. 228). Далѣе, собравъ три бруса и пристругавъ ихъ боковыя грани такъ, чтобы общая ширина трехъ брусьевъ была равна 28 дюймамъ (проектная ширина пояса) съ запасомъ, оставляемымъ для усыхания дерева, отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$  дюйма, смотря 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 брусьевъ подбалокъ, и такъ какъ мостъ черезъ Веревью 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 надъ 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 паугольнику 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 верхшпиль и комли досокъ. Набралъ 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 разстоянн 2 сажень одинъ отъ другого; ударя затѣмъ барсомъ по выходящимъ концамъ досокъ, приводили ихъ въ плотное соприкасание въ стыкахъ, а ударомъ барса по верхнимъ ребрамъ досокъ приводили въ плотное соприкасание 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 клипьевъ сжимы *e*, по одному между каждой парю шпонокъ, и вколачивали шпонки, приготовленные по шаблонамъ и подструганныя, въ случаѣ надобности, согласно сдѣланнымъ врубкамъ. По заговкѣ шпонокъ, снимали прочь всѣ сжимы *e*, 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 соответствующей имъ частью пояса, собирались такимъ же образомъ, какъ и подбалки нижняго пояса съ соответствующими 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 посадкахъ, на которыхъ дол-

жесть 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 пояса фермъ 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 промета 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 бесполезный перерѣзъ фибры, которая должна 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 пояса фермъ, о чемъ будетъ сказано далѣе. Завинтивъ всѣ горизонтальные 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 разстояніе между подушками, находящимися надъ крайними подко-

сами, по известное число частей, равное числу панелей между сказанными подушками. На верхнем поясе назначены были по линейке подушки, соответствующия четырем крайним панелям, а расстояние между четвертыми от быка подушками раздѣлялось на равное число частей. По опредѣленіи осей стяжек, раздѣляющих 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, накопецъ, сдѣлавъ врубки, загоняли въ нихъ барсомъ подушки и подкладки. Затѣмъ, по начерченнымъ 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 расчерчена предварительно на платформѣ; при исполненіи этой работы имѣлись линейки для назначенія на нихъ расстоянія между подушками у быковъ и шаблоны для изготовленія дубовыхъ подушекъ и раскосовъ. На бокахъ поясовъ при помощи линейки было означено положеніе врубокъ подушекъ у быковъ; раздѣляя расстояние 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 поясе 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, пачиная 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 партій 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 часы быковъ, какъ это имѣло мѣсто въ мостѣ чрезъ Веребью; тогда слѣдуетъ дѣлать шаблоны нѣсколько длиннѣе, смотря по толщинѣ тѣхъ брусьевъ, 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  $2\frac{1}{8}$  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 собствен-

ный вѣсь, тогда вставляются и расклиниваются поперечные раскосы, расположенные въ вертикальныхъ плоскостяхъ, нормальныхъ къ длинѣ фермы; для этого были положены предварительно тѣ поперечныя 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 поясъ съ подбалками; другая артель собирала части поясовъ, соответствующихъ подбалкамъ, дѣлала въ нихъ врубки для шпонокъ и загоняла самыя шпонки; третья—дѣлала кресты надъ быками; четвертая—собирала поясъ между подбалками и т. д.

Такимъ образомъ примѣнялся слѣдующій послѣдовательный ходъ сборки фермы системы Гау. Установка помощью визирокъ подбоекъ для верхняго и нижняго поясовъ; сборка въ сжимахъ подбалокъ; сдѣланіе въ нихъ вырубокъ для подушекъ подкосовъ; положеніе подбалокъ на мѣсто; приготовленіе въ нихъ вырубокъ 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 вырубокъ 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; подвинчиваніе стяжекъ и установка вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Пояса Веребинскаго моста были собираемы прямо на мѣстѣ; при постройкѣ Волховскаго, Мстинскаго и многихъ другихъ мостовъ Николаевской желѣзной дороги, пояса набирали сперва на ребро, свинчивали нѣкоторую часть 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 Веребьинскомъ 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.

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), но при этомъ волокна перерѣзываются, и передача усилия отъ одного сѣченія арки слѣдующему происходитъ благодаря лишь спѣянію между волокнами, на что не всегда можно рассчитывать.

Другой способъ состоитъ въ сгибаніи прямыхъ балокъ, причемъ слѣдуетъ обратить вниманіе, чтобы напряженіе, вызываемое сгибаніемъ бруса, не превосходило предѣла упругости. Согласно произведеннымъ Вибеккиномъ опытамъ, имѣются слѣдующія данныя: а) напряженіе волоконъ не превышаетъ предѣла упругости, если стрѣла кривизны будетъ не менѣе  $\frac{1}{25}$  длины для соснового лѣса и  $\frac{1}{40}$ —для дубоваго; б) сырой лѣсъ гнется легче сухого; в) для гнута 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) употребляемая при сгибаніи балокъ подкладка должна быть сверху округлена.

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, соответствующей выпуклой 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

Приготовленіе косяковъ для фермъ арочной системы: выпиливаніемъ, сгибаніемъ въ горизонтальной и въ вертикальной плоскости. Сборка досчатыхъ арочныхъ фермъ. Предохраненіе отъ гніенія. Данныя о долговѣчности деревянныхъ пролетныхъ частей. Ремонтъ фермъ системы Гау.

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 гнүтія двухъ брусевъ. (Черт. 232) представляетъ горизонтальную проекцію ростверка и очертавіе кривыхъ, по которымъ должны быть изогнуты брусъя. По серединѣ забиты три сваи, обжаты 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 клипьями къ сваямъ средняго ряда (черт. 233); надъ каждымъ изъ остальныхъ рядовъ свай поверхъ двухъ сгибаемыхъ брусевъ помѣщаются горизонтальные сжимы, соединенные 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 срѣзываются 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 гнүть 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 брусъя расположены были по той кривой, по которой желаютъ изогнуть брусъ. Этотъ послѣдній помѣщается сверху и притягивается къ верхнимъ брусьямъ клѣтокъ. Во избѣжаніе боковаго выпучиванія сгибаемыхъ брусевъ, по обѣ стороны вплотную забиты парныя сваи; сгибаемые брусъя 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 разполагаются 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, срубанныя 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 (крестамъ); 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 со временемъ 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 черезъ 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 пагеля, 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 пастоящую величину были вычерчены четыре концентрическія дуги, намѣчены по направленію радіусовъ стыки, положенія висячихъ 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 осталная 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 вполне 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 дощечки, а также прокладывать просмоленную бумагу между соприкасающимися гранями составныхъ брусевъ или арокъ. Всѣ врубки, пипы, гнѣзда и вообще всѣ части, гдѣ только можетъ застаиваться вода, какъ напр. болтовыя отверстія—необходимо просмаливать кипящей смолой.

Деревянные мосты, построенные изъ сухого лѣса, тщательно ре-

монтируемые—не требуют капитального ремонта в течение 25—30 летъ (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 капитального 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 летъ \*), хотя нѣкоторыя части подверглись значительному гніенію. Деревянные мосты на Уральской ж. д. (деревянные опоры и фермы) существуютъ уже 19 летъ, потребовавъ за это время два капитальныхъ ремонта; въ настоящее время нѣкоторые изъ этихъ мостовъ замѣняются металлическими или каменными сооружениями. Вообще пролетныя части сохраняются дольше; скорѣе всего гниютъ части, врытыя въ землю и въ особенности части опоръ въ уровнѣ поверхности грунта.

Наблюденіями установлено также, что крайнія фермы, подверженные дѣйствію дождя и солнца, гниютъ быстрѣ внутреннихъ фермъ, наружная сторона фермы портится скорѣе внутренней, и что пролетныя части, находящіяся постоянно надъ водой, сохраняются дольше, чѣмъ на суходолахъ или по разливамъ рѣкъ. По паружному виду (особенно окрашенныхъ частей моста), трудно судить о состояніи бруса; необходимо сомнительный брусъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ пробуровать, 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 пѣлы, 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 под-

\*) Движеніе по мосту открыто 1 ноября 1851 г.; закрыто 14 сентября 1881 г.

кладки должны быть длиннѣе прежнихъ на 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), принадлежащіе той же системѣ, какъ и исправляемый раскосъ, и, вытянувъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, малые болты, которыми исправляемый раскосъ связанъ съ другими, легко уже выпутъ 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, остается упрочить поясъ прибавленіемъ одной или двухъ досокъ достаточной длины съ соответствующимъ 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 нагрузкѣ поѣздомъ: но мостъ долженъ возвращаться въ первоначальное положеніе при сходѣ поѣзда съ моста. Если мостъ, по прошествіи нѣ котораго 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.

---

### Металлическія пролетныя части.

Фермы металлических пролетных частей моста могут быть всѣхъ трехъ типовъ, а именно: а) типа, не производящаго горизонтальнаго распора (балочныя со сплошной или сквозной стѣжкой); 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 фермъ моста 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.

Обшія замѣчанія о числѣ и взаимномъ разстояніи главныхъ фермъ, объ устройствѣ проѣзжей части и о связяхъ.

Въ мостахъ подѣ *железную дорогу съ ѣздою по-верху и между фермами подѣ 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  $5 \text{ ф.} + 2\frac{1}{4} \text{ д.} = 5,19 \text{ ф.}$  Въ видахъ ббльшей устойчивости это разстояніе дѣлають 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 — разстоянія между фермами около  $\frac{2}{3}$  высоты фермы или около  $\frac{1}{13}$  доли величины пролета. Примѣненіе трехъ фермъ (черт. 240) встрѣчается рѣдко; четыре фермы (черт. 241) примѣняются чаще и преимущественно при устройствѣ мостовъ на станціонныхъ площадкахъ.



Въ мостахъ съ ѣздою *по-верху*, *подъ два пути* и съ *двумя* только фермами (черт. 242) при расположеніи паружныхъ рельсовъ на главныхъ фермахъ—наименьшее разстояніе между фермами: 5 ф. + + 7 ф. + 5 ф. + 2.  $2\frac{1}{4}$  д. + 2.  $1\frac{1}{8}$  д. = 17,56 ф., такъ какъ ширина головки рельса  $2\frac{1}{4}$  д. и ширина междупутія—7 ф. При помѣщеніи паружныхъ рельсовъ на особыхъ продольныхъ балкахъ—разстояніе между фермами соотвѣтственно 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 подъ одинъ путь; разстояніе же между средними фермами должно быть таково, чтобы ширина междупутія, т. е. между средними рельсами, была не менѣе 7 ф.

Относительно вышеприведенныхъ случаевъ расположенія фермъ слѣдуетъ замѣтить слѣдующее:

При *одномъ пути—однѣ* фермы наиболѣе удовлетворяютъ простотѣ конструкции и равномерности передачи давленія, а слѣдовательно 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 менѣе мѣста при четырехъ фермахъ, неразрывно связанныхъ, и затѣмъ оно вполне устраняется 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 опрокидыванію, 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; свыше 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 футовъ (черт. 244). Четыре фермы подъ одинъ путь употребляются

только въ исключительныхъ случаяхъ, когда по мѣстнымъ условіямъ (например 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 наиболее 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 впоследствии, при разившемся движеніи.

Сравнивая между собою фермы съ ѣздой *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 напримеръ, при пролетахъ до 8 саж., мосты съ ѣздой по-верху легче второго типа на 50%—100%. Чѣмъ больше пролетъ, тѣмъ меньше разность въ вѣсѣ, и даже при большихъ пролетахъ свыше 40 саж. мосты съ ѣздой 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 ѣздой по-низу съ пониженнымъ центромъ давленія горизонтальныхъ силъ.

Въ мостахъ *подъ обыкновенную дорогу* расположеніе главныхъ фермъ находится въ тѣсной связи съ шириной, поперечной профилью и съ системой устройства мостового полотна.

Нижняя часть мостового полотна располагается или непосредственно на главныхъ фермахъ, или же на продольныхъ и поперечныхъ балкахъ. Разстояніе между *главными фермами* или между

продольными и поперечными балками находится поэтому въ зависимости отъ наибольшаго пролета, допускаемаго нижнею частью мостового полотна (нижній рядъ досокъ, волнистое желѣзо, желѣзо Зоре и проч.), а эта послѣдняя величина зависитъ отъ величины нагрузки и отъ степени сопротивленія частей, составляющихъ нижнее мостовое полотно. Наибольшій допускаемый ею пролетъ, смотря по роду нагрузки и устройства, измѣняется обыкновенно отъ 2,5 ф. до 6,5 футъ. Эти размѣры и будутъ вмѣстѣ съ тѣмъ предѣлами взаимнаго разстоянія между главными фермами (если нижняя часть мостового полотна непосредственно опирается на фермы) (черт. 246).

Общая ширина мостового полотна зависитъ отъ размѣра движенія и измѣняется отъ 14 ф. (при маломъ движеніи) до 21 фута, 28 ф. и даже болѣе. На (чертежѣ 247) показанъ типъ моста съ разстояніемъ между фермами въ 18 ф.

При малыхъ пролетахъ выгодно увеличить число главныхъ фермъ, такъ какъ сближеніемъ этихъ послѣднихъ избѣгается необходимость устройства продольныхъ и поперечныхъ балокъ (черт. 246).

При большихъ пролетахъ выгодно 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.

Проезжая 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, *проезжая часть*, во избѣжаніе значительнаго груза, устраивается болѣею частью безъ балластнаго слоя, причемъ шпалы или продольные лежни опираются непосредственно или на фермы, или на особыя продольныя балки (черт. 238 и 238' и 239).

Разстояніе между смежными гранями деревянныхъ или металлическихъ поперечинъ на мостахъ принято дѣлать не болѣе 8 дюйм. Обыкновенно поперечины опираются непосредственно на главныя фермы, если разстояніе между послѣдними не превосходить 8 футъ; въ противномъ случаѣ между фермами помѣщаются на опредѣлен-

номъ разстояніи 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), причемъ 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 *надъ 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, торцевой 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 серединѣ 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 большемъ 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 серединѣ помѣщаются еще вертикальныя діагональныя 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 поперечинъ или уголковъ, прикрѣпляющихъ поперечины къ вертикальной стѣнкѣ. Діаго-

пальныя связи представляют собою обыкновенно раскосную ферму, поясами которой служат пояса главных 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 одновременная ѣзда по одному и тому же полотну, устраиваютъ два отдѣльныхъ смежныхъ моста на общей опорѣ, или устраиваютъ только три фермы, причемъ средняя ферма — общая для обоихъ мостовъ. Во второмъ случаѣ располагаютъ двѣ фермы (черт. 247), или четыре. Такъ какъ одинъ изъ мостовъ устраивается съ ѣздой 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, 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 коэффициентъ). 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.

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.

Устройство проѣзжей части.  
Мостовое полотно въ мостахъ подъ желѣзную дорогу.  
Шпалы. Лежни.

Верхняя часть мостового полотна желѣзнодорожныхъ мостовъ, подвергающаяся непосредственному дѣйствию 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 уложен на деревянных поперечниках, тогда сохраняют обыкновенно то же устройство и на мосту, достигая этимъ однообразія и облегченія въ надзорѣ; деревянные шпалы умѣряютъ кромѣ того удары проходящаго поѣзда на проѣзжую часть моста, но съ другою стороны онѣ не долговѣчны, не допускаютъ прочнаго укрѣпленія рельса и затѣмъ значительно увеличиваютъ 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 приходятся въ томъ мѣстѣ, гдѣ нужно помѣстить болтъ. Чтобы не ослаблять пояса, дѣлая особое отверстіе для болта между существующими заклепочными отверстіями, часто употребляютъ болтъ въ видѣ крючка (черт. 249), причѣмъ крючекъ вѣзывается 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 вѣзывается въ шпалу на  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  д. и въ нижней поверхности шпалы выдалбливаются углубленія, соответствующія заклепочнымъ головкамъ; иногда же шпала прикрѣпляется къ поясу фермы или продольной балки помощью особыхъ уголковъ, обыкновенно неравнобокихъ, причѣмъ горизонтальная полка приклепывается къ поясу, а сквозь вертикальную проходитъ болтъ (черт. 251).

Расстояніе между осями поперечницъ дѣлается обыкновенно не болѣе 18 дюймовъ, какъ сказано выше; хотя рельсы допускаютъ и большій 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 уклопомъ во внутрь въ  $\frac{1}{20}$ . На мостахъ особенно важно, чтобы костыль крѣико 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 начинаетъ 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 сложеніе, 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 превышало 8—10 пудовъ. Этому условію не можетъ удовлетворить ширина подошвы обыкновеннаго Вильовскаго 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 сблизжаются вплотную и въ этомъ случаѣ можно въ углубленіяхъ между ними вставить на извѣстномъ промежуткѣ деревянныя 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 расположеніе 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 рав-

номъ 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 пазнать 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 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 главныя фермы поставлены также наклонно (черт. 256 и 257). Наконецъ при значительныхъ пролетахъ, сохраняя главныя 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 ссыханія лежня нельзя возстановить плотное соприкосновеніе граней лежня къ уголкамъ, какъ бы сильно ни завинчивать

---

\*) Требованіе помѣщать поперечины на взаимномъ разстояніи въ 8 д. граней отъ грани вызываетъ необходимость примѣнять для прикрѣпленія шпалъ вертикальныя стяжные 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 и горизонтальными стяжными болтами.



гайку. Лучше располагать съ внутренней стороны низкій уголокъ, а съ паружной—высокій уголокъ и скрѣпить лежень только съ этимъ уголкомъ, причемъ уголокъ съ внутренней стороны можно и не ставить; затѣмъ полезно помѣстить еще вертикальный стяжной 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 поперечины. 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 балластнымъ слоемъ.* 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 оставляютъ промежутки до  $1\frac{1}{2}$ —2 дюймовъ для удобства стока воды; съ этою же цѣлью стесиваютъ доски къ краямъ. Досчатый настилъ прикрѣп-

ляется гвоздями; толщина настила отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2 дюймовъ, а иногда и 3 дюйма.

Мѣры предосторожности. Соединеніе мостового рельса съ путевымъ рельсомъ или съ рельсомъ смежнаго пролета. Приспособленія въ мостовомъ полотнѣ въ зависимости отъ распоренія металлических частей фермы. 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 перѣдко признаютъ полезнымъ прикрывать слѣдующія мѣры противъ загоранія: а) покрытіе всего досчатого настила или только въ промежуткѣ между рельсами тонкимъ щебеночнымъ слоемъ, 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 поперечинамъ, 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 приять одну изъ слѣдующихъ двухъ мѣръ: а) помѣстить контррельсы 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; контррельсы 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 настилъ 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, помѣщаютъ съ наружной стороны пути на нѣкоторомъ разстояніи, по въ предѣлахъ полосы толстыхъ досокъ, высокіе охранные брусья

\*) Съ тою же цѣлью примѣняется въ послѣднее время въ Америкѣ типъ профъжей части изъ волнистаго желѣза, составленнаго изъ отдѣльныхъ вертикальныхъ и горизонтальныхъ листовъ, взаимно соединенныхъ углами. Типъ этотъ оригиналенъ еще тѣмъ, что здѣсь не требуется ни продольныхъ, ни поперечныхъ балокъ. Составное волнистое желѣзо приклепывается непосредственно къ поясу фермы; въ углубленія помѣщаются на особыя подвѣскахъ деревянныя поперечины, къ которымъ прикрѣпляется рельсовый путь. Давленіе отъ колесъ паровоза передается по закону упругихъ опоръ на нѣсколько смежныхъ вошь.

(черт. 262). Часто помѣщаютъ также съ внутренней стороны пути, на разстояніи до 6 дюймовъ, толстую доску или брусъ, имѣющій назначеніемъ удерживать сошедшій съ рельсовъ поѣздъ отъ значительнаго уклоненія въ сторону; при этомъ предполагается, что шпалы на столько 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 ней 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 завершенными болтами, залитыми свинцомъ.

Если разстояніе между упорнымъ брусомъ на устоѣ и первой шпалой на крайней продольной балкѣ не соответствуетъ профилю рельса, или вообще болѣе 8 д., считая между боковыми гралями шпалы, 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 помѣщаютъ между обѣими поперечными балками продольную балку, причемъ одинъ конецъ приклепывается наглухо, другой же—свободно лежитъ на металлической опорѣ, прикрѣпленной къ другой поперечной балкѣ, съ припятіемъ мѣръ противъ бокового перемѣщенія, или же приклепываютъ къ обѣимъ поперечнымъ балкамъ консоли такой длины, чтобы взаимное разстояніе между крайними деревянными поперечинами соответствовало профилю рельса.

\*) Министерствомъ Путей Сообщенія рекомендовано примѣнять наружные охранные бруссы на разстояніи 12 д. отъ рельса съ продолженіемъ ихъ за предѣлы моста и придавая имъ за мостомъ расходящееся направленіе.

*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 ѣздою поверху. Съ этою цѣлью послѣднюю продольную балку, опирающуюся однимъ концомъ на чугуинную подушку на опорѣ, дѣлаютъ вращающеюся въ мѣстѣ прикрѣпленія ея къ поперечной балкѣ, что достигается тѣмъ, что помѣщаютъ для скрѣпленія одинъ болтъ или пѣсколька, но въ послѣднемъ случаѣ необходимо, чтобы былъ достаточный зазоръ между стержнями болтовъ и болтовыми отверстіями. 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 черезъ 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 всѣ 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 слѣ-

дующій типъ: концы путевого и мостового рельсовъ соединяются съ двумя короткими, особаго 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, причемъ средняя часть неподвижна (черт. 267).

Въ однопролетныхъ фермахъ уравнильныя 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, лучше 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.

Въ полотнѣ этого типа мостовъ слѣдуетъ отличать: а) верхнюю и б) нижнюю часть полотна. Первая подвергается непосредственному дѣйствию колесъ экипажей и проч.; вторая же, поддерживая верхнюю часть мостового полотна по всему его протяженію, служитъ 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.

Мостовое полотно въ мостахъ подѣлено на обыкновенную дорожную часть мостового полотна. Верхняя часть мостового полотна: деревянная, металлическая и каменная.

а) *Верхняя часть мостового полотна.* Она обыкновенно устраивается изъ досчататаго пастила, 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 настил употребляется во всех случаях, когда верхняя часть мостового полотна состоит из досчатого 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 балках, или на главных фермах; къ деревянным частям онѣ прикрѣпляются гвоздями, а къ металлическимъ  $\frac{3}{4}$  дюйм. болтами.

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 бы отлить 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 ребрами по направленію перпендикулярному къ опорамъ, поддерживающимъ плиты; для удобства стока воды плиты представляютъ иногда двѣ пересекающіяся 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 Барлоу. 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—прикрепываютъ иногда снизу къ нѣсколькимъ поперечинамъ одну общую. 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

1) *Дерево*. Деревянный сплошной настил употребляется во всех случаях, когда верхняя часть мостового полотна состоит из досчатого 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 балках, или на главных фермах; къ деревянным частям онѣ прикрѣпляются гвоздями, а къ металлическимъ  $\frac{3}{4}$  дюйм. болтами.

2) *Чугунъ*. Въ английскихъ мостахъ очень часто встрѣчается, что нижняя часть мостового полотна устроена изъ чугунныхъ плитъ. Чугунъ имѣеть слѣдующія преимущества сравнительно съ желѣзомъ и деревомъ: лучше сопротивляется дѣйствию влажности, можетъ бы отлить 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 ребрами по направленію перпендикулярному къ опорамъ, поддерживающимъ плиты; для удобства стока воды плиты представляютъ иногда двѣ пересекающіяся 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 Барлоу. 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—прикрепываютъ иногда снизу къ нѣсколькимъ поперечинамъ одну общую. 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

б) *Лотковое желѣзо*. Листы (черт. 272) имѣютъ форму квадрата или прямоугольника отъ 700 до 1600 миллиметровъ въ сторонѣ, окаймленнаго со всѣхъ четырехъ сторонъ плоской кромкой; средняя часть выпукла или вогнута. Обыкновенно лотковое желѣзо имѣетъ форму лотковаго 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 приклеиваются къ полкамъ уголковъ продольныхъ и поперечныхъ балокъ, но этого слѣдуетъ избѣгать. Для плотнаго соприкасанія кромокъ лотковаго желѣза съ полками поясовъ необходимо, чтобы эти послѣднія не имѣли вертикальныхъ заклепокъ; иногда же въ этомъ случаѣ соединяютъ ихъ общими заклепками. Кромѣ того необходимо, чтобы полки поперечныхъ и продольныхъ балокъ были неодинаковой высоты, что тоже не всегда выполнимо; поэтому часто лотковое желѣзо приклеиваютъ 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 обшимъ скатомъ къ концевымъ частямъ моста. Недостатки такого типа нижней части мостоваго 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 мостоваго полотна. (Продольныя и поперечныя балки). Продольныя балки. Расположеніе ихъ; предѣльная длина; отношеніе высоты къ длинѣ.

Продольныя балки располагаются преимущественно между поперечными, рѣже—поверхъ послѣднихъ. Второе расположеніе имѣетъ много преимуществъ, какъ, на примѣръ, 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 бесспорно лучше располагать ихъ поверхъ поперечныхъ, въ виду затруднительности производить тщательно склепку въ стѣсненномъ пространствѣ.

Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ наименьшее разстояніе между продольными балками 5 футовъ, 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 фут. Впрочемъ есть примѣры, что и при 5-футовомъ разстояніи рельсы прикрѣплены къ поперечинамъ. Въ мостахъ подъ 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 полки  $b = \frac{1}{2} h$ , или  $b = \frac{1}{2,25} h$ , толщина стѣнки  $\frac{3}{8} - \frac{5}{8}$  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 одного типа къ другому.

Относительно прикрѣпленія *прокатныхъ* продольныхъ балочекъ къ поперечнымъ балкамъ слѣдуетъ рассмотретьъ 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 приклеиваются два уголка, обжимающіе вертикальную стѣнку продольной

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 сваи.

балки. Если по расчету необходимо, чтобы в плоскости задѣлки продольная балка работала полнымъ сѣченіемъ, т. е. если горизонтальныхъ полокъ пельзя отнять, тогда необходимо помѣстить уголки лишь по высотѣ вертикальной стѣнки прокатной балки между двумя ея горизонтальными полками (черт. 274); но при этомъ для увеличения жесткости стѣнки поперечной балки полезно помѣщать подѣ 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 вѣ 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 сѣзать обѣ горизонтальныя полки прокатной балки, или одну изъ нихъ, если другая находится выше верхняго или ниже нижняго конца вертикальнаго уголка (черт. 275). Въ мостахъ подѣ обыкновенную дорогу часто прикрѣпляютъ продольную балку только однимъ уголкомъ, и тогда горизонтальная полка сѣзывается, 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 имѣетъ мѣсто наименьшій моментъ. Въ мостахъ подѣ желѣзную дорогу рѣдко помѣщаютъ продольныя прокатныя балки надѣ 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 подѣ 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  $\frac{3}{8}$  —  $\frac{1}{16}$  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 подѣ 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 обрѣзывать около вертикальныхъ уголковъ; нужно нагнуть ихъ на эти уголки (черт. 277); горизонтальный же листъ по необходимости приходится обрѣзывать 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 вертикальные 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 двойнаго 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 поперечинами показанъ на (черт. 282).

Когда продольная балка подходитъ подъ самыя уголки поперечной, — полезно соединять накладкой смежныя продольныя балки. Въ этомъ случаѣ, если въ нозьѣ поперечной балки не имѣется горизонтальныхъ листовъ, помѣщаются предварительно прокладки, а затѣмъ уже связующая накладка (черт. 283). Концы прокладки должны выступатьъ изъ-за концовъ накладокъ на столько, чтобы возможно было помѣстить число заклепокъ, соответствующее площади поперечнаго сѣченія прокладки. Длина накладки должна въ свою очередь соответствовать 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 (а) между вертикальной стѣнкой поперечной балки и вертикальными уголками и затѣмъ прокладки (б) между тѣми же уголками и стѣнкой продольной балки. Горизонтальный стыкъ между краемъ вертикальнаго листа продольной балки и треугольной вставки перекрываетъ двумя вертикальными накладками.

Для увеличенія сопротивленія стѣнки боковому выпучиванію приклеиваются черезъ каждые 2,5—3 ф. вертикальные *уголки жесткости*, размѣщая ихъ поочередно съ обѣихъ сторонъ (черт. 285).

Типъ *сквозной* продольной балки показанъ на (черт. 286). Онѣ употребляются при значительныхъ промежуткахъ между поперечными; 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. Чаше распорки состоятъ изъ горизонтальныхъ и вертикальныхъ уголковъ съ андреевскимъ крестомъ между ними (черт. 288). Горизонтальныя діагональныя связи дѣлаются обыкновенно изъ полосоваго желѣза, или же одна изъ діагоналей, или обѣ діагонали жесткаго сѣченія; уголъ наклоненія около  $45^\circ$ ; діагонали приклеиваются къ горизонтальнымъ листамъ продольныхъ балокъ или къ горизонтальнымъ полкамъ уголковъ продольныхъ балокъ и распорокъ помощью трапециевидныхъ накладокъ (черт. 289), или непосредственно (черт. 285).

Поперечныя балки. Различныя типы. Прикрѣпленіе поперечныхъ балокъ къ главнымъ фер-

*Поперечныя балки* устраиваются изъ прокатнаго 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 встречаются довольно рѣдко; второй и третій типы наиболѣе употребительны.

Высота поперечной балки дѣлается обыкновенно от  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{6}$  ее длины.

Балки изъ прокатнаго желѣза бываютъ парныя или одиночныя. Какъ тѣ, такъ и другія встречаются довольно часто въ мостахъ въ Америкѣ (черт. 290).

Составныя балки двутавроваго сѣченія со сплошной стѣнкой состоятъ изъ стѣнки и изъ двухъ паръ 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 слѣдуетъ сказать то же, что и о продольныхъ балкахъ. Поясные уголки и листы приклепываются болѣею частью  $\frac{3}{4}$  дюйм. заклепками; прикрѣпленіе поперечной балки къ 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 или однообразную выпину 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 поверху, 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 различныя способы *прикрѣпленія* 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. Кромѣ того необходимо обезпечить централь-

мамъ въ случаѣ помѣщенія балокъ надъ верхнимъ поясомъ фермы, въ предѣлахъ высоты фермы и подъ нижнимъ поясомъ.

ную по оси фермы передачу давления во избежание выпучивания стѣнки фермы.

Относительно расположенія поперечной балки слѣдует 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 серединѣ и по-низу и третій—только въ мостахъ съ ѣздою по-низу.

I. Первый случай (черт. 294) соответствуетъ наиболѣе простому прикрѣпленію къ фермѣ и вполне обеспечиваетъ центральность передачи давления. Въ смыслѣ же обеспечения жесткости противъ боковыхъ качаній, расположеніе поперечныя 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 поперечныя поверхъ поясовъ. Если поясъ широкій, то при прогибѣ поперечной балки послѣдняя будетъ надавливать на внутренніе края листовъ пояса и, слѣдовательно, центральность передачи давления не будетъ вполне достигнута. Для этого полезно подкладывать подъ поперечныя балки прокладки незначительной ширины, размѣщая ихъ надъ осью фермы (черт. 297). Во избежаніе прогиба горизонтальныхъ листовъ пояса необходимо помѣстить вертикальную діафрагму, зажатую между уголками, прикрѣпленными внутри пояса къ горизонтальной и къ вертикальнымъ стѣнкамъ.

Если высота поперечной балки на опорѣ оказывается болѣе 10—12 дюйм., то во избежаніе 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 пояса; б) въ предѣлахъ высоты сплошной стѣнки или стойки и в) въ предѣлахъ высоты нижняго пояса.

III. Балка приклепывается къ поясу помощью пары уголковъ. Въ фермахъ со сплошной стѣнкой эти уголки продолжаются во все

высоту фермы и служить 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 до пизу, если только очертаніе раскосовъ тому не препятствуетъ.

Въ фермахъ со сплошной стѣнкой, а также въ фермахъ со сквозной стѣнкой, но при тавровыхъ поясахъ, перѣдко помѣщаютъ въ мѣстахъ прикрѣпленія поперечной балки консоли для увеличенія жесткости стѣнки фермы. Соединеніе поперечной балки съ консолью дѣлается тремя путемъ: а) вертикальный листъ поперечной балки соединяется въ притыкъ съ вертикальнымъ листомъ консоли (черт. 300); б) вертикальный листъ балки продолжается до стѣнки фермы, причемъ уголокъ нижняго пояса балки соединяется съ горизонтальнымъ уголкомъ 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, соединяющую накладку, какъ со стѣнкой балки, такъ и съ діафрагмой (черт. 305). Помѣщеніе діафрагмъ въ рѣшетчатыхъ мостахъ при отсутствіи стоекъ—обязательно.

Иб. 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), причемъ 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 приспособленіе позволяетъ удовлетворять этому требованію. Уголки стоекъ настолько раздвигаются, что между ними можно помѣстить кромѣ стѣпки балки еще двѣ прокладки, общая толщина коихъ на 20—33% болѣе толщины стѣпки 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 овальныя (или большаго діаметра) отверстія; склепывая затѣмъ стѣнку балки наглухо съ прокладками, съ размѣщеніемъ притомъ заклепокъ симметрично относительно осевой линіи фермы, — мы этимъ вполне достигнемъ центральности передачи давленія (черт. 302). 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 дѣлать 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 диагоналей 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 надъ поясомъ, встречаются 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, причемъ 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 черезъ 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 стѣнка 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 прикрѣпленныхъ 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 усилю, 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 приклеиваются къ стѣнкѣ пояса два уголка (*a*); равнымъ образомъ въ той же плоскости, совпадающей съ вертикальнымъ листомъ поперечной балки, приклеиваются къ нижнему поясу балки въ изогнутой ея части два уголка (*b*); между ними зажимается вертикальный листъ, окаймленный вверху и внизу уголками. Въ уголкахъ (*a*) сдѣланы овалныя по вертикали отверстія. При такихъ условіяхъ, очевидно, вертикальная нагрузка не можетъ передаваться черезъ уголки (*a*), а слѣд. и искривлять ферму; усиліе же, направленное по горизонтальному направленію вдоль поперечной балки, какъ распорка, можетъ быть съ удобствомъ передано черезъ уголки (*a*), прокладной листъ (*n*) и черезъ уголки (*b*).

П в. 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 габариты; 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 рассмотреть случаи помѣщенія поперечныхъ балокъ подъ поясомъ. Въ мостахъ съ заклепочными соединеніями этотъ типъ встрѣчается почти въ единичныхъ случаяхъ. Наиболее 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, снабженные на одномъ концѣ проушиной или петлей, а на другомъ—винтовой нарезкой съ гайкой; для подвѣсокъ обыкновенно употребляется квадратное желѣзо, около  $\frac{7}{8}$  д. или 1 $\frac{1}{2}$  д. въ сторону. Поверхъ гайки помѣщается чугунная, стальная или желѣзная доска, на которую опирается одиночная или парная поперечина. Парныя поперечины стянута болтомъ съ распоркой; діагонали связей проходятъ въ разныхъ горизонтахъ сквозь стѣнку поперечины, причемъ гайки плотно навинчиваются, 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 размеры составныхъ частей. Перекрытіе стыковъ вертикальной стѣнки, уголковъ и горизонтальныхъ листовъ. Уголки жесткости. Опорная стойка. Описание фермы 5 саж. моста; опора составныхъ частей стѣнки и поясовъ. Вертикальная и горизонтальная связи; опорныя подушки подвижныя и неподвижныя. Описание фермы моста черезъ р. Нѣманъ на Сиб.-Варшавской ж. д. п. 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—двухъугольное 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, болышею частью однообразной толщины.

Уголки пояса и первый горизонтальный листъ продолжаютъ всю длину фермы, а остальные ряды горизонтальныхъ листовъ пояса накладываются на извѣстномъ протяженіи (черт. 314). Фермы со сплошной стѣнкой болышею частью одинаковой высоты по всей длинѣ фермы. Отношеніе высоты къ пролету отъ  $\frac{1}{11}$  до  $\frac{1}{8}$ .

Толщина вертикальной стѣнки измѣняется отъ  $\frac{3}{8}$  д. до  $\frac{5}{8}$  д.; уголки поясовъ бываютъ равнобокіе и неравнобокіе, наименьшіе раз-

мѣры:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д., наибольшіе:  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  д.; толщина листовъ пояса измѣняется отъ  $\frac{5}{16}$  до  $\frac{1}{2}$  д., шириною отъ 7 д. до 36 д., причемъ ширина пояса дѣлается обыкновенно въ  $\frac{1}{6}$  высоты фермы. Диаметръ заклепокъ измѣняется отъ  $\frac{3}{4}$  до  $\frac{15}{16}$  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 имѣеть мѣсто, если высота фермы превосходитъ 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%; 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 высокнхъ фермахъ, гдѣ листы поставлены стоймя и гдѣ нужно обезпечить жесткость стѣнки, — стыки перекрываются накладками изъ тавроваго желѣза (черт. 315), или плоскими накладками съ наклепаннми на нихъ уголками, особенно если въ данномъ сѣченіи необходимо помѣстить поперечную балку или приклепать поперечную связь: иногда же жесткость еще болѣе усиливается приклепываніемъ составныхъ лутавровыхъ балокъ, образующихъ родъ консоли (черт. 315). При низкихъ фермахъ, гдѣ разстояніе между стыками отъ 10 до 24 ф., стыки располагають иногда въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ необходимо помѣстить уголки для приврѣпленія 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 полупакладки (черт. 317); заклепки ставятся какъ въ вертикальной, такъ и въ горизонтальной полкѣ уголковъ въ шахматномъ порядкѣ. Стыковый уголокъ при сохраненіи той же площади, какъ и стыкаемый, иногда выбирается иной формы: полки толще и уже—что дѣлается для красоты, чтобы кромки стыковаго уголка не выступали изъ-за общаго очертапія (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 соответствуетъ разстоянію между стыками смежныхъ листовъ; иногда впрочемъ конецъ накладки, соответствующій наиболее 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 на  $\frac{1}{8}$  д.,—общая накладка, перекрывающая ступенчатый стыкъ, имѣетъ сѣченіе, соответствующее наиболее 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; большею 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 соответственной 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 эпюрь составныхъ частей стѣнки и поясовъ показаны соответственные размѣры. Такъ вся длина фермы: 38 ф. 11 д.; стѣнка составлена по линіѣ 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 обоихъ поясовъ и стѣнки такъ расположены, что они нигдѣ не встрѣчаются въ одномъ сѣченіи, хотя и сгущены; 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.—перекрываетъ 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 эпюрь поясовъ обыкновенно показываются только накладки горизонтальныхъ листовъ поясовъ; накладки стыковъ уголковъ пояса и стѣнки показываются всегда на чертежахъ плана и фасада фермы. 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 поясные уголки; съ внутренней стороны прихлопаны 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. Верхняя и нижняя 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 полсъ ( $3 \times \frac{3}{8}$  д.).

Диагонали и распорки приклепаны къ поясу помощью фасонных накладокъ, приклепанных къ внутренней сторонѣ пояса. Какъ жесткіе, такъ и плоскіе раскосы приклепаны съ одной и той же стороны фасонной накладкой. Для прикрѣпленія диагоналей 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 чугуной (черт. 320). Одинъ конецъ фермы скрѣпляется съ опорой неподвижно, а другой конецъ можетъ по ней свободно скользить въ зависимости отъ измѣненія температуры. Подушка подвижной опоры состоитъ изъ двухъ частей: нижняя доска наглухо 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 нерационально класть чугуныя подушки непосредственно на подферменный камень. Предпочитаютъ помещать 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 мауэрлату привинчивается чугуная подушка, а остальное—согласно предыдущему. При болѣе значительныхъ пролетахъ подвижная опора опирается на катки, причемъ лерѣдко для обѣихъ опоръ употребляется балансиръ; 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.-Петербург.-Варшавской ж. д. имѣется подобный мостъ черезъ р. Нѣмаль близъ Ковно. Мостъ подъ два пути съ ѣздой по-пязу, всего шесть пролетовъ: два средніе величиною по 36,783 саж., слѣдующіе два про-

лета—по 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 стойма, толщиной 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, соответствующій 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, толщиной  $\frac{5}{16}$  дюйм.; поперечная балка приклепана въ нахлестку къ вертикальному листу двутавровой консоли. Общій вѣсъ желѣза въ четырехъ среднихъ пролетахъ 115.466 пуд., 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 Лангошскомъ мосту—во избѣжаніе прогиба краевъ листовъ, примѣняется приспособленіе, указанное на черт. (323).

Пролетныя части моста «Британія» черезъ Менѣйскій 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 по 230 ф.; мостъ подъ два пути, для каждаго пути самостоятельная труба. Высота фермы 30 фут., ширина 14 фут. Стѣнка состоитъ изъ листовъ, поставленныхъ стойма, и толщиной 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 перекрыты плоскими накладками; вертикальные стыки—тавровыми накладками или плоскими накладками, поверхъ которыхъ помѣщены по два уголка съ



с'єченія 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 соответствуетъ примѣрно полудлинѣ накладки. Въ коробчатомъ типѣ поясовъ (черт. 334) первая панель (гдѣ имѣеть мѣсто наименьшее усиленіе въ поясахъ), состоятъ иногда изъ двухъ вертикальныхъ листовъ и двухъ уголковъ, соединенныхъ по-верху рѣшеткой; затѣмъ съ переходомъ въ слѣдующія панели, по мѣрѣ увеличенія усиленія въ поясахъ, наклепываютъ два остальные уголка, сохраняя между ними рѣшетку, потомъ первый горизонтальный листъ, второй и т. д. Стыки горизонтальныхъ листовъ располагаются въ ступенчатомъ порядкѣ, съ перекрытіемъ общей накладкой.

Раскосы плоскаго с'єченія 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 с'єченія составляются (черт. 337) изъ уголковъ с'єченія:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  дюйм. —  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  дюйм.; каждый раскосъ можетъ состоять: а) изъ одного, 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 с'єченіемъ въ видѣ двойного тавра, г) изъ четырехъ, восьми и шестнадцати уголковъ, соединенныхъ рѣшеткой или сплошной стѣнкой и образующихъ трубчатое с'єченіе. 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 бѣдою по-верху ставятся еще поперечныя связи. За пешмѣиемъ стоекъ, поперечныя связи помѣщаются большею частью въ плоскости сжатыхъ раскосовъ, черезъ одинъ или два раскоса, въ зависимости отъ величины малой панели.

большая панель подразделена стяжками и стойками на две малые панели. (Подобный тип применен в мосту через р. Сулу на Ромны-Кременчугской ж. д., где фермы имеют свивающиеся концы (черт. 331).

В существующих образцах решетчатых ферм, с взаимным пересечением раскосов (черт. 326, 327 и 328) величина малой панели весьма разнообразна. В зависимости от этой величины решетчатая ферма подразделяется на фермы: а) с малыми панелями до 4 ф.; б) с панелями средней величины от 4 до 7 ф. и в) с панелями больших размеров от 7 до 14 ф. В фермах первой группы—ныне уже оставленной—объ системы раскосов имеют плоское сечение, (что не рационально, так как одна система раскосов работает на вытягивание, а другая на сжатие); причем, для увеличения жесткости стьнки относительно бокового выпучивания, помещаются мьстами стойки, не участвующия, впрочем, в общем распределении усилий (черт. 332). Къ этому типу относится между прочим мосту через р. Бугъ на СИБ.-Варшавской ж. д.). В фермах второго и третьего типов, одна система раскосов дьлается плоскаго сечения, другая—жесткаго сечения: иногда объ системы раскосов—жесткаго сечения, причем в обоих случаях уже не помещаются стойки с вышеупомянутой цьлью.

Фермы решетчатой системы с ньсколькими пересечениями раскосов преимущественно употребляются для мостов с ъздой поверху, рьже—для мостов с ъздой по-низу и в исключительных случаях—для мостов с ъздой по середине. В последнем случае приходится помещать стойки для возможности прикрепления проезжей части, что бесполезно увеличивает вьсь фермы. Фермы треугольной системы, т. е. без взаимнаго пересечения раскосов и с большой панелью, подразделенной стяжками на малые, можно удобно применять и для мостов с ъздой по середине (черт. 330 и 331), приклепывая поперечныя балки къ промежуточнымъ стяжкамъ и стойкамъ (мосту через р. Сулу на Ромны-Кременчугской ж. д.).

Высота ферм дьлается от  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{10}$  пролета; наиболее употребительный угол наклонения раскосов къ горизонту  $45^\circ$ . Пролетъ вь 8 саж. сльдует считать наименьшимъ предьломъ, когда уже выгодно применять ферму со сквозной стьнкой.

Въ однопролетныхъ фермахъ усилие вь поясахъ увеличивается

отъ опоръ къ серединѣ пролета; въ частяхъ же рѣшетки обратно: усплія увеличиваются по мѣрѣ приближенія къ опорамъ. Такимъ образомъ наибольшее сѣченіе поясовъ встрѣчается около середины пролета, а наибольшее сѣченіе раскосовъ—около опоръ. Въ многопролетныхъ неразрѣзныхъ фермахъ наибольшее сѣченіе поясовъ имѣеть мѣсто надъ промежуточными 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., толщиною 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, причемъ толщина ихъ дѣлается обыкновенно не болѣе  $\frac{1}{2}$  д., наименьшая же длина составляетъ около 6 ф. Обыкновенно при составленіи проекта имѣють 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 односторонней ширины по всей длинѣ фермы; весьма рѣдко, впрочемъ, высота ихъ увеличивается вблизи опоръ съ цѣлью помѣщенія большого 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 известномъ 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

с'єченія 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 соответствуетъ примѣрно полудлинѣ накладки. Въ коробчатомъ типѣ поясовъ (черт. 334) первая панель (гдѣ имѣеть мѣсто наименьшее усиленіе въ поясахъ), состоятъ иногда изъ двухъ вертикальныхъ листовъ и двухъ уголковъ, соединенныхъ по-верху рѣшеткой; затѣмъ съ переходомъ въ слѣдующія панели, по мѣрѣ увеличенія усиленія въ поясахъ, наклепываютъ два остальные уголка, сохраняя между ними рѣшетку, потомъ первый горизонтальный листъ, второй и т. д. Стыки горизонтальныхъ листовъ располагаются въ ступенчатомъ порядкѣ, съ перекрытіемъ общей накладкой.

Раскосы плоскаго с'єченія приклепываются къ вертикальному листу въ нахлестку (черт. 335) или въ штыкъ (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 с'єченія составляются (черт. 337) изъ уголковъ с'єченія:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  дюйм. —  $6 \times 4 \times \frac{1}{2}$  дюйм.; каждый раскосъ можетъ состоять: а) изъ одного, 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 с'єченіемъ въ видѣ двойного тавра, г) изъ четырехъ, восьми и шестнадцати уголковъ, соединенныхъ рѣшеткой или сплошной стѣнкой и образующихъ трубчатое с'єченіе. 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 бздю по-верху ставятся еще поперечныя связи. За пешмѣиемъ стоекъ, поперечныя связи помѣщаются большею частью въ плоскости сжатыхъ раскосовъ, черезъ одинъ или два раскоса, въ зависимости отъ величины малой панели.

Давленіе на опоры передается помощью опорных подушекъ, подвижныхъ и неподвижныхъ. Пролетъ въ 50 саж. (мостъ черезъ р. Волгу на Рыбинско-Бологовской ж. д.) повидимому наибольшій изъ перекрытыхъ фермами рѣшетчатой системы обыкновеннаго типа.

Въ сооруженномъ недавно въ Шотландіи Фортскомъ мосту типа, указаннаго на (рис. 21), т. е. со свѣшивающимися концами, причемъ по устройству стѣнки фермы принадлежать къ типу 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: 98.5 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 ѣздой по-верху; длина между осями опорныхъ стоекъ: 145 фут. 8 дюйм., высота фермы 16 фут. (около  $\frac{1}{8}$  пролета), расстояние между фермами 11 фут., т. е.  $\frac{2}{3}$  отъ высоты фермы; по длинѣ фермы помѣщается  $4\frac{3}{4}$  большихъ панелей и 19 малыхъ панелей, длиною каждая въ 7 фут. 8 дюйм. Оба пояса тавроваго сѣченія; вертикальный листъ сѣченія:  $16 \times \frac{3}{8}$  дюйм., уголки:  $4 \times 4 \times \frac{7}{16}$  д. и первый горизонтальный листъ:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм., продолженный во всю длину пояса; наибольшее число горизонтальныхъ листовъ въ верхнемъ поясѣ—четыре, а въ нижнемъ—пять. Эшюра поясовъ показываетъ, что въ верхнемъ поясѣ сѣченіе изъ вертикальнаго листа, двухъ уголковъ и одного горизонтальнаго листа сохраняется на протяжении трехъ первыхъ панелей; въ четвертой панели приклепанъ добавочный листъ  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и уголокъ  $4 \times 4 \times \frac{5}{16}$  дюйм., прикрепленный къ краю горизонтальнаго листа, что видно и изъ сѣченія, сдѣланнаго по поясу близъ узла № 3. Этотъ уголокъ тянется до третьей панели около другого конца фермы. Согласно эшюрѣ, добавочный листъ  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. продолженъ за начало панели на 20 д., а уголокъ:  $4 \times 4 \times \frac{5}{16}$  дюйм. на 14 дюйм.; только при соблюденіи этого условія и можно рассчитывать, что листъ и уголокъ начинаютъ работать уже въ сѣченіи узла № 3. Сѣченіе пояса въ пятой панели составляетъ изъ предыдущаго съ прибавленіемъ двухъ полосъ  $5 \times \frac{3}{8}$  д., помѣщенныхъ рядомъ съ листомъ:  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и съ прибавленіемъ еще листа:  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм., приклепаннаго на ниж-

пій листъ:  $8 \times \frac{3}{8}$  д. (см. эюра и сѣченіе пояса у узла № 4). Каждый изъ листовъ  $5 \times \frac{3}{8}$  дюйм. продолженъ за начало панели на 18 дюйм., а листъ  $8 \times \frac{3}{8}$  дюйм. — на 20 дюйм. Въ шестой панели къ предыдущему сѣченію прибавляется: 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  дюйм.) въ началѣ панели, а въ концѣ панели взамѣнъ шести листовъ:  $8 \times \frac{3}{8}$  д., 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д.),  $8 \times \frac{3}{8}$  д. и 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д.) помѣнены равные имъ по сѣченію два листа:  $15 \times \frac{3}{8}$  д. Оба перехода сдѣланы въ разныхъ сѣченіяхъ, такъ какъ имѣется два ряда листовъ: еслибы переходы были сдѣланы въ одномъ сѣченіи, пришлось бы перекрывать стыки накладкой двойной толщины; ввиду этого, переходъ отъ перваго ряда листовъ:  $5 \times \frac{3}{8}$ ,  $8 \times \frac{3}{8}$  и  $5 \times \frac{3}{8}$  д. къ листу:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм. сдѣланъ въ одномъ сѣченіи, второй подобный же переходъ—въ другомъ сѣченіи, удаленномъ отъ предыдущаго на 20 дюймовъ. Эти стыки, а также стыкъ перваго нижняго горизонтальнаго листа перекрываютъ одной общей накладкой длиною въ 7 фут. и всѣ стыки раздвинуты на 20 дюйм. Въ седьмой панели горизонтальная часть пояса состоитъ изъ трехъ листовъ:  $18 \times \frac{3}{8}$  дюйм. и изъ листа:  $10 \times \frac{3}{8}$  д.; въ восьмой панели прибавлено 2 ( $4 \times \frac{3}{8}$  д.), и обѣ эти полосы приклепаны на 18 дюйм. равнѣ начала восьмой панели; въ девятой и десятой панеляхъ сохраняется то же сѣченіе, причемъ листы:  $8 \times \frac{3}{8}$  и 2 ( $5 \times \frac{3}{8}$  д. замѣняются однимъ, равнымъ имъ по сѣченію:  $18 \times \frac{3}{8}$  д. Этотъ послѣдній стыкъ поставленъ такъ, чтобы подвести подъ одну общую накладку стыки всѣхъ промежуточныхъ горизонтальныхъ листовъ: длина накладки: 8 фут. 8 дюйм. Первый стыкъ перваго горизонтальнаго листа перекрываетъ 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, приклепаны 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, но 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 стальномъ же протяженіи панели прикрѣпленіе листа къ поясу сдѣлано также четырьмя рядами заклепокъ, но только заклепки, соответствующія 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 доходитъ вплотную до вертикальнаго листа стойки, и стыкъ перекрытъ двойной фасонной накладкой.

Нисходящіе раскосы, т. е. раскосы, нижній конецъ которыхъ направленъ къ середнѣ 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., равная 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 толщиною  $\frac{3}{8}$  д. и заклепками діаметромъ  $\frac{7}{8}$  д. Последний вытянутый раскосъ (не показанный на чертежѣ) 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 сжатыми раскосами, причемъ 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 толщиною 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, причемъ уголокъ этотъ тянется не во всю высоту стойки и поэтому не принимается въ расчетъ полезной площади. Уголки, образующіе крестъ, не соединены попарно вплотную, по 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; диагонали состоятъ изъ двухъ уголковъ, причѣмъ одна система диагоналей приклепана съ одной стороны накладки, а вторая съ другой, такъ что уголки не пересекаются 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 диагоналей 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 чрезъ 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 фасоннымъ 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 шарпиръ: около этого послѣдняго можетъ вращаться верхняя часть балансира, нагнута 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 обшая толщина горизонтальныхъ листовъ пояса увеличивается по мѣрѣ приближенія къ середпѣ, то, для сохраненія горизонтальности пути, подъ крайпня поперечины подложены прокладки соответственной 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. соответствуетъ 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 шпалѣ прикрѣплена стойка периль изъ углового желѣза; поручень также изъ углока, и кромѣ того имѣется еще два прута.

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 фермы 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

Балочныя фермы со сквозной стѣнкой раскосной системы. Сложныя раскосныя фермы по сравнению съ фермами параболическими и Гау. Родъ усилий въ нисходящихъ и восходящихъ раскосахъ. Большая и малая нацелл. Фермы системы Петт. Описание продетныхъ частей моста черезъ рѣку З. Бугъ.

положенію нагрузки на мосту: при движеніи поѣзда съ одного конца работаетъ 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 и одновременно работаетъ только одна изъ системъ раскосовъ въ зависимости отъ положенія подвижной нагрузки.

Во всѣхъ указанныхъ примѣрахъ фермъ 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 чѣмъ 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 сему пролету, ни восходящие, ни нисходящие раскосы вовсе не работают. 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  $i'i'$  — не работаютъ. Если при сохраненіи той же максимальной высоты фермы замѣнить верхній криволинейный поясъ какой-либо объемлющей линіей, напр. линіей  $arsc$  (черт. 340) и  $a'r's'e'$  (черт. 341), соответствующей фермѣ съ параллельными поясами, то въ новыхъ фермахъ нисходящіе раскосы:  $rq, kf, mg, ug, wh, si$  будутъ вытянуты, а восходящіе  $a'k', q'm', f'c', h'c', i'u', e'w'$  — сжаты. Если обратно замѣнить параболическій поясъ—объемлемой линіей, напр. ломанной линіей  $ace$  и  $a'c'e'$ , то нисходящіе раскосы  $lf, pg, og$  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, помѣщаемыхъ 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 условий, 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); гиперболіческія (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 вѣтъ 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 необхо-

димо, чтобы осевые линии раскосовъ направлены были въ точку встрѣчи осевыхъ линий стойки и пояса (черт. 343). (Подъ осевыми линиями пояса, стойки и раскоса—подразумѣваются линии, 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 Пеггъ, 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 ѣздой 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 стѣпкой».

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 чрезъ р. З. Бугъ, на Брестъ-Холмской ж. д. (черт. 345—350).

Мостъ съ вѣдою по-низу, о трехъ пролетахъ, величиною каждый въ свѣту въ 35,20 саж.; фермы разрѣзаны, 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; расстояние между осями двухъ фермъ—18 ф., а чистая ширина моста— 16 ф. Пояса коробчатые (черт. 347) и состоятъ изъ двухъ вертикальных 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 горизонтальных 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  $\frac{1}{16}$  д. для удобнаго стока скопляющейся дождевой воды. Нижний край вертикальных 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 вертикальных листовъ. Перѣбѣненіе 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 эпюрѣ 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 горизонтальных листовъ, начинающійся у узла № 3, протянутъ за этотъ узелъ не на 18 д., какъ бы слѣдовало, а на 4 ф. 4 д.; это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы излишнюю длину этого листа воспользоваться какъ накладкою для перекрытія стыковъ нижележащихъ второго и перваго ряда листовъ. Тоже 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 горизонтальных листовъ имѣютъ самостоятельныя накладки. На эпюрѣ

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 полоса:  $3 \times \frac{5}{16}$  д. (черт. 345', планъ). Въ узлахъ рѣшетки замѣнена сплошными листами, необходимыми для прикрѣпленія діагоналей горизонтальныхъ связей. Въ слѣдующихъ панеляхъ наклеиваются 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 эпюры нижняго пояса не помѣщенъ въ таблицѣ).

Раскосы (черт. 345 и 347, табл. 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 стѣпки 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 пропуску 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 пахлестку на стѣнку пояса поверхъ 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 самостоятельныхъ заклепокъ. Стойка № 1 меньшаго сѣченія по сравненію со стойками №№ 2 и 3, на томъ основаніи, что въ виду присутствія обратнаго раскоса, стойка эта работаетъ не на сжатіе, а на вытягиваніе и притомъ съ очень незначительнымъ усиленіемъ. 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:  $3 \times 3 \times \frac{5}{8}$  д. и рѣшетки (черт. 345 и 347, табл. 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 перекрыть двойной накладкой, а между вставкой и листомъ стойки—одиночной накладкой съ наружной стороны. Вертикальный листъ нижняго пояса доходить только до листа опорной стойки, и образующійся вертикальный стыкъ перекрыть двойной фасонной накладкой, между листами которой зажимается между прочимъ и листъ  $17 \times \frac{1}{16}$  д. восходящаго раскоса.

Схема расположенія связей и ихъ сѣченія показаны на черт. (348). Диагонали приклепаны къ особымъ планкамъ (черт. 345<sup>а</sup>), въ свою очередь приклепаннымъ къ поясу: во избѣжаніе взаимнаго въ одной плоскости пересѣченія диагоналей, обѣ системы раскосовъ приклепаны съ различныхъ сторонъ плапокъ. 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 нѣсколькимъ приведеніемъ фермы въ поперечномъ сѣченіи хотя отчасти въ неизмѣняемую систему имѣются вверху изъ уголковъ кронштейны съ подвѣсками и ригелемъ (черт. 346). Для прикрѣпленія подвѣсокъ проложены вверху стоекъ листы шириною 8 дюйм., захватывающій обѣ вѣтви стойки и приклепанный кромѣ того выступающей своей частью къ распоркѣ верхнихъ связей.

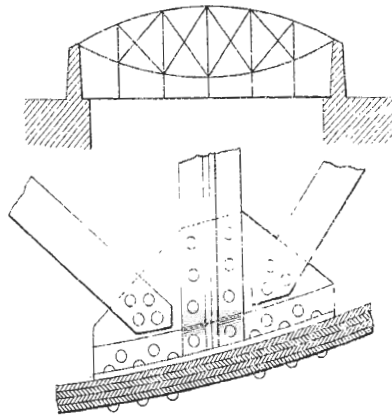
Продольная балка съ простымъ уравнивающимъ приборомъ показана на черт. (349).

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 диафрагмой, зажатой между уголками внутри пояса.

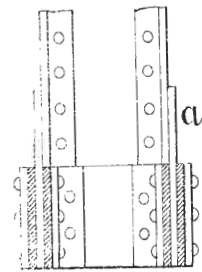
На черт. (350) изображена подвижная опора. Въ подферменный камень вставлена чугунная доска, на которой расположено шесть катковъ съ ребордами, связанныхъ общей рамой. На каткахъ поставлена нижняя часть балансира, соединенная общимъ шарниромъ съ верхнею частью балансира, на которомъ наглухо прикрѣплены болтами широкій поясъ фермы. Чтобы уменьшить вѣсъ балансира, они дѣлаются съ выемками и ребордами. Для защиты катковъ отъ грязи и пыли прикрѣплены къ нижней части балансира зонтъ изъ кровельнаго желѣза.

Въ раскосныхъ разрывныхъ фермахъ съ болтовыми соедине-

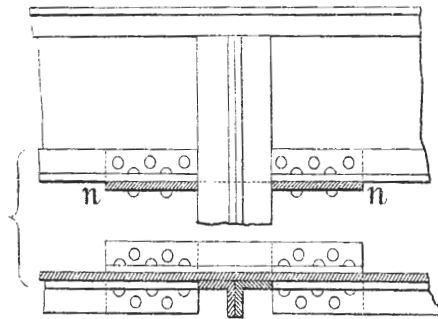
Черт. А.



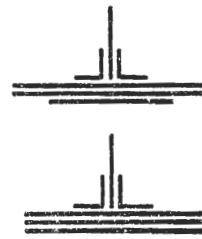
Черт. Б.



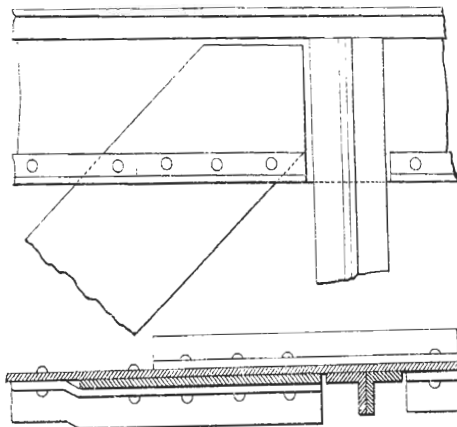
Черт. В.



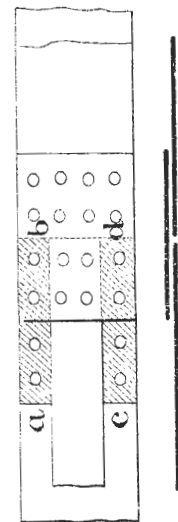
Черт. Д.



Черт. Г.



Черт. Е.



лами,—верхний пояс обыкновенно склепанный, нижний же пояс состоит из отдельных звеньев с проушинами на концах, через которые проходит шарнирный болт. На эти же болты накладываются раскосы и стойки, снабженные также проушинами. В узлах верхнего пояса имеются также шарниры для надвигания тех же раскосов и стоек (черт. 396).

Между значительным разнообразием существующих форм поясов можно подметить три характерных типа. К первой группе относятся типы поясов, способных принять исключительно вытягивающее усилие, ко второй — типы, одинаково удобные, как для вытягивающих, так и для сжимающих усилий и, наконец, третья группа составляют типы, преимущественно встречающиеся в сжатых поясах.

Детали устройства составных частей фермы со сквозной стальной. — Типы поясов из одних листов и звеньев, тавровые, коробчатые, крестообразные и трубчатые.

На черт. (351) показан один из типов первой группы. Пояс состоит из горизонтально положенных один на другой листов; ширина пояса 400 мм, толщина 108 мм. Обыкновенно ширина листов пояса изменяется от 160 мм до 400 мм; число листов не более 10, толщина от 10 мм до 12 мм. При малой толщине пояса листы склепываются; при толщине более 75 мм, заклепки полезно замкнуть болтами диаметром около 12 мм, располагая таковые на расстоянии 150 мм один от другого. Этот тип поясов встречается почти исключительно в фермах системы Паули, в которых пояса испытывают одинаковое усилие по всей длине и в которых решетка подвержена незначительным усилиям; в виду этого возможен способ прикрепления решетки к поясу, показанный на черт. (351) и (черт. А), т. е. в узловой точке приклепывают два коротких уголка, зажимают между ними прокладку и к ней уже прикрепляют стойку и раскосы. Показанный на черт. (351) пример относится к мосту системы Паули с фодою по-низу, причем стойки в пределах фермы состоят из восьми уголков, соединенных листом; наружные уголки настолько раздвинуты, что верхний и нижний пояса помещаются между ними. За пределами нижнего пояса стойки имеют уже назначение подвесок, причем сохранены только наружные уголки, взаимно соединенные решеткой.

Вместо того, чтобы располагать полосы (листы) плашмя, их ставят стоймя (черт. Б). Между листами зажимается прокладка а, которая служит как для перекрытия стыка, так и для прикрепления

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. Практичнѣе тавровые пояса съ вертикальнымъ листомъ (черт. 353), одиночнымъ или двойнымъ; ширину вертикальнаго листа слѣдуетъ сообразовать съ возможностью помѣстить полное число заклепокъ для прикрѣпленія болѣе напряженныхъ раскосовъ. При ширинѣ горизонтальнаго листа болѣе 20 д. слѣдуетъ въ сжатомъ поясѣ приклепывать снизу уголки жесткости (черт. 354), во избежаніе 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  $3 \times 3 \times \frac{1}{2}$  дм., который можетъ быть взятъ въ рабочую площадь, если онъ тянется непрерывно (черт. В). Такъ, напримѣръ, если уголокъ приклепанъ съ наружной 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, и*). 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 занятого раскосами и стойками. При широкихъ горизонтальныхъ листахъ полезно употреблять уголки съ обѣими широкими полками, допускающими двойной рядъ заклепокъ въ каж-

дой 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, 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 таковыя 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); по необходимо, чтобы ширина этихъ полосъ допускала возможность помѣщенія двухъ рядовъ заклепокъ, хотя бы въ шахматномъ порядкѣ, чему удовлетворяютъ полосы шириною не менѣе 5 д.

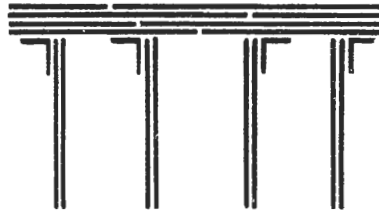
Толщину листовъ дѣлаютъ обыкновенно не менѣе  $\frac{3}{8}$  д. Наиболѣе употребительная толщина:  $\frac{3}{8}$  до  $\frac{5}{8}$  д. съ измѣненіемъ на  $\frac{1}{16}$  д. Уголки слѣдуетъ дѣлать не тоньше вертикальной стѣнки и каждаго изъ горизонтальныхъ листовъ; тѣмъ толще и шире уголки, тѣмъ надежнѣе 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.

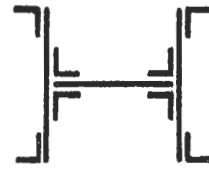
б) Для пролетов болѣе 25—30 саж., а иногда и при меньших пролетахъ, особенно при отсутствіи верхнихъ связей, паходятъ болѣе выгоднымъ пользоваться *коробчатыми поясами* (черт. 358), причѣмъ вертикальныя стѣнки состояются изъ одного или двухъ листовъ. Въ послѣднемъ случаѣ вертикальныя листы взаимно соединяются заклепками, расположенными на разстояніи около 8—12 д. (черт. 392). Разстояніе между обѣими стѣнками дѣлаютъ не менѣе 16 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 панелей, 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 стѣнокъ (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. Нижний 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

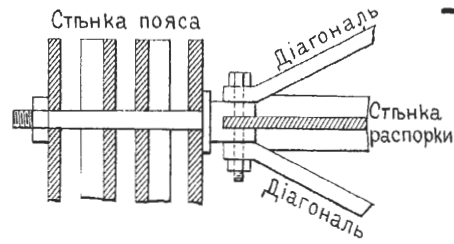
Черт. Ж.



Черт. З.



Черт. И.



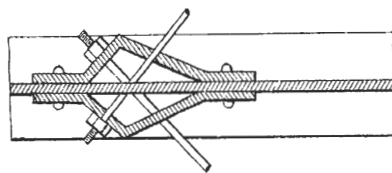
Черт. К.



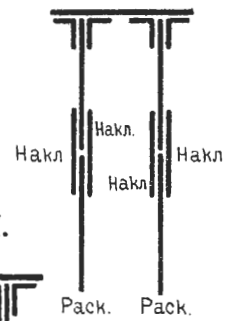
Черт. Л.



Черт. І.



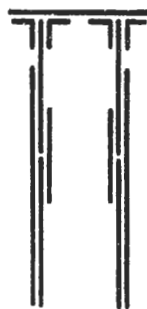
Черт М.



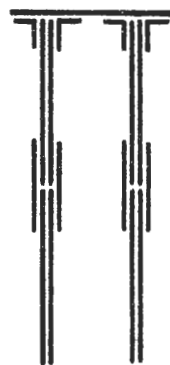
Черт. Н.



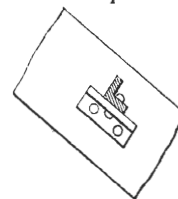
Черт. О.



Черт. П.



Черт. Р.



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 вверху 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 накладкой 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, закатывая въ верхнихъ углахъ между двумя короткими уголками — вертикальнымъ и горизонтальнымъ, а въ нижнихъ углахъ — между уголками стоекъ и короткимъ уголкомъ, прилепаннымъ сплзу 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 черезъ 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 **н**-образные пояса (черт. 3).

На черт. (357) показанъ одинъ изъ типовъ лрусныхъ 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 уголков прокладки в видѣ узкихъ полосъ противъ мѣсть, гдѣ приходится 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. Горизонтальные полки крайнихъ уголковъ перекрываются самостоятельными плоскими накладками. Стыки уголковъ обыкновенно помѣщаются въ узлахъ, при чемъ 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; горизонтальные полки верхнихъ уголковъ приклепаны къ вышеупомянутой фасонной прокладкѣ, а полки нижнихъ уголковъ — къ горизонтальнымъ уголкамъ треугольной консоли, приклепанной 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 приклепана стойка.

*Третья* группа поясовъ характеризуется тѣмъ, что они имѣютъ трубчатую форму, сопротивляющуюся боковому выпучиванію одинаково по всѣмъ направленіямъ. Такъ, на примѣръ, на черт. (396) показаны одинъ изъ такихъ типовъ: четыре корытообразныхъ прокатныхъ балки поставлены стоймя и перекрываются сверху 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. *И*) надѣты

еще диагональные связи из круглого железа, изогнутые сообразно направлению диагонали. В нижнем поясе, состоящем из звеньев, распорки служат поперечные балки, подвешенные на двух серьгах к шарниру нижнего пояса. Серьги поддерживают железную или стальную доску, на которую поставлены парные прокатные поперечные балки, стянутые коротким горизонтальным болтом (черт. 396). Диагонали нижних связей прикручены к стержням балок помощью особых наклепанных изогнутых полос из  $\frac{1}{2}$  д. железа (черт. 1); диагонали из круглого железа соединяются помощью гаек и, во избежание взаимного пересечения, помещаются не в одной плоскости (черт. 396). Подобное размещение связей, удовлетворяя требованию уничтожения качания поперечных балок, неудовлетворительно в другом отношении, так как диагонали и распорки не находятся в одной плоскости с поясом и затѣм передача усилий от диагонали к поясу чрез подвески—крайне неопредѣленна.

Раскосы ферм подвергаются вытягивающему или сжимающему усилиям. В первом случае они дѣлаются плоского сѣченія, а во втором—жесткого. Впрочем, в послѣднее время, съ применением больших панелей и вытянутые раскосы стали дѣлать жесткого сѣченія во избежаніе дрожанія раскосовъ.

Типы раскосовъ  
и стоекъ.

*Вытянутые* раскосы дѣлають круглаго, квадратнаго или брусковаго сѣченія (черт. 396), какъ это часто встрѣчается въ мостахъ съ болтовыми соединеніями, или же изъ плоскаго железа, измѣняющагося въ 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 Англійи имѣются мосты съ раскосами толщиной около 3 д.). Наибольшая длина раскосовъ около 30—35 ф. и находится притомъ въ зависимости отъ поперечнаго сѣченія. Въ настоящее время избѣгаютъ употреблять очень широкіе раскосы (болѣе 18—20 д.), такъ какъ дополнительныя напряженія, вызванныя жесткимъ прикрученіемъ раскосовъ къ поясамъ тѣмъ значительнѣе, тѣмъ болѣе отношеніе ширины раскоса

<sup>1)</sup> 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.

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. *K*), или въ нахлестку (черт. *L*): 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 (*M*) оба одиночные раскоса приклепаны въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка двойной накладкой. На чертежѣ (*N*) парные раскосы приклепаны въ нахлестку, причѣмъ между раскосами остается промежутокъ, равный толщинѣ вертикальнаго листа; обѣ полосы парнаго раскоса соединяются по длинѣ заклепками, вслѣдствіе чего въ типѣ (черт. *N*) необходимо помѣстить прокладки въ мѣстахъ расположенія заклепокъ. На чертежѣ (*O*) одна полоса раскоса соединяется въ нахлестку, а вторая—въ притыкъ съ перекрытіемъ стыка одиночной накладкой. На чертежѣ (*P*) 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 серединѣ вставкою изъ нѣсколькихъ прокладокъ (черт. 362). Для того, чтобы длинныя 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 помѣ-

пцають згзагомь 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., высотой 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), причемъ одна изъ полосъ 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 перѣдко 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), причемъ 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 сечения получается наибольшее значение момента инерции, что крайне существенно для сжатых частей фермы, в виду того, что допускаемый коэффициент прочного сопротивления находится в прямой зависимости от значения момента инерции.

На этом основании:

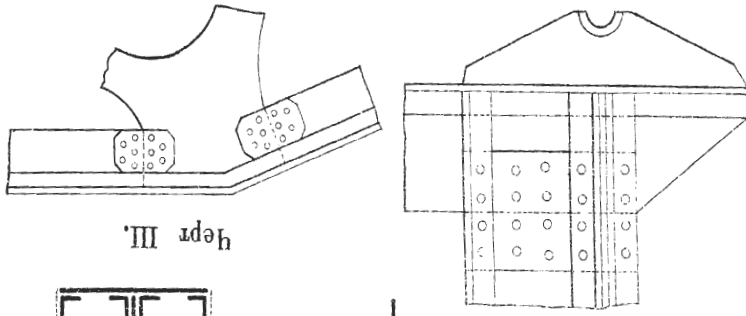
е) *Сечение двутавровое*, употребляемое в фермах с коробчатыми поясами, имѣетъ уже значительное преимущество. Оно бываетъ или изъ прокатнаго желѣза (черт. 382), или же составлено изъ вертикальнаго листа и уголковъ, обращенныхъ полками внутрь (черт. 382 и 370), или внаружу (черт. 383). Последний типъ и также сечение двутавровое изъ прокатнаго желѣза помѣщаются внутри коробчатого пояса: если же необходимо приклепать уголки стоекъ съ наружной стороны стѣнокъ коробчатого пояса, то применяется 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.

Большую часть достаточно бываетъ ограничиться двутавровымъ сечениемъ 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),

<sup>1)</sup> Показанная на чертежѣ 384 срезка ребра тавра въ концѣ раскоса съ наклепкой планки по представляетъ необходимости въ каждомъ данномъ случаѣ.

<sup>2)</sup> Чертежъ 385 изображаетъ разрѣзъ и боковой фасадъ стойки, состоящей изъ четырехъ уголковъ и рѣшетки. Полоса по срединѣ фасада представляетъ проекцію встрѣчаемаго плоскаго раскоса, который свободно проходитъ черезъ стѣнку въ одинъ 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. соотвѣтствуетъ толщинѣ вертикальной стѣнки коробчатого типа, состоящаго изъ двухъ полудюймовыхъ листовъ.



Черт. III.



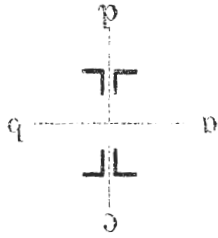
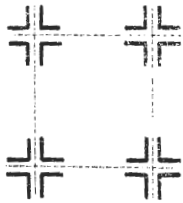
Черт. IV.



Черт. IV.



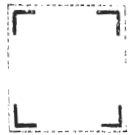
Черт. V.



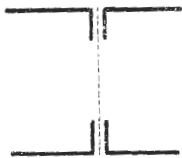
Черт. VI.



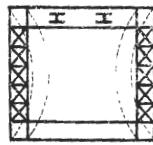
Черт. VII.



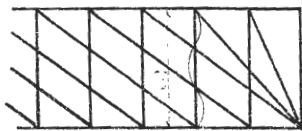
Черт. VIII.



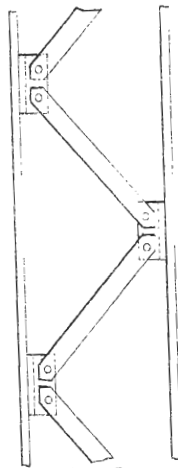
Черт. IX.



Черт. X.



Черт. XI.



Черт. XII.

3 x 3/8"

или на двѣ отдѣльныя (черт. 385). Последнее расположение 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 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 двуглаваго сѣченія имѣютъ тотъ недостатокъ, что представляютъ неодинаковые моменты инерціи сѣченія относительно двухъ осей, изъ которыхъ одна проведена чрезъ центр 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 ( $ab$ ). Кромѣ того, такъ какъ для сжатыхъ частей фермы приходится уменьшать коэффициентъ прочнаго сопротивленія по извѣстной формулѣ:

$$R_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I}}, \quad ^1)$$

то, въ виду неодинаковаго значенія  $I$ , необходимо брать въ расчетъ наименьшее значеніе. Чтобы отчасти уравновѣсить 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 ничто не препятствуетъ изогнуться ей по всей длинѣ и принять очертаніе, показанное пунктиромъ на чертежѣ ( $\Phi$ )

<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.

и, слѣдовательно, здѣсь за свободную длину слѣдуетъ считать полную длину  $L$ . 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 меньше по сравненію съ тѣмъ, еслибъ не было жесткаго соединенія раскосовъ со стойками, такъ какъ тогда:

$$R'_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I'}}; \text{ и } R''_m = \frac{R}{1 + \frac{k\omega L^2}{I''}}$$

Если случайно  $n^2 I' = I''$ , то стойка представляетъ одинаковое сопротивленіе 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 усиліе 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 овальныя отверстія, или круглыя, помѣщая стяжные болты значительно меньшаго діаметра. Чтобы сравнять, хотя отчасти, неодинаковые моменты инерціи, пользуются неравнобокими уголками, располагая широкія полки въ плоскости фермъ (черт.  $X$ ), но эти мѣры не особенно дѣйствительны; несравненно лучше стойки и раскосы:

ж) *трубчатого сѣченія* (черт.  $Ц$ ), 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 статьѣ «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 проходятъ внутрь стѣпки, 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 стѣпчій имѣется еще и-образное (черт. 386, или черт.  $IV$ ). Средняя стѣпка 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 стѣпкой оставляется промежутокъ, шириною равный толщинѣ раскоса: въ этотъ промежутокъ проходитъ раскосъ. На всемъ остальномъ протяженіи стойки или сжатаго раскоса промежутокъ заполняется прокладкой, которая не входитъ въ расчетъ рабочей площади. Если уголки обращены внутрь, плоскіе встрѣчные раскосы касаются стѣпки стойки съ наружной стороны.

Для опорныхъ стоекъ употребляются преимущественно типы (черт.  $VI$ ,  $VI^I$  или черт.  $VI^II$ ), 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.  $VI^I$ ), тогда ограничиваются четырьмя уголками, двумя поперечными вертикальными листами и уголкомъ жесткости, имѣя въ виду, что четыре уголка придутся противъ шарнира балансира (черт.  $VI^II$ ), для чего въ нижней части вертикальный листъ замѣняется болѣе широкимъ, соответствующимъ длинѣ всего балансира. Стыки перекрываются двойными накладками, подведенными подъ уголки (черт.  $VI^I$ ). Въ типѣ (черт.  $VI^II$ ) 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 сты-  
ковъ; прикрѣпле-  
ніе частей рѣшет-  
ки къ поясамъ;  
взаимное пересѣ-  
ченіе частей рѣ-  
шетки.

Перекрытіе стыковъ вертикальной стѣнки поясовъ дѣлается всегдъ помощью двухъ накладокъ (черт. 338). Если  $h$  — высота стѣнки,  $a$  — ширина полки пояснаго уголка,  $\delta$  — толщина стѣнки, то иско-  
мая 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 меньше  $\frac{3}{8}$  д.

Въ вышеприведенной формулѣ  $d$  — діаметръ заклепки,  $n$  — наи-  
большее 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 превос-  
ходить  $2\frac{1}{2}$  и въ крайнемъ случаѣ 4 діаметровъ. Заклепки размѣ-  
щаются 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 слу-  
житъ вмѣстѣ съ тѣмъ накладкой для прикрѣпленія раскосовъ; въ  
фермахъ же съ криволинейными поясами стыки помѣщаются по пе-  
обходимости въ узлахъ, служа одновременно и фасонной накладкой  
для прикрѣпленія частей рѣшетки. Въ криволинейныхъ поясахъ пе-  
рѣдко обрываютъ вертикальный листъ пояса вблизи узла, вставляя въ  
въ той же плоскости фасонный листъ и соединяють его съ верти-  
кальной стѣнкой пояса помощью двойныхъ накладокъ (черт. III).

Если вертикальная стѣнка пояса двойная, то стыки обоихъ ли-  
стовъ 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 повидимому даетъ недостаточное  
количество заклепокъ въ средней части; второе — излишнее количе-  
ство, и поэтому слѣдуетъ раздвинуть стыки на столько, чтобы въ  
средней части можно было размѣстить *полуторное* число заклепокъ  
противъ числа, помѣщаемого въ концевыхъ частяхъ накладки. При  
такоемъ размѣщеніи необходимое число перерѣзываваній заклепокъ въ

средней части *вдвое* болѣе числа перерѣзываній въ крайних частях накладки.

Стыки горизонтальных листов пояса перекрывают по необходимости *одиночной* и обыкновенно общей накладкой (черт. 338), располагая ихъ въ ступенчатомъ порядкѣ. Каждый стыкъ отодвигается отъ предыдущаго на разстояніе, позволяющее помѣстить все соответственное 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, соответственно числу листовъ, заключающихся между перекрываемымъ стыкомъ и накладкой. Такъ, на примѣръ, 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 заклепокъ 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. 3), 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 вертикальных листовъ, уголковъ и горизонтальных листовъ находились довольно близко одинъ возлѣ другихъ, что необходимо для удобства перевозки частей фермы и в) чтобы отдѣльныя однообразныя части были, по возможности, одинаковой длины. При

Перекр  
новъ, пр  
не част  
ки къ г  
взаимно  
ченіе ч  
шк

этомъ концевыя, а также и среднія части каждаго ряда листовъ будутъ отличаться отъ намѣченной нормальной длины, которая во всякомъ случаѣ выбирается такъ, чтобы вѣсь отдѣльной части не превосходилъ 25—27 пуд. (черт. 338, эпюра).

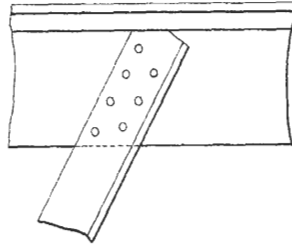
Если поясъ криволинейный и состоитъ при томъ изъ уголковъ (черт. 395), то стыки одной половины уголковъ помѣщаются въ одномъ узлѣ, а другой половины—въ другомъ; въ такомъ случаѣ фасонная накладка служитъ также для перекрытія стыка вертикальныхъ полокъ уголка, а стыки горизонтальныхъ полокъ перекрываются особыми планками (черт. 395 и 357). Во вѣсхъ остальныхъ случаяхъ стыки уголковъ перекрываются стыковыми уголками.

Плоскіе раскосы приклеиваются 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 соответствуетъ *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. Уголковые 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 заклепокъ. Въ указанномъ примѣрѣ стойка состоитъ изъ четырехъ связанныхъ рѣшеткой уголковъ, усиленныхъ вертикальнымъ листомъ такой ширины, какъ и двойная полка уголка (черт. *Л*). Если ширина добавочнаго листа значительно болѣе полокъ уголковъ, то заклепки помѣщаются не только въ линіи уголковъ, но и въ выступающей части добавочнаго листа (черт. 392). Въ томъ случаѣ, когда число заклепокъ, необходимое для прикрѣпленія уголкового раскоса, болѣе 4—5, тогда можно взять неравнбокій уголокъ, позволяющій помѣстить 8 или 10 заклепокъ (черт. *Б*), или заставить заклепки работать на двойное перерѣзываніе, приклепавъ въ концѣ короткій уголокъ (черт. *Б*), причемъ для взаимнаго соединенія выступающихъ полокъ уголковъ полезно наложить плоскую накладку (*н*);

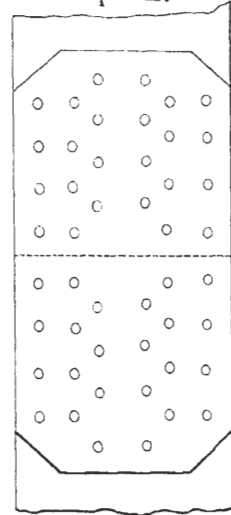
Черт. БІ.



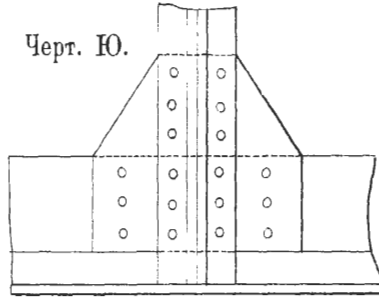
Черт. Б



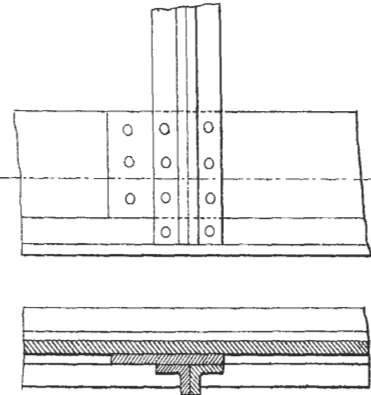
Черт. Б.



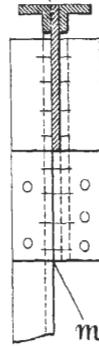
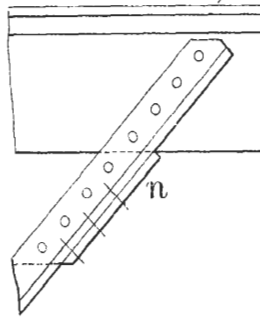
Черт. Ю.



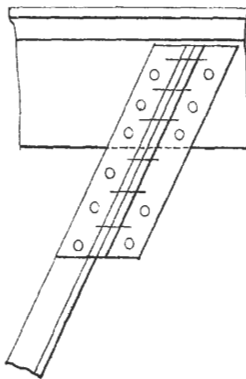
Черт. Ѳ.



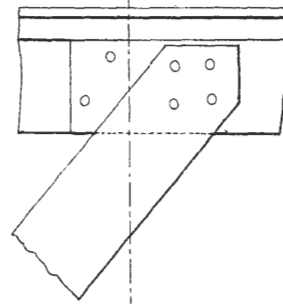
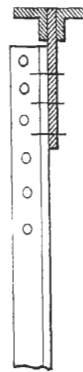
Черт. Б.



Черт. Э.



Черт. Я.



кромѣ того, соотвѣтственно толщинѣ вертикальнаго листа, необходимо еще помѣстить прокладку (*m*); заклепки рассчитываются въ данномъ случаѣ для запаса не на двойное, а на полуторное перерѣзываніе. Можно еще примѣнить приемъ, указанный на чертежѣ (*Ж*), помѣстивъ второй уголокъ рядомъ съ уголкомъ раскоса; но это расположеніе хуже, такъ какъ въ плоскости закрѣпленія раскосъ получить наибольшую ширину, что способствуетъ проявленію добавочныхъ напряженій. Этотъ приемъ, т. е. концевое уширеніе приходится часто примѣнять при соединеніи стойки съ вертикальнымъ листомъ пояса, а именно: когда по высотѣ пояса нельзя распределить все необходимое количество заклепокъ, тогда приклепывается фасонная прокладка, и непомѣщающееся 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*).

Угловые 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).

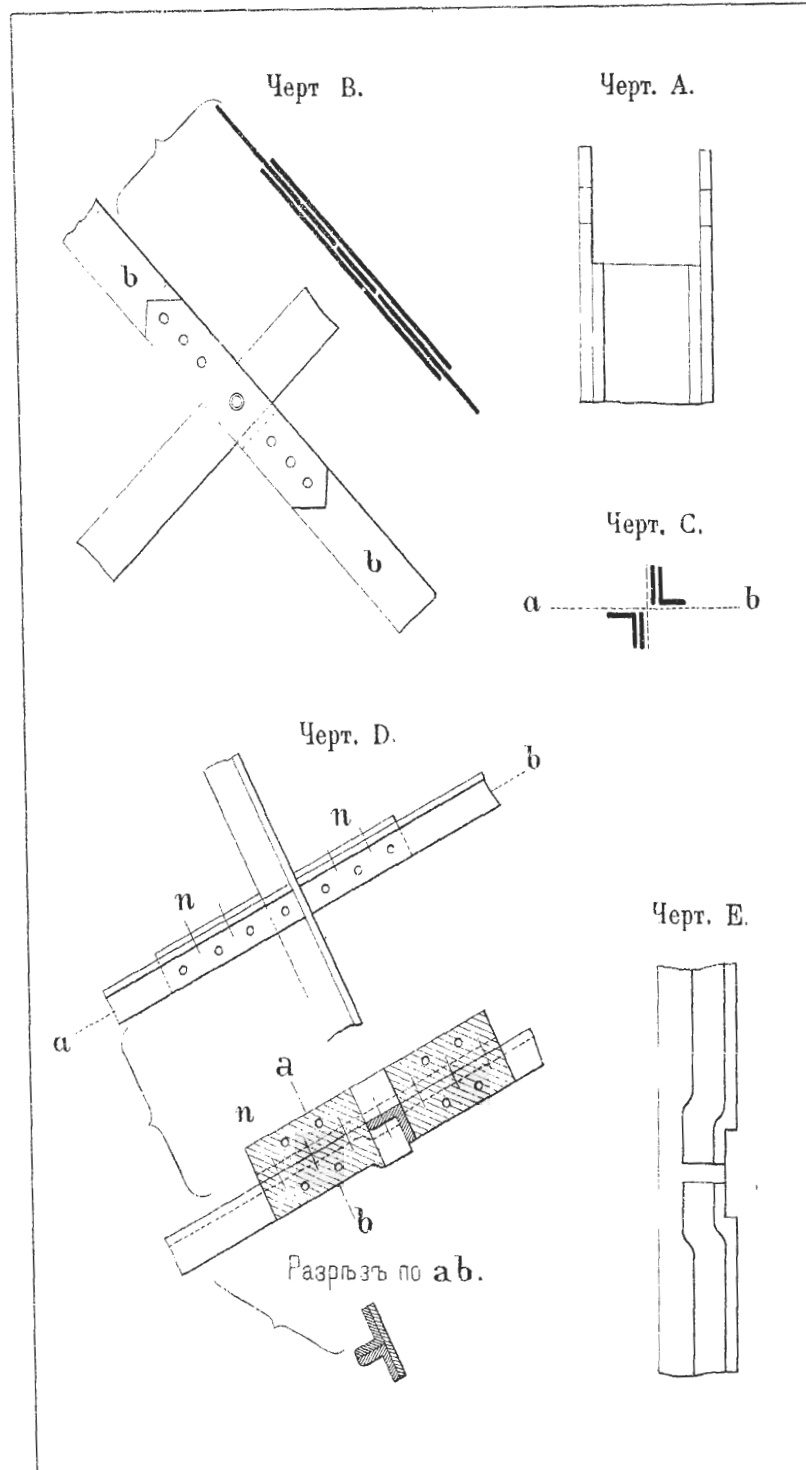
Въ фермахъ съ болтовыми соединеніями раскосы снабжены проушинами и надѣваются на шарнирный болтъ. Стойки, если онѣ имѣютъ сѣченіе, показанное на черт. (381), или подобное этому, надѣваются на болтъ такимъ же способомъ; для сего корытообразное желѣзо обрывается на нѣкоторомъ разстояніи отъ шарнира, такъ 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 уголкомъ 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 краинами, 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 встрѣтятся 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 встрѣчные раскосы находятся въ одной плоскости, тогда всѣ четыре раскоса перерѣзываются (черт. 400) и перекрываются съ двухъ сторонъ накладкой, общей для всѣхъ четырехъ вѣтвей. При подобномъ соединеніи нарушается независимость дѣйствія обоихъ раскосовъ; поэтому предпочтительнѣе сдѣлать соединеніе, показанное на чертежѣ (B); здѣсь—раскосъ (a) продолжается непрерывно (обыкновенно наиболѣе напряженный), встрѣчный (b) разрѣзывается и перекрывается съ двухъ сторонъ накладками; по серединѣ имѣется болтъ съ отверстіемъ, допускающимъ свободное движеніе.

При встрѣчѣ въ одной плоскости уголковъ раскосовъ (черт. 401) наиболѣе напряженный изъ нихъ проходитъ непрерывнымъ; встрѣчный перерѣзывается и нагибается на полки предъидущаго уголка; для возмѣщенія перерѣзанной площади уголка помѣщается накладка, на которую наклепываются оба встрѣчныхъ раскоса. Также поступаютъ и при встрѣчѣ уголка раскоса съ уголкомъ стойки, причемъ уголокъ стойки тянется, не прерываясь; уголокъ раскоса перерѣзывается, и обѣ части соединяются рыбообразной накладкой.

На черт. (403) показанъ типъ пересѣченія двухъ раскосовъ, примѣненный Герберомъ въ одномъ изъ Дунайскихъ мостовъ. Оба раскоса крестообразнаго сѣченія и состоятъ изъ двухъ накрестъ поставленныхъ уголковъ, усиленныхъ планкой (черт. C) и связанныхъ





рѣшеткой. Наибольше 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 вполнѣ 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.

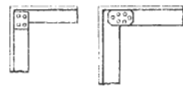
При встрѣчѣ стойки съ двумя системами раскосовъ обыкновенно оставляютъ непрерывною наибольше напряженную часть рѣшетки и во всякомъ случаѣ отдають предпочтеніе сжатой части, даже и тогда, когда она менѣе напряжена. Такъ, напримѣръ, на черт. (402) показанъ подобный случай: стойка состоитъ изъ четырехъ 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 непрерыванною, 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 сдѣлать стыкъ и этого раскоса. Общей стыковой накладкой служить особая четырехугольная планка, помѣщенная въ плоскости вертикальнаго листа пояса и называемая обыкновенно *звздой*; 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 помѣщаются съ паружной 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 подобный типъ соединенія, немного, впрочемъ, измѣненный: уголки стойки, прилепанные съ внутренней стороны стѣнки пояса, продолжаютъ не прерываясь; верхняя часть обѣихъ системъ раскосовъ прилепана съ внутренней стороны, а нижняя часть тѣхъ же системъ—съ вѣшной стороны; перекрытіе стыка сдѣлано помощью звѣзды, помѣщенной въ плоскости вертикальнаго листа пояса.

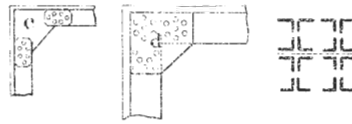
На черт. (405) показанъ типъ пересѣченія, гдѣ стойка только *частію* перерѣзана; одинъ изъ раскосовъ *цѣльный*, а другой раскосъ также *частію* перерѣзанъ. Обѣ системы раскосовъ тавроваго сѣченія изъ прокатнаго желѣза; стойка тавроваго сѣченія, но составная: одна система раскосовъ прилепана съ внутренней стороны пояса, а стойки и другая система раскосовъ—съ наружной стороны, причемъ, однако, листъ стойки прилепанъ 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, прилепанный съ внутренней стороны пояса, тянется не прерываясь. Равнымъ образомъ *не* перерѣзаны *оба* листа стойки, а перерѣзаны только уголки стойки, наклепанные на полку тавроваго раскоса. Вертикальный листъ стойки (нормальный къ плоскости фермы) въ мѣстѣ пересѣченія со встрѣчнымъ раскосомъ имѣетъ небольшую выемку (черт. *E*), соответствующую широкой полкѣ тавроваго раскоса; это даетъ возможность пропустить безъ перерыва широкую полку раскоса, прилепаннаго 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; взаимныя стойки тавроваго или коробчатого сѣченія, соединеніе можетъ

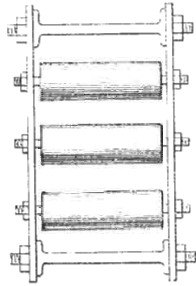
Черт. F.



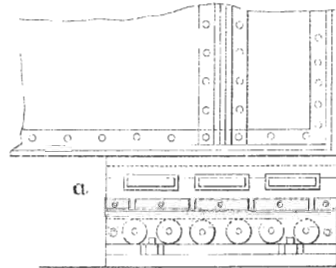
Черт. K.



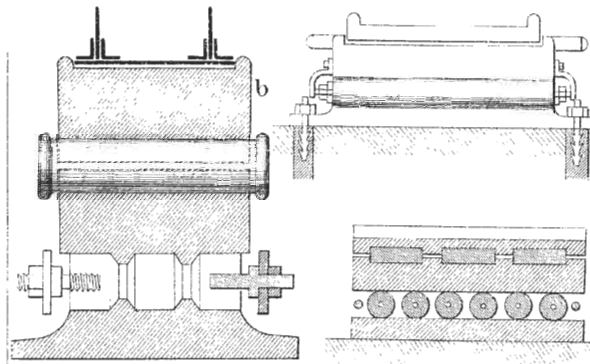
Черт. O.



Черт. M.



Черт. N.



быть сделано тройным путем: вертикальный лист пояса продолжается до конца фермы с перекрытием двумя накладками горизонтального стыка между вертикальным листом пояса и опорной стойкой (черт. *F, a*); вертикальный лист стойки продолжается до верха (черт. *F, b*), что в разрывных фермах рациональнее, так как пояс в первой панели мало напряжен, и потому безопаснее сделать стык в поясе, а не в стойке; вертикальные листы пояса и стойки обрываются на некотором расстоянии от узла, и в плоскости обоих листов вставляется прокладка, соединяемая парными накладками с вертикальным листом пояса стойки (черт. *F, c*); фасонная прокладка бывает необходима и потому, что ширина пояса обыкновенно оказывается недостаточной для прикрепления первого наиболее напряженного раскоса. Это соединение, впрочем, слабее второго. Поэтому наиболее рациональным представляется тип (черт. *F, d*), где стык между вертикальным листом пояса и стойки перекрыть двойной фасонной накладкой.

ное соедине-  
ние  
верхнего и ниж-  
него поясовъ въ  
фермахъ съ кри-  
волинейными по-  
ясами.

На черт. (408) показанъ въ деталяхъ типъ (черт. *F, c*). Въ плоскости вертикальных листов пояса и стойки вставлена фасонная прокладка; стыки перекрыты парными накладками; накладки верхнего пояса помещены между поясными уголками и уголкою жесткости; накладки же, перекрывающія стык листа въ стойке, подведены под уголки стойки, такъ что здѣсь оказалось необходимымъ нагибание уголковъ стойки на накладку; раскосъ приклепанъ въ нахлестку къ фасонной прокладке.

На черт. (409) показано прикрепление стойки въ неразрывной ферме. Пояс фермы таврового сечения: опорная стойка состоитъ изъ листа, четырехъ уголковъ и двухъ поперечныхъ вертикальных 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 неразрывной ферме, около середины опорныхъ стоекъ, вытянутые раскосы одного пролета составляютъ продолженіе сжатыхъ раскосовъ смежнаго пролета и обратно.

Способъ соединенія верхнего и нижнего поясовъ въ фермахъ съ криволинейными поясами находится въ зависимости отъ типа поясовъ. Такъ, напримѣръ, если оба пояса крестового сечения изъ четырехъ уголковъ (черт. 411), то соединеніе дѣлается помощью фасонной про-

кладки, зажатой между вертикальными полками уголков. Уголки верхняго пояса, не прерываясь, доходят 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. Кроме того приклепаны снаружи дополнительныя пары уголковъ, для лучшаго соединенія съ прокладкой, такъ что около подушки сѣченіе пояса состоитъ изъ 24 уголковъ. Въ предѣлахъ высоты прокладки, между внутренними уголками обѣихъ стѣнокъ помѣщены изогнутыя по кривой сплошныя листы, образующіе тройную діафрагму. Къ верхней части наружной дополнительной пары уголковъ приклепаны горизонтальныя короткіе уголки, на которые поставлена поперечная балка. Для прикрѣпленія горизонтальныхъ связей приклепаны съ наружной стороны, по срединѣ 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 опоры 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 скатаго 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 сдѣлать прорѣзъ для пропуска вертикальной стѣнки фасоннаго листа. Независимо отъ сего горизонтальный листъ фасонной вставки нагибается на известномъ 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 таврового сѣченія, причѣмъ 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—диафрагма, служащая для болѣе удобнаго прикрѣпленія сквозной поперечной балки.

*Опорныя подушки*, смотря по величинѣ пролета, устраиваются: а) скользящія: б) на каткахъ безъ балансира и в) на каткахъ съ балансиромъ.

Опорныя подушки.

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, имѣющей на нижней грани подушки, или помощью завершенныхъ 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 (канелюры). Для прикрѣпленія фермы къ подушкѣ неподвижной опоры, высверливается въ послѣдней не во всю толщину ея два или болѣе цилиндрическихъ отверстія, внутри которыхъ дѣлается винтовая нарезка. 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, причемъ вмѣсто боковыхъ закраинъ въ нижней подушкѣ сдѣланъ выступъ въ серединѣ съ соответственнымъ 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, причемъ боковому перемѣщенію препятствуютъ закраины, а продольному перемѣщенію — головки заклепокъ, входящая въ соответственныя углубленія въ подушкѣ; поднятіе фермы 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 балапсера. На черт. (M) показанъ одинъ изъ примѣровъ. Къ подферменному камню прикрѣплена заершенными болтами подушка (черт. M); на нее положено шесть чугунныхъ цилиндрическихъ катковъ, высверленныхъ внутри сквозь это отверстіе проходитъ желѣзный стержень, снабженный п концамъ винтовой нарѣзкой. Для сохраненія неизмѣннаго разстоянія между катками, на выступающія части стержня насажена общі планка; концы планокъ стянуты кромѣ того особыми стяжными болтами. На катки поставлена чугунная доска, прикрѣпленная къ подфермы. Если пролетъ довольно большой, то эта чугунная доска составляется изъ двухъ частей, изъ которыхъ верхняя прикрѣпляется къ поясу, а нижняя кладется на катки (черт. M); 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. Въмѣсто 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. (*M, a*) показанъ боковой фасадъ съ зонтомъ; на черт. (*M, б*)—поперечный фасадъ; на черт. (*M, 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 срезанные (послѣдніе въ настоящее время уже болѣе не употребляются), связанные одной общей рамой. На катки ставится нижній балансиръ съ ребордами, имѣющій вверху по срединѣ цилиндрическое углубленіе для приѣма шарнира. На шарниръ помѣщается верхній балансиръ съ ребордами, наглухо прикрѣпленный къ поясу фермы.

Катки и шарниры должны быть снабжены наружными ребордами; иногда вмѣстѣ съ сего, для уничтоженія возможности бокового перемѣщенія, дѣлаются закраины въ чугунной подушкѣ (черт. 415), или же въ каткахъ и въ шарнирѣ дѣлаются углубленія (черт. *N*) и соотвѣтственныя возвышенія въ нижней доскѣ и въ нижнемъ балансирѣ. Въ виду затруднительности обточки шарнира и катковъ съ ребордами, можно готовить 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. *N*) и ввинчивается желѣзный стержень, имѣющій мѣстное утолщеніе въ наружной части. На наружную часть стержня надѣвается общій 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 срезанными гранями, причемъ 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 клинцевъ, что имѣетъ существенное значеніе въ неразрѣзныхъ фермахъ.

---

## ГЛАВА XIII.

### Металлическія фермы съ горизонтальнымъ распоромъ.

Разсмотримъ сначала фермы съ распоромъ прямого направленія (подкосныя и арочныя), а затѣмъ фермы съ распоромъ обратнаго направленія (висячія).

Фермы подкоснаго типа не имѣютъ обширнаго примѣненія; онѣ устраиваются преимущественно изъ спятыхъ 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 целесообразны для устройства переходовъ чрезъ станціонныя пути и для виадуковъ надъ желѣзной дорогой, такъ какъ онѣ обезпечены отъ возможности загорания 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 известной 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 откосѣ вѣздовъ на виадукъ, приведены въ неизмѣняемый видъ системой діагоналей.

Подкосныя металлическія фермы. Различныя типы прогоновъ стоекъ и подкосовъ и взаимное ихъ соединеніе. Сопряженіе стоекъ съ каменной опорой. Перекрытіе стоекъ. Связи.

Вообще прогоны фермъ и стойки опоръ составляются изъ взаимно склепанныхъ двухъ рельсовъ, сложенныхъ головками или пятнами. Въ послѣднемъ случаѣ между обими 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 однопочныхъ рельсовъ. Сопряженія стоекъ съ прогономъ и подкоса

съ прогономъ и стойкой весьма разнообразны; такъ иногда въ мѣстѣ сопряженія снимають строганіемъ, пилой или сплюсцивають выступающую часть головки рельса вровень съ шейкой его и затѣмъ обжимають сrostь парными накладками съ необходимымъ числомъ заклепокъ (черт. 418). Сrostь 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.

Сопряженіе 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 рельсовыя накладки не годятся для этой цѣли, такъ какъ имѣють продолговатыя отверстія; на томъ же основаніи и существующія болтовыя отверстія въ шейкѣ рельса, какъ овальныя, также не удовлетворяють требованіямъ прочнаго стыка, въ которомъ стержень закладки долженъ вполне заполнять отверстие. 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 прилегають къ шейкѣ, причемъ 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. Сопряженіе 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 (чер. 423).

Разстояніе между фермами не превосходитъ 5 ф.; поверхъ прогона кладутся деревянные поперечные брусья, прикрѣпляемые къ прогону, какъ указано на чер. (417), т. е. скобой или болтомъ, или же помощью уголковъ и стяжныхъ болтовъ, если рельсъ обращенъ пятою вверхъ (чер. 423); на поперечинахъ располагается двойной досчатый настилъ.

Связи между стойками и фермами дѣлаются изъ уголковъ или тавровъ, приготовляемыхъ изъ рельсовъ сръзкою головки; связи приклепываютъ къ прокладкамъ (чер. 417), помѣщаемымъ въ промежуткѣ между пятами рельсовъ, или же непосредственно къ рельсу сбоку (чер. 421), сръзавъ предварительно выступающую часть головки.

Металлическія арочныя фермы приготовляются изъ чугуна, желѣза и стали.

Арочныя фермы.  
Три характерныхъ типа.

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 (чер. 428), б) приданіемъ аркѣ жесткаго сѣченія (рис. 24) и в) соединеніемъ арки съ прогономъ сплошной стѣнкой (чер. 441) или системой раскосовъ и стоекъ (чер. 12). Кромѣ того какъ арка, такъ и приспособленія, обеспечивающія жесткость ея, могутъ имѣть сплошную или сквозную стѣнку (рис. 22, 23 и 24 \*).

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, *цилиндрической круглой* трубы. Въ двухъ первыхъ типахъ имѣются каменные стѣнки, на которыя опираются чугунныя покрытія, состоящія при отверстіи до 0,50 саж. изъ цѣльныхъ отдѣльныхъ звеньевъ длиной 0,50 саж., снабженныхъ заплечиками и двумя

Чугунныя и желѣзныя трубы.  
Трубы изъ чугунныхъ сводовъ, опирающихся на каменные стѣнки.  
Цилиндрическія круглыя трубы; длина звеньевъ; реборды; перекрытіе стыковъ.  
Устройство основаній. Замѣна доп-

\*) Затѣмъ арка можетъ имѣть свѣсы (консоли), а также затяжку, принимающую на себя распоръ арки.

нущихъ звеньевъ. Железные цилиндрическія трубы.

или тремя поперечными ребордами, причемъ толщина стѣны около  $\frac{1}{2}$  д. (чер. 424); подобный типъ трубъ употребляется на Моршанско-Сызранской ж. д. Въ трубахъ этого типа стѣна состоитъ изъ двухъ половинокъ, соединенныхъ въ шовъ аркой и направляющимъ арки. На Туркменскомъ же шоссе употреблены трубы (чер. 425) отверстіемъ въ 5 ф. и 7 ф., толщина стѣны 1 д. Въ каждомъ звено кромѣ заплечиковъ въ латахъ имѣетъ еще продольный и поперечный фланецъ и рядъ поперечныхъ ребордовъ, толщина стѣны и высотой отъ 1,5 д. до 5 д. въ трубахъ—отъ 1 до 1,5 д. въ трубахъ отверстіемъ 7 ф. въ шовѣ стѣны употреблены насыпи отъ 1 до 6 сан. Толщина стѣны трубъ употребляется на каменную стѣну въ шовѣ стѣны отъ 1 до 1,5 д. и на стѣну на растворѣ, толщина стѣны отъ 1 до 1,5 д. Въ трубахъ употребляется особое вниманіе на возможно тщательную обработку стѣны каменныхъ стѣнокъ во избежаніе каждаго заплечикова звена, а также этими послѣдними помѣщаютъ свой заплата, войлока или просмолаиваютъ звенья на цементномъ растворѣ. При соединеніи стѣнокъ продольныхъ и поперечныхъ швовъ—въ промежуткѣ между стѣнками кладется смоленый войлокъ; внутренне стѣны стѣнкрываются слоемъ глины или бетона.

Цилиндрическія круглыя трубы дѣлаются отверстіемъ отъ 1 до 1,5 д., толщиной отъ 1 до 1,5 д., снабжены ребордами толщиной отъ 1 до 1,5 д. и высотой до 6 д., и расположенными въ шовѣ стѣны. Длина звеньевъ отъ 1 до 1,5 д., толщина стѣны отъ 1 до 1,5 д. бытъ комутомъ изъ поперечныхъ стѣнокъ, соединенныхъ въ шовъ изъ двухъ свинченыхъ половинокъ (чер. 426). Звенья соединяются съ промежуткомъ въ  $\frac{1}{2}$  д., забиваемымъ смоленой просмоленной стѣнкой; затѣмъ стыкъ перекрывается смоленнымъ войлокомъ, въ который надѣвается стыковый бандажъ (комутъ).

Въ виду того, что по чугунной трубѣ дождевая вода при сильномъ напорѣ полноымъ сѣченіемъ съ значительной скоростью, поэтому необходимо принять мѣры противъ того, чтобы вода не могла вымывать стѣнцы грунта насыпи сквозь случайно разошедшіяся стѣны и не дѣйствовать образованію вредныхъ пустотъ (кавернъ) въ стѣнѣ. Съ этою цѣлью помѣщаютъ непосредственно за ближайшими за стѣнкой ребордами (чер. 426) два бандажа, состоящіе также изъ двухъ половинокъ, причемъ однако обѣ половины не соприкасаются между собой въ образующійся такимъ образомъ просвѣтъ, проходящій между стѣнками

нущихъ звеньевъ. Желѣзные цилиндрическія трубы. или тремя поперечными ребордами, причемъ толщина покрытія около  $\frac{1}{2}$  д. (чер. 424); подобный типъ трубъ примѣненъ на Моршанско-Сызранской ж. д. Въ трубахъ второго типа сводъ состоитъ изъ двухъ половинъ, свинченныхъ въ ключѣ арки и по направляющимъ арки. На Тульскомъ шоссе имѣются такія трубы (чер. 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, толщиной въ  $1\frac{1}{2}$  и высотой отъ 1,5 д. до 5 д. въ трубахъ—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 помѣщаютъ 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., толщиной отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  д., снабжены ребордами толщиной  $1\frac{1}{2}$  д. и высотой 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 (чер. 426). Звенья укладываются съ промежуткомъ въ  $\frac{1}{2}$  д., забиваемымъ смоленой пеньковой плетенкой; затѣмъ стыкъ перекрывается смоленнымъ войлокомъ, на 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 (чер. 426) два бандажя, состоящіе также изъ двухъ половинъ, причемъ 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 (чер. 426). Подобнымъ устройствомъ соединенія—достигается плотность стыка, труба сохраняетъ гибкость и, составляя одно цѣлое, представляетъ 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 выпоса 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 задрѣанными въ бетонный массивъ. Если пѣтъ 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 вымощиваются 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 о стороны входнаго конца до середины длины горизонтально или же 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 попаданія въ трубу сѣна и другихъ предметовъ, способныхъ забить отверстіе 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, изслѣдовавъ 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 замѣнѣ звеньевъ, въ откосѣ насыпи устраивается колодезь, обдѣланный деревяннымъ срубомъ, и чрезъ этотъ колодезь (шахту) вынимается лопнувшее звено и спускается новое. Въмѣсто того, чтобы лопнувшее звено замѣнять цѣльнымъ новымъ съ устройствомъ штольни или шахты, инженеръ Н. Л. Бернацкій предложилъ новое звено составлять изъ трехъ отдѣльныхъ колецъ (чер. 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 лопнувшее звено и по частямъ вытаскиваютъ его. Одновременно съ этимъ, приготовивъ постель для нижняго отрѣзка (а), укладываютъ послѣдній на выступающую часть бандажа. Затѣмъ втаскиваютъ остальные отрѣзки (б) и (в) и сбалчиваютъ ихъ съ предыдущимъ. Собрать такимъ образомъ полное кольцо или  $\frac{1}{3}$  трубы, трамбуютъ 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 отрѣзковъ направлены по радіусамъ, въ третьемъ кольцо три нижніе отрѣзка остаются безъ измѣненія, — три же верхніе имѣютъ иное направленіе реборды, а именно одна изъ крайнихъ реборды сегмента (б) и обѣ реборды сегмента (в) взаимно параллельны, что сдѣлано съ тою цѣлю, чтобы послѣдній сегментъ (в) можно было вставить не сбоку, а снизу.

На черт. (427) изображенъ типъ чугунныхъ трубъ, встрѣчающійся на американскихъ желѣзныхъ дорогахъ. Труба свинчена изъ четырехъ сегментовъ; поперечныя 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 зотокъ. Діаметръ подобныхъ трубъ доходить до 12 ф.



На Закаспійской ж. д. примѣнены желѣзныя трубы діаметромъ 0,50 саж. изъ волнистаго оцинкованнаго желѣза, толщиною 1— $\frac{1}{2}$  мм. при высотѣ волны отъ 25 до 37 мм.

Первые чугуныя мосты состояли изъ нѣсколькихъ концентрическихъ дугъ, взаимно связанныхъ по направленію радіусовъ. Пэйпъ (1788 г.) первый пришелъ къ мысли подражать при устройствѣ чугуныхъ мостовъ каменнымъ мостамъ, т. е. составлять сводъ изъ свинченыхъ между собою коробокъ, играющихъ роль клиннвъ 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 чугуный сводъ (мостъ черезъ Екатерининскій каналъ въ С.-Петербургѣ, на продолженіи Средней Подъяческой улицы). Поверхъ чугунаго 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 лишняго матеріала; сдвоенныя стѣнки коробокъ составляютъ толщину уже излишнюю для сопротивленія; ширина и длина коробокъ не можетъ быть велика; наконецъ, передача усилія не вполне правильна, такъ какъ очень трудно отлить коробки съ гладкими поверхностями; если же дѣлать притески, то это вызоветъ лишній расходъ на работу. Въмсто коробокъ со сплошными стѣнками употреблялись иногда коробки со сквозными стѣнками и таковыя располагались не по всей ширинѣ моста, а на известномъ взаимномъ разстояніи въ видѣ отдѣльныхъ арокъ (реберъ) (Сендерлэндскій мостъ). Система эта была вытѣспена предложеніемъ Наша (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 падъ 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') падсводной части, а во второмъ случаѣ помощью подвѣсокъ (черт. 428).

Чугуныя 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 сопряженія съ фермами. Опорныя подушки.

*Собственно арка или дуга* состоятъ из сплошных 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 измѣреніямъ, третье же бываетъ въ предѣлахъ отъ 1 д. до 3 д., чтобы не было при отливкѣ пустотъ или раковинъ. Чѣмъ менѣе въ дугѣ косяковъ, тѣмъ больше ея устойчивость и тѣмъ менѣе 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 сверху, такъ и внизу, такъ что въ поперечномъ размѣрѣ косяки имѣютъ форму I, причемъ верхняя 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 болтовъ (рис. 23). По высотѣ концевыхъ закраинъ дѣлаются поперечныя приливы для того, чтобы закраины не отламывались (черт. 429); для правильности передачи давленія черезъ закраины слѣдовало бы остругать ихъ по всей площади, но для сбереженія расходовъ по срединѣ постели косяка или нѣсколько въ сторонѣ дѣлается углубленіе, а притеска дѣлается 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 черезъ 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 усилию. По этой причинѣ въ новѣйшихъ мостахъ связи уже не пропускаются между косяками. На черт. (430 и 431) показано соединеніе этихъ связей съ косяками, примѣненное на Николаевскомъ

мосту. Въ поперечныхъ связяхъ сдѣланы пазы, въ которые вставляются косяки; пазы эти шире, чѣмъ закраины, сдѣланныя по концамъ косяковъ; а для удержанія послѣднихъ забита плотно съ обѣихъ сторонъ заковка, и кромѣ того части соединяются еще болтами. Въ крайнихъ фермахъ заковка помѣщена только съ одной стороны. Въ поперечныхъ связяхъ сдѣлана выемка для сбереженія матеріала. Стыки поперечныхъ досокъ соединены въ промежуткѣ между ребрами зубомъ съ заковкою 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 чугуннымъ кожухомъ, образующимъ трубчатый косякъ.

При небольшихъ пролетахъ отъ одной до двухъ саженъ *часть надъ дугою* отливается вмѣстѣ съ аркою, такъ что здѣсь ребро снизу ограничено дугою круга, сверху же дѣлается 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 отливается 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, оставляемая въ дугѣ. При такомъ расположеніи надсводная часть составляетъ съ дугою нераздѣльное цѣлое.

Въ Карусельскомъ мосту въ Парижѣ надсводная часть состоитъ изъ отдѣльныхъ колець, поддерживающихъ въ то же время и двойные деревянные прогоны мостового полотна.

*Поперечныя связи.* Ребра арки ставятся на взаимномъ разстояніи около 5 или 6 футъ, 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, причѣмъ оно должно быть таково, чтобы косяки не могли получить бокового

изгиба. Какъ уже упомянуто выше, — неудобно пропускать эти связи черезъ всё фермы, поэтому предпочтительнѣе дѣлать связи независимыми отъ соединенія косяковъ. Распорки 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).

Диагональныя связи располагаются по поверхности, ограничивающей верхнюю часть дуги. Связи дѣлаются отдѣльными для каждой пары фермъ. Въ косякѣ, куда упираются диагональныя связи, должны быть приливы, къ которымъ связи прикрѣпляются болтами (черт. 433).

Въ пересѣченіи диагональныхъ связей образуется крестъ, который отливается цѣльнымъ и прикрѣпляется къ косякамъ въ четырехъ мѣстахъ (черт. 433).

Поперечныя связи надсводной части состоятъ изъ цилиндрическихъ распорокъ, въ срединѣ 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 принадлежать къ типу арокъ съ задѣланными пятами. Существуетъ немного примѣровъ, гдѣ примѣнены шарниры не только въ пятахъ, но и въ ключѣ (мостъ Радецкаго въ Лайбахѣ).

Краткое описаніе  
Николаевского  
моста.

Приведемъ краткое описаніе Николаевского черезъ 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 стѣпкой (черт. 435). Пролеты неодинаковой величины и въ послѣдовательномъ порядкѣ отъ береговъ къ срединѣ 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 цѣлю, чтобы при сохраненіи пять арокъ

на одномъ горизонтѣ и при однообразной почти кривизнѣ—получить продольный скатъ полотна въ обѣ стороны. Средняя арка описана радиусомъ 219 ф., а крайняя—радиусомъ 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 диагональными 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 сплошнаго двутавроваго сѣченія; толщина стѣпки 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 отверстиями, и, кромѣ того, два углубленія (чер. 436). Соответственно сему нижняя полка сквозной надсводной части (чер. 437) имѣетъ также приливы и шпунты; сквозь болтовые отверстія въ приливахъ проходятъ стяжные болты, шпунты же входятъ въ соответственныя углубленія арки. Смежные косяки соединяются не непосредственно; между ними въ стыкѣ проходить во всю ширину моста поперечная связь, изображенная на чер. (430, 431 и 433); деталь соединенія показана на чер. (435): 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 свивчиваніе. Разстояніе между утолщеніями на доскѣ нѣсколько болѣе ширины флянца косяка, и въ образовавшійся промежутокъ загоняется сверху клинъ (*и*).


Пяты арокъ упираются на чугунную пятовую доску (чер. 434) съ мѣстными утолщеніями и заклинками.

фермы съ тремя шарнирами, особенно въ виду неизбежных 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. Для желѣзнодорожныхъ мостовъ 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 арокъ, 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 коробчатаго; нижній же криволинейный поясъ встрѣчается преимущественно двутавроваго сѣченія (черт. 443, 444) со сплошной или сквозной стѣнкой или же изъ двухъ прокатныхъ балокъ типа **Е** (черт. 445), крестоваго, коробчатаго (черт. 446), трубчатаго прямоугольнаго или кругллага сѣченія (черт. 447) и въ послѣднемъ случаѣ изъ склепанныхъ квадрантовъ 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 **Е**; 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 находится на стойку. Прикрѣпленіе раскосовъ и стоекъ къ двутавровому поясу дѣлается весьма разнообразно. Наиболѣе простой способъ состоитъ въ томъ,

что къ горизонтальному листу приклепываются два коротких 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 приемы: а) вблизи угла вертикальный листъ прерывается и замѣняется фасонной вставкой (черт. 443'), причемъ стыки перекрываются двойной накладкой; б) раскосы и стойки дѣлаются двутаврового 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 двутавровое 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 квадрантовъ (черт. 447).

Связи въ плоскости верхняго прогона и арки приклепываются къ горизонтальнымъ листамъ пояса или же по срединѣ 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 усилий 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 па (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—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 другъ 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 верхнему и нижнему криволинейному поясамъ арки. Горизонтальныя связи состоятъ изъ жесткихъ распорокъ и діагоналей, 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, чрезъ шарниръ. На черт. 449, 449' и 449'' показано одно изъ такихъ приспособленій. Въ стальномъ шарнирѣ сдѣлано цилиндрическое углубленіе съ винтовою нарезкою; 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 надѣтые предварительно на стержень два желѣзныхъ пустотѣлыхъ цилиндра съ двумя вѣтвями (на подобіе дверныхъ петлей), къ которымъ приклепываются діагонали верхнихъ и нижнихъ связей \*).

\*) Другое приспособленіе сосогнитъ въ томъ, что по обѣ стороны шарнира къ обѣимъ половинамъ арки приклепываются короткіе горизонтальныя



*Опорныя подушки* арокъ съ задѣланными 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 и стиранія, изнашиванія стѣнки арки. Для обезпеченія передачи давленія отъ арки на всю длину шарнира, стѣнка арки двутавроваго сѣченія утолщается вблизи пяти цѣлымъ рядомъ листовъ, расположенныхъ уступами; при значительной толщинѣ скеленки, заклепки замѣняются болтами (черт. 451). На черт. (458') показанъ другой типъ подушки (Александровскій (Литсейный) мостъ). На нижнюю доску опирается помощью клиньевъ подушка, на 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 вставляются 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, дншцемъ 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 пята 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) за-

---

уголки, между которыми зажимается общій сплошной горизонтальный листъ съ соответственнымъ вырѣзомъ для шарнира. Къ этому листу, не препятствующему незначительному измѣненію вида арки,—приклепываются связи.

жимается кольцо из 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 черезъ 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 черезъ 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  $\frac{1}{30}$ , 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 размѣры 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. Шпунтовыя сваи со стороны рѣки забиты до глубины 3 саж. ниже основанія и сръзаны на 1,50 саж. ниже ординара. Около устоевъ сдѣлана каменная отсыпь, покрывающая головы шпунтовыхъ свай. Устои сложены изъ бѣтовой кладки на цементѣ, 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, при чемъ 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 соответственно: 4,15 саж., 3,25 саж. Всѣ быки снабжены ледорѣзами съ полуторнымъ 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., причемъ 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, двутаврового 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. Кромѣ того въ промежуткѣ между двумя узлами приклепано для жесткости два тавра. На томъ же черт. (456) показано перекрытiе стыка уголка и стыковъ горизонтальныхъ листовъ. Стойки крестового сѣченія, составленнаго изъ четырехъ уголковъ:  $3 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. и  $3 \times 3 \times \frac{1}{2}$  д. Раскосы состоятъ изъ двухъ прокатныхъ балокъ сѣченія ] [ , размѣровъ:  $6 \times 3 \times \frac{3}{8}$  д. и  $6 \times 3 \times \frac{1}{2}$  д. Верхнiе прогоны (черт. 457) двутаврового сѣченія, высотой 20 д. съ верхнимъ поясомъ изъ двухъ уголковъ и листа шириною 12 д.; нижнiй же поясъ состоитъ только изъ двухъ уголковъ, расположенныхъ притомъ между стойками фермы, и слѣд. прогонъ въ дѣйствительности—тавовый, такъ какъ нижнiе 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 избѣжанiе нагибанiя уголковъ стоекъ на уголки фасонныхъ плапокъ, вездѣ подъ уголками проложены прокладки, вслѣдствiе 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 мостового полотна состоитъ изъ желобчатаго желѣза  (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 разстоянiя между двумя фермами;—это приспособленiе дало возможность дѣйствiе сосредоточеннаго груза передать на нѣсколько смежныхъ поперечинъ. Промежутки заполнены бетономъ и асфальтовой смазкой, поверхъ которой

расположенъ слой песку въ 0,06, саж. и мостовая толщиной 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 на слой песку. На черт. (458) показано расположение 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 высоту 4 ф. привинчены къ выступающимъ концамъ поперечныхъ балокъ; оконечности поперечины 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 крошштейна. На эти крошштейны поставлена колонка периль и привинчена болтомъ (на черт. видѣнъ только одинъ болтъ). Къ верхней части крошштейна 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 на черт. (458').

Разводная часть съ полотномъ шириною въ 11 саж. расположена на восьми фермахъ раскосной 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 по концамъ фермы, т. е. одна на устоя, 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 свя-

заны общимъ барабаномъ (*a*) (черт. 459) изъ котельнаго желѣза, діаметромъ 72 ф. Кругъ катанія состоитъ изъ чугуныхъ рельсовъ (*b*), укрѣпленныхъ на площадкѣ устоя; верхняя поверхность рельсовъ остругана и имѣетъ уклонъ въ  $\frac{1}{21}$ . На этомъ кругѣ расположены 72 коническихъ катка (*c*) діаметромъ 21 д., цапфы коихъ покоятся въ чугунной кольцеобразной рамѣ (*v*), соединенной 12 радиальными балками (*d*) съ кольцомъ (*e*), насаженнымъ свободно на основаніе пяты (*ж*); наконецъ на катки опирается барабанъ (*a*) помощью чугунаго 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 (*v*) и связанное съ нею кольцо (*d*). Вращеніе барабана, а слѣд. и фермъ, достигается слѣдующимъ образомъ: къ площадкѣ устоя прикрѣплена чугунная кремальерка (*z*) (зубчатая полоса), расположенная по полукружности; къ барабану привинченъ чугунный кронштейнъ (*и*), поддерживающій вертикальную ось вращенія (*i*), на нижній конецъ которой насажено зубчатое колесо (*к*), зацѣпляющееся на 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, помощью которыхъ приводится во вращательное движеніе ось колеса (*м*); равнымъ образомъ не показано полное число катковъ (*c*), поставленныхъ почти вплотную, а также не показаны связи между радиальными балками (*d*) 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 (*a*); послѣдній вращается около оси (*o*).

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. Опорами короткаго конца служатъ домкраты ( $n$ ) (черт. 450 и 460), состоящія изъ чугунной станины ( $n$ ) (черт. 460), съ винтомъ ( $p$ ), приводимымъ во вращательное движеніе колесомъ ( $e$ ), образующимъ подвижную гайку винта. Колесо ( $e$ ) приводится во вращеніе безконечнымъ винтомъ ( $m$ ), связаннымъ системой зубчатыхъ колесъ съ рукояткой, вращаемой рабочими. Колесо (гайка) ( $e$ ), вращаясь въ ту или другую сторону, выдвигаетъ или опускаетъ винтъ ( $p$ ), представляющій опору фермы.

Длинный конецъ каждой изъ фермъ подпирается особаго рода домкратами, расположенными по прямой линіи 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 фермъ свободно удлиняться при измѣненіи температуры). Винтъ ( $z$ ) приводится въ движеніе колѣнчатой осью ( $w$ ) (черт. 461) при помощи коническаго 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.

Стоимостью моста 5.100.000 руб. Мостъ начался постройкой въ Маѣ 1874 года и открытъ для движенія 30 Августа 1879 г. Соста-

Бразкое описаніе Опорскаго моста.

вителиемъ проекта и строителемъ моста былъ инженеръ А. Е. Струве. На черт. (462) изображенъ общій видъ арочнаго моста черезъ р. Дуэро близъ Опорто. Величина пролета арки — 160 метр.; возвышеніе вершины ключа арки надъ линією пята: 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 моста 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 каменномъ устоѣ арки, а на остальныхъ опорахъ ферма опирается свободно. Надъ пятью средними панелями арки перекинута неразрѣзная ферма длиною 52,5 метр., опирающаяся на шести поперечныхъ трубчатыхъ сѣченій (черт. 463), связывающихъ обѣ арки. Остальная затѣмъ часть перекрыта третьей неразрѣзной фермой о четырехъ пролетахъ, изъ которыхъ два по 28,75 метр. приходится надъ аркой, а остальные два—на правомъ берегу, общюю длиною въ 37,375 + 36,625 метр. Такимъ образомъ верхній прогонъ опирается на арку—въ восьми точкахъ.

Расстояніе 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 коробчатаго сѣченія и состоятъ изъ двухъ вертикальныхъ стѣнокъ  $600 \times 12$  мм., четырехъ уголковъ  $100 \times 110 \times 15$  мм. и изъ четырехъ горизонтальныхъ листовъ  $650 \times 12$  мм. Нижніе края вертикальныхъ листовъ окаймлены уголками  $120 \times 90 \times 10$  мм., связанными рѣшеткой изъ уголковъ. Стойки и раскосы двутавроваго сѣченія, изъ четырехъ уголковъ  $130 \times 90 \times 10$  мм., связанныхъ сплошнымъ листомъ или сквозной рѣшеткой.

Середины стоекъ и раскосовъ соединены общей связью изъ  $\blacksquare$  жельза, высотой 250 мм. Крайнія къ пятамъ панели имѣютъ сплошное заполненіе. Распорки связей трубчатого сѣченія, изъ четырехъ уголковъ  $80 \times 80 \times 8,5$  мм. и  $70 \times 70 \times 7$  мм., связанныхъ плоской рѣшеткой. Неразрѣзная ферма верхняго прогона сложной раскосной системы; поперечная балка приклепана къ стойкамъ (черт. 463); на



пей поставлено пять прокатных балок (по двѣ балки подъ рельсы), 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.

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 прутьевъ*, помощьюъ которыхъ *мостовое полотно* подвѣшено къ цѣпи. По виду и по роду дѣйствующихъ въ фермѣ усилій, висячая ферма представляетъ собою *обратную арочную* ферму.

Металлическія пролетныя части съ распоромъ обратнаго направленія или висячія фермы.

Такъ какъ въ этомъ типѣ фермы: а) матеріалъ (желѣзо, сталь) работаютъ *сообразно* своимъ лучшимъ свойствамъ (подвергаются вытягивающимъ усиліямъ); б) центр тяжести сооруженія расположенъ ниже точекъ привѣса (устойчивость фермы); в) сборка фермы 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 114 саж. (мостъ въ Питсбургѣ), а изъ числа проволочныхъ — 243,53 саж. (Бруклинскій мостъ въ Нью-Йоркѣ). Но съ дргой 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 при- мѣненія на желѣзныхъ дорогахъ \*).

\*) Первый мостъ, приспособленный къ пропуску желѣзнодорожныхъ поездовъ—это проволочно-канатный мостъ черезъ Ниагару (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

Если бы 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 (напр. вѣсъ мостового полотна), то, пренебрегая вѣсомъ цѣпи,—последняя расположилась бы по дугѣ параболы. Въ дѣйствительности же вѣсъ цѣпи имѣетъ опредѣленную величину, и поэтому при 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 мѣстахъ 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

---

придокъ 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 Шпирхомъ (1859—1860) чрезъ каналъ р. Дунай, около Вѣны (рис. 27 и чер. 497); величина пролета 39,19 саж. При осмотрѣ моста въ 1884 г., оказалось, что удерживающія цѣпи въ закрѣпкахъ коподцахъ подверглись значительной ржавчинѣ, стрѣла провѣса увеличилась, въ шарнирныхъ соединеніяхъ обнаружено разнашиваніе. въ виду чего признано было небезопаснымъ оставить мостъ неперестроеннымъ, и въ настоящее время онъ замѣненъ мостомъ съ фермами арочной системы.

Наконецъ третій мостъ, приспособленный къ желѣзнодорожному движенію—опять проволочный, а именно Бруклинскій въ Нью-Йоркѣ (1876—1885); средній пролетъ 243,53 саж. и два подпролета по 136,09 саж.; четыре каната діаметромъ 15,8 дюйма, состоятъ изъ 19 придокъ по 331 проволокъ, діаметромъ 4,3 мм. Цѣзда пропускаются безъ паровоза, а при помощи безконечной цѣпи и постоянной паровой машины, поставленной на одной изъ опоръ.

тѣ или другія приспособленія, съ цѣлью обезпеченія извѣстной жесткости.

По роду этихъ приспособленій слѣдуетъ отличить 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 отстоянціе 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-пересекающіеся раскосы (рис. 29) при сохраненіи цѣпи гибкою, или же цѣпь составляется изъ непрерывнаго жесткаго склепаннаго пояса съ такимъ же прогономъ, раскосами и стойками, имѣя шарнирныя 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 помещается под цѣпью, хотя есть нѣсколько примѣровъ съ обратнымъ расположеніемъ, причемъ 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 расстояние 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 слѣд. 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, причемъ для уменьшенія размѣровъ поперечины и ширины устоевъ, тротуары устраиваются иногда на 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 помѣщаются между цѣпями (черт. 467), или съ внѣшней стороны (черт. 468). На (черт. 469) изображенъ схематически фасадъ и поперечный разрѣзъ двухъяруснаго Шагарскаго моста (сложной системы), въ которомъ имѣются четыре каната, поддерживающіе попарно—поперечины верхняго (железно-дорожнаго) и нижняго (подъ обыкновенную дорогу) мостового полотна. Черт. 470 показываетъ въ общихъ чертахъ висячій мостъ, по которому проведенъ каналъ.

Цѣпи могутъ располагаться одна возлѣ другой, или одна надъ другой, какъ напр. въ Менѣйскомъ мосту (черт. 471), гдѣ четыре цѣпи размѣщены одна надъ другой, причемъ подвѣсныя прутья прикрѣплены поочередно къ той или другой парѣ цѣпей. Устройство цѣпей и прикрѣпленіе къ нимъ подвѣсокъ.

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 уширеніе 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 подвѣсныя прутья, поддерживающіе поперечныя балки, прикрѣпляются къ цѣпямъ въ соединеніяхъ связокъ. Для увеличенія же жесткости фѣрмы 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 павшичивается 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

\*) Въ существующихъ мостахъ крайній предѣлъ длины звеньевъ—18 футовъ, наиболѣе употребительная длина отъ 7 до 12 футовъ.

мость); въ послѣднемъ примѣрѣ пруть подвѣшенъ къ цѣпи при помощи подушки, опирающейся на звенья вблизи узла; для того, чтобы подушка не могла скользить, она снабжена вертикальными приливами, которые проходятъ въ промежуткахъ между звеньями и соприкасаются съ выступающими концами звеньевъ слѣдующей связки. На черт. (481) показано соединеніе, примененное въ Пантелеймоновскомъ мосту (построенномъ Треттеромъ въ 1824 г.). 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 съ отвѣтственныхъ звеньевъ помощью короткихъ связокъ съ двумя шарнирными болтами. Подвѣсные 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 крышкою, привинченною шурупами.

Для возможности подтягиванія цѣпи употребляютъ такъ называемый *уравнительный приборъ* (черт. 482). Между крайними звеньями цѣпи вмѣсто болта вгоняется заклинка, состоящая изъ двухъ полуцилиндровъ и нѣсколькихъ клиньевъ, обращенныхъ остриями въ разные стороны.

Устройство металлических 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 обручнаго 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 обоихъ случаяхъ концы стыкаемыхъ полосъ загибаются подъ угломъ  $180^\circ$  и приклепываются или привинчиваются къ желѣзной или чугунной коробкѣ. Последняя состоитъ обыкновенно

изъ двухъ половинокъ, свинчиваемыхъ болтами; къ той же коробкѣ прикрѣпляется и подвѣшенный пруть.

*Проволочные* канаты (кабели) состоятъ изъ параллельно сложенныхъ проволокъ толщиною отъ 3 до 5 милл. (черт. 486), стянутыхъ мѣстами обвязанными отоженными проволоками, навитыми въ нагрѣтомъ состояніи; или же проволоки въ канатѣ располагаются спирально около средней прямой прядки, причемъ каждая прядка въ отдѣльности состоитъ изъ спиральнаго тонкаго каната (черт. 487). Канатъ Бруклинскаго моста имѣетъ 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 и неудобно, употреблялись особые сжимы, которыми при обматываніи плотно сжимались отдѣльныя проволоки и прядки. Проволочный витой канатъ на 10% слабѣ каната съ параллельными прядками. Діаметръ 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 вытянута 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 пріемъ, примѣненный 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 полдюйма, 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 особыми стяжными болтами, и держится однимъ треніемъ. Помощью подобной же муфты можетъ быть надѣта подвѣска изъ круглаго желѣза, заканчивающаяся въ верхнемъ концѣ петлей (черт. 492). На черт. (493) изображено прикрѣпленіе канатной подвѣски къ проволочному канату и къ нижнему стремени. Два пучка проволокъ, изъ которыхъ свить канатъ, раздваиваются 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 отоженной проволокой. Верхняя подкова надвѣвается на вилку или сѣдло, въ которомъ сдѣлано по срединѣ углубленіе; на нижнюю подкову надвѣвается 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 стремениемъ показано на черт. (495). Здѣсь развиты концы каната входятъ въ коническое отверстіе, сдѣланное въ желѣзной толстой планкѣ; меньшій діаметръ не много болѣе діаметра каната, а большій—вдвое болѣе. Раздвинувъ концы проволокъ, вѣняють желѣзные коническіе стержни въ видѣ гвоздей до тѣхъ поръ пока не заполнится все пространство; сначала забиваютъ длинныя и толстыя гвозди, а затѣмъ болѣе короткіе и тонкіе; при этомъ какъ проволоки, такъ и гвозди смазываются льнянымъ масломъ. З.



тѣмъ 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.

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 закручивается гайкой; или болтъ, оканчиваясь вилкой съ винтовой наръзкой, обхватываетъ балку и поддерживаетъ ее помощью планки, прижимаемой гайкой; между вилкой и верхней гранью балки остается зазоръ, чтобы въ случаѣ надобности можно было ее подтянуть. Наконецъ къ болту подвѣшивается чугунная подушка (черт. 497) съ гнѣздами для парныхъ поперечинъ. Первое устройство имѣетъ ту невыгоду, что болтъ, проходя чрезъ отверстіе въ балкѣ, способствуетъ доступу сырости.

Сопряженіе подвѣсокъ съ поперечинами.

Прикрѣпленіе подвѣсокъ къ металлической поперечинѣ можетъ быть сдѣлано различнымъ образомъ. На черт. (497<sup>1</sup>) 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 верхнихъ и нижнихъ поясныхъ уголковъ, и снизу подвигивались гайкой. Или же можно приклепать къ стѣнкѣ поперечины двѣ планки и соединить ихъ съ подвѣской шарниромъ.

Въ большинствѣ Петербургскихъ цѣпныхъ мостовъ подвѣски поддерживаютъ не поперечину, а продольную, поставленную на ребро, желѣзную полосу, на которую ставятся деревянные поперечины (черт. 498). Въ Ніагарскомъ мосту подвѣсный пруть нижняго кабеля оканчивается стремнемъ, охватывающимъ подушку, на которой расположены парныя поперечины по обѣ стороны стремени.

При переходѣ чрезъ опоры цѣпи лежатъ на чугунныхъ коробкахъ (чер. 499), или на каткахъ (чер. 500). Первое расположеніе имѣетъ то неудобство, что въ виду значительнаго тренія происходитъ неодинаковая натянутость подвѣсной и удерживающей цѣпей,

Проведеніе цѣпей надъ опорами.

подвергающая 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 (чер. 501). Иногда цѣпь покоится на чугунной подушкѣ, способной передвигаться по каткамъ, помѣщеннымъ на доскѣ (чер. 502). Во всѣхъ этихъ случаяхъ часть цѣпи надъ опорой составляется изъ одного короткаго звена, изогнутаго по дугѣ, или изъ нѣсколькихъ мелкихъ звеньевъ (чер. 502). Въмѣсто тельжки употребляютъ иногда двойной секторъ (чер. 503), качающійся въ выемкѣ, сдѣланной въ чугунной доскѣ, или обѣ цѣпи прикрѣпляютъ къ стержню (чер. 504), вращающемуся около горизонтальной оси. Если для подвѣски полотна употреблено двѣ цѣпи, или даже двѣ пары цѣпей одна надъ другою, тогда на опору ставятся двѣ тельжки. Чер. (505) изображаетъ примѣръ подобнаго случая. На опору поставлена чугунная двухъярусная коробка, стѣнки которой снабжены ребордами и проемами; на днищѣ коробки помѣщенъ рядъ катковъ съ утолщеннымъ пояскомъ по серединѣ, 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. Чер. (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 чер. (507) показано нѣсколько типовъ проведенія удерживающей цѣпи чрезъ устой, причемъ примѣнены тѣ же приспособленія, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Проволочные канаты пропускаются чрезъ опоры на каткахъ (чер. 508) или прикрѣпляются къ качающемуся сектору помощью желѣзной обоймы и шарнира (чер. 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 (чер. 510), или еще въ промежуточномъ низкомъ бытѣ (чер. 511); въ послѣднемъ случаѣ цѣльная ферма замѣняется двумя полуфермами, но послѣднее расположеніе встрѣчается очень рѣдко. Устой

эти должны быть вообще такихъ размѣровъ, чтобы могли сопротивляться какъ вертикальному подпятію, такъ и горизонтальному сдвигу. Для увеличенія сопротивленія перемѣщенію по горизонтальному направленію, особенно если недостаточно одного тренія между кладкой и группомъ, 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 устояхъ въ массивѣ по прямому направленію (чер. 512), или цѣпь принимаетъ ломанное направленіе (чер. 513), или наконецъ она обгибаетъ устоями. Иногда удерживающія цѣпи взаимно соединяются (чер. 513), чѣмъ достигается одинаковость натянутости обѣихъ цѣпей. Измѣненіе направленія цѣпи дѣлается для уменьшенія длины устоя. При прямомъ и достаточно пологомъ направленіи удерживающей цѣпи основанія устоевъ устраиваются иногда отдѣльно отъ основанія вышнихъ опоръ, соединяясь по верху аркой; при этомъ каменную кладку располагаютъ такимъ образомъ, чтобы давленіе отъ закрѣпленныхъ цѣпей передавалось на этотъ сводъ (чер. 514). Если же цѣпь дѣлаетъ крутой перегибъ, тогда пользуются общей опорой (чер. 515 и чер. 516). Для проведенія цѣпи внутри массива устраиваютъ наклонный (чер. 517) или вертикальный колодезь, обтѣмляемый тесовой кладкой; наклонные колодези перекрываются сводомъ или плитами (съ напускомъ) (чер. 517). Въ случаѣ измененія направленія цѣпи ведутъ внутри устоя сводчатую кладку по разностѣствующей (чер. 515). Для каждой цѣпи устраиваются отдѣльные колодези, которые соединяются одной общей поперечной галлереей (чер. 517).

Собственно закрѣпленіе цѣпи состоитъ въ томъ, что въ нижней части вертикальнаго или наклоннаго колодезя помѣщается чугунная доска, опирающаяся на края колодезя, и сквозь эту доску пропускаются звенья удерживающей цѣпи, закладываемой чекой (чер. 515 и 517). Весьма остроумно закрѣпленіе (чер. 518), примененное въ Фрейбургскомъ мосту въ видѣ зубчатого зацѣпленія: въ скалѣ сдѣланъ колодезь глубиною 16 метровъ, сѣченіемъ  $1 \times 3$  метра; внутри колодезя сложена сводчатая кладка изъ трехъ ярусовъ съ каналомъ по оси; давленіе отъ чугунной доски передается сводами на скалу.

На чер. (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 усилію, то она отливается довольно высокою и съ ребордами. Клинья, играющіе роль чеки, позволяютъ регулировать натянутость цѣпи.

На чер. (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 (чер. 524) и къ ней прикрѣпляются проволоками; въ промежуткахъ между обоймами помѣщается рядъ клипьевъ. Въ Ніагарскомъ мосту соединеніе проволочнаго каната съ звеньями сдѣлано помощью продолговатой чугунной доски (чер. 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 клинь для регулированія. Въ Бруклинскомъ мосту проволока огибаетъ чугунную муфту (въ родѣ обоймы) (чер. 526); парныя 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 чер. (527), такимъ образомъ, что каждая изъ муфтъ нѣсколько передвинута относительно ниже лежащей; это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы получить (по высотѣ) только два ряда звеньевъ, соединяя два ряда въ одинъ помощью общаго шарнира.

Опоры.

Опоры, черезъ вершины которыхъ проходятъ цѣпи, по роду матеріала бываютъ каменныя (черт. 528), металлическія (черт. 529), а иногда и деревянныя. Каменныя опоры болѣе устойчивы, но занимаютъ много мѣста; металлическія легче, но качка при нихъ болѣе ощутительна, и поэтому онѣ употребляются только при малыхъ пролетахъ. Цѣпи помѣщаются или на отдѣльныхъ столбахъ, выведен-

ныхъ на общемъ основаніи, причѣмъ 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 изъ твердаго камня; но иногда дѣлають ихъ и кирпичными, прокладывая подѣ 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 цѣпы; 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 Пантелеймонскомъ мосту (черт. 530', 530''), или же онѣ устраиваются качающимися, опираясь на чугунную подушку помощью шипа (черт. 532). Опоры Пантелеймонскаго моста состоятъ изъ пяти чугунныхъ колоннъ, перекрытыхъ вверху общей балкой. Внешній диаметръ 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. Промежутокъ 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 замѣняютъ собою чеку.

Если размѣры колонны довольно значительны, то ее составляютъ изъ частей (косяковъ), толщиною около 1 д., соединяемыхъ помощью болтовъ, проходящихъ чрезъ флянцы. Иногда внутри колонны пропускають 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 чугунныя распорки, и въ вертикальныхъ радіальныхъ плоскостяхъ — желѣзныя тяжи. Стойка составляется изъ высотъ изъ нѣсколькихъ частей; каждая часть снабжена по концамъ круговымъ плоскимъ фланцемъ съ приливами; къ этимъ послѣднимъ прикрѣпляются чугунныя распорки и желѣзныя тяжи, другой конецъ которыхъ соединяется съ вертикальными ребрами 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 отверстия—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 и въ ключѣ—фермы соединяются помощью шарнира. Опоры трубчатого сѣченія состоятъ изъ 8 уголковъ, соединенныхъ въ верхней части рѣшеткой, а въ верхней и нижней—сплошнымъ листомъ. Для увеличенія устойчивости приклепаны къ двумъ боковымъ гралямъ 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, соответствующимъ выступу въ каткахъ. На балансирѣ, какъ въ подшипникѣ, покоится шарниръ, соединяющій фермы смежныхъ пролетовъ.

Мѣры, уменьшающія качку мостового полотна. Горизонтальная связь.

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 срединѣ, 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 Кіевского и Островскаго мо-

стовъ); прикрѣпленіе полотна къ особымъ наклоннымъ вантамъ, перекинутымъ черезъ опоры; соединеніе полотна съ вантами, прикрѣпленными къ устою ниже полотна; соединеніе цѣпи съ наклоннымъ 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 скелетнаго криволинейнаго и прямого пояса, соединенныхъ раскосами и стойками.

Для уменьшенія же качки по горизонтальному направленію принимаютъ между прочимъ слѣдующія мѣры: раздвигаютъ цѣпи на опорахъ шире, чѣмъ по серединѣ моста, такъ что подвѣсные прутья расположены не въ вертикальной, а по косої плоскости; или полотно прикрѣпляется вантами къ берегу (черт. 534); или же ребра полотна прикрѣпляются къ двумъ взаимно пересѣкающимся канатамъ, изогнутымъ по кривой 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.

Николаевскій мостъ \*) черезъ р. Днѣпръ имѣетъ четыре пролета по 440 фут. 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  $18\frac{2}{6}$  для размѣщенія цѣпей и тротуаровъ. На каждомъ изъ пяти быковъ сложено по двѣ кирпичныя опоры, соединенныя арками. На опоры поставлены коробки, черезъ которыя проведены цѣпи изъ желѣзныхъ звеньевъ съ одного пролета на другой. Ребра полотна состоятъ изъ шпренгельныхъ и рѣшетчатыхъ балокъ, привѣшенныхъ къ цѣпи желѣзными прутьями. Полотно досчатое изъ двухъ рядовъ досокъ. Для уменьшенія качки поперечины связаны съ раскосной фермой системы Гау.

Основаніемъ промежуточныхъ опоръ служитъ бетонный массивъ, заложенный прямо на грунтъ въ огражденномъ перемычками котло-

Краткое описаніе Николаевского висячаго моста въ Кіевѣ.

\*) Извлечено изъ Стр. Исх. Усова.

вапѣ; 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 четырехъ кантовыхъ свай, промежутки между которыми заполнены тщательно перемѣшанной смѣсью изъ глины, навоза и щебня. Ложе рѣки въ предѣлахъ моста укрѣплено фашинными тюфляками.

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 желѣзныя 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. Расстояніе между крайними точками цѣпи равно 424 футамъ, при стрѣлкѣ 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 серьга 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 завипченъ 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 чугунною 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 описание проезжей части моста относится къ прежнему устройству ея \*).

Въ виду значительной ширины моста поперечныя балки были однѣ—рѣшетчатыя (черт. 536), а другія—шпренгельныя (черт. 537).

Рѣшетчатая балка состояла изъ верхняго и нижняго поясовъ, роспертыхъ раскосами и стянутыхъ болтами; высота 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 подпорки, изъ которыхъ средняя выступаетъ болѣе крайнихъ. Этими подпорками брусъ опирался на желѣзные тажи, толщиной  $1\frac{1}{4}$  дюйма, концы которыхъ пропущены сквозь схватку продольной фермы и завинчены гайками. Половыя балки были прикрѣплены къ цѣпи посредствомъ желѣзныхъ стержней, которые пропущены сквозь брусья каждой балки и внизу завинчены гайками. Стержни, принадлежащіе внутреннимъ связкамъ 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 половина подъ нимъ. Ферма прикрѣплялась къ поперечинамъ двумя парами схватокъ, врубленныхъ въ раскосы и поперечины. Длина панели въ рѣшеткѣ равнялась удвоенному разстоянію между поперечинами, причемъ стяжные болты фермы пропущены сквозь поперечины. Такъ какъ поперечины 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 цѣпями.

Для образованія поперечнаго уклона полотна въ верхніе пояса поперечныхъ балокъ вѣзаны были продольные бруски, изъ коихъ средніе вѣзаны менѣе крайнихъ, такъ что верхнія грани ихъ расположены

\*) Въ 1899 г. деревянная проезжая часть замѣнена металлической съ поднятіемъ ея уровня, такъ что въ средней части пролетовъ она расположена выше цѣпей, при этомъ тротуары помѣщены между цѣпями, а не на вѣсу, какъ это было прежде.

по прямой съ подъемомъ къ серединѣ. Чтобы уменьшить боковую качку, на упомянутые бруски положены по направленію діагоналей доски, на которыхъ 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 брусками, нижніе концы которыхъ упирались въ нижніе пояса рѣшетчатыхъ поперечныхъ балокъ, а верхніе вѣзаны зубьями въ верхніе пояса тѣхъ же балокъ и притянуты къ нимъ болтами. Ширина тротуара 4 ф., съ настилкой изъ одного ряда 3 дюймовыхъ досокъ. На опорахъ тротуаръ поддерживался крошштейнами. Перила состояли изъ нижней и верхней обвязки съ деревянными стойками, промежутокъ между которыми заполненъ металлической рѣшеткой. Мостъ построенъ въ 1853 г.

Краткое описаніе  
моста черезъ рѣку  
Великую въ г.  
Островѣ.

Мостъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ пролетовъ, построенныхъ черезъ два рукава р. Великой; величина каждаго изъ пролетовъ  $43\frac{5}{7}$  саж. (черт. 538). Въ виду прямого направленія удерживающей цѣпи,—массивы, въ которыхъ закрѣплены цѣпи, заложены отдѣльно отъ основанія поддерживающихъ опоръ. Эти послѣднія выведены на общемъ основаніи, заложены 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  $10,5 \times 8$  фт., а въ вершинѣ  $8\frac{5}{12} \times 6\frac{3}{24}$  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 540). 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 по-

верхности коробки и подушек, соприкасающихся 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 толщиной  $2\frac{1}{2}$  д., настланнаго 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 пересѣченіе раскосовъ не встрѣчается на поперечинахъ, какъ это имѣетъ мѣсто въ Кіевскомъ мосту. Мостъ построенъ въ 1853 году.

## ГЛАВА 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 чугуны называются *бѣлыми*, *серыми* и *половинчатыми* (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 отлитой штуки; 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 какой цѣли помещаются въ закрытыя помѣщенія безъ доступа воздуха (горшки, муффели), перекладываются слоями песка и окиси желѣза (въ порошокъ) и подвергаются дѣйствию высокой температуры въ теченіи 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—2½ д., и поэтому въ мостовомъ дѣлѣ ковкій чугунъ почти не употребляется).

Въ нижеприведенной таблицѣ сгруппированы численныя значенія различныхъ коэффициентовъ, относящихся до чугуна.

Чугунъ получается изъ желѣзной руды, для каковой цѣли послѣдняя съ прибавленіемъ *флюссовъ* или плавней засыпается въ *доменную* печи, нижняя часть которыхъ предварительно загружена на  $\frac{1}{3}$  высоты всей печи коксомъ \*) или древеснымъ углемъ, и затѣмъ подвергается дѣйствию 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 футовъ 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 отдѣляется изъ руды желѣзо, которое затѣмъ насыщается углеродомъ и обращается въ чугунъ; кромѣ того образуются шлаки (кремнекислыя, легконоплывкія 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 песокъ; отлитый въ подобной формѣ чугунъ называется *свинкою*.

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.

---

\*) 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

Желѣзо содержитъ въ себѣ углерода пачиная отъ слѣдовъ до 0,30%. Въ зависимости отъ такого малаго содержанія углерода желѣзо тугоплавко, тягуче, куется, сваривается и не закаливается, между тѣмъ какъ чугуны при значительномъ сравнительно содержаніи углерода легкоплавко, хрупко, 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 тягучестью, вязкостью, легко обрабатывается въ холодномъ и горячемъ состояніи и поэтому преимущественно употребляется для мостовыхъ сооружений.

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 дѣйствію высокой температуры въ окисляющей атмосферѣ (желѣзные колосники).

Изслѣдованіе 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*. Естественноеложеніе желѣза *зернистое, кристаллическое* (октаэдръ, кубъ и табличное съ плоскими зернами), но дѣйствіемъ прокатки,ковки, растяженія и проч., *кристаллическое кубическое*ложеніе можетъ быть обращено въ *волокнистое, а табличное—въ пластинчатое*. Обратное, подъ вліяніемъ высокой температуры, волокнистое и пластинчатоеложеніе переходить 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 *кривая* и того же характера, какъ и въ твердомъ желѣзѣ; при волокнистомъ сложеніи фибры также длинныя, тонкія, но болѣе темнаго цвѣта съ свищовымъ отъскокомъ.

*Красноломкое желѣзо*—пепельно-сѣраго цвѣта съ слабымъ блескомъ; зернистость не ясна, преобладаетъ желтоватое сложеніе; въ случаѣ же волокнистаго сложенія — фибры крупныя, короткія, неровныя 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. Последовательно повторенная обработка улучшаетъ качество желѣза вмѣстѣ съ числомъ повторенныхъ обработокъ, но до извѣстнаго предѣла, послѣ котораго последующая обработка уже ухудшаетъ качество, т. е. желѣзо перегораетъ.

Временное сопротивленіе и предѣлъ упругости зависятъ какъ отъ способа обработки, такъ и отъ постороннихъ примѣсей. Углеродъ, а въ нѣкоторой степени и фосфоръ повышаютъ до извѣстнаго предѣла временное сопротивленіе и предѣлъ упругости, но понижаютъ вязкость.

Данныя о различныхъ сопротивленіяхъ помѣщены ниже въ таблицѣ.

*Желѣзо рѣдко получается непосредственно изъ желѣзнаго руды, 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 *кривымъ*; при плавкѣ же чугуна въ особыхъ отражательныхъ пудлинговыхъ печахъ, около 25 пуд. за разъ, получаемый пре-

дуктъ называется *пудлинговымъ* желѣзомъ. (Въ пудлинговыхъ печахъ топливо отдѣлено отъ желѣза, причемъ примѣненіе ископаемаго матеріала вполне безвредно, такъ какъ устранена возможность перехода сѣры къ металлу). Наконецъ, если расплавленный чугуны, 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 чугуны, путемъ сплавленія съ нимъ мало-углеродистаго 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 горнѣ, предварительно разогрѣтый, засыпаютъ древесный уголь и кладутъ свинки чугуна. При помощи искусственнаго дутья температура постепенно повышается, и чугуны начинаютъ плавиться; при этомъ чугуны постоянно перемѣшиваютъ ломомъ для того, чтобы вся расплавленная масса равномерно окислялась кислородомъ воздуха. По мѣрѣ выдѣленія углерода чугуны начинаютъ густѣть, такъ какъ температура печи ниже температуры плавленія желѣза, и получается губчатая масса, въ видѣ творога. 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 подъ лобовой (черт. 540) 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 подъ 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). *C*—топка, *B*—порогъ печи, *A*—рабочее помѣщеніе, гдѣ помѣщается чугуны, *F*—дымовая труба, *D*—окна для садки чугуна и перемѣшиванія; *E*—окно для подбрасыванія топлива.



Способъ *Бессемера* основанъ на выжиганіи изъ чугуна углерода, кремнія и другихъ примѣсей дѣйствіемъ струи воздуха, пропускаемой чрезъ расплавленный металлъ, причемъ получается чистое желѣзо и нѣкоторая часть закиси желѣза. Усиленный притокъ воздуха, способствующій между прочимъ горѣнію кремнія съ выдѣленіемъ значительнаго количества единицъ тепла, вызываетъ повыше-ніе температуры, что поддерживаетъ не только чугунъ, но и желѣзо въ жидкомъ состояніи. Для возстановленія желѣза изъ этой закиси и для введенія въ обезуглероженную массу нѣкотораго количества углерода (для сообщенія твердости) прибавляется къ расплавленной массѣ зеркальный чугунъ 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 воздуховодной машиной; на другой же цапфѣ насажено зубчатое колесо, зацѣпляющееся за кремальберку, а эта послѣдняя составляетъ продолженіе штока поршня, приводимаго въ движеніе гидравлическимъ двигателемъ.

Внутренность конвертора выложена огнеупорнымъ матеріаломъ; въ чугунномъ же днищѣ толщиной 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 фурмы 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 сказано выше, сообщается съ воздуховодной машиной.

Емкость конвертора соответствуетъ 5—10 тоннамъ металла.

Чугунъ, предназначенный для бессемерованія, плавится въ особыхъ вагранкахъ, откуда по желобамъ стекаетъ въ конверторъ, повернутый горизонтально, т. е. такъ, что верхнее его отверстіе, горло, становится въ уровнѣ цапфъ оси вращенія. Чугунъ занимаетъ около  $\frac{1}{10}$  объема конвертора, и при горизонтальномъ положеніи его, верхность чугуна ниже фурмы, такъ что вытеканіе чугуна невозможно.

Затѣмъ конверторы поворачиваютъ въ первоначальное положеніе, и въ то же время при помощи воздуховодныхъ машинъ начинаютъ дуть, при давленіи отъ 1,5 до 2,0 атмосферъ. Сначала появляется красноватое короткое пламя (признакъ горѣнія кремнія); затѣмъ — голубоватое, и, наконецъ, когда углеродъ горитъ, пламя становится бѣлымъ. Вся операція, продолжающаяся около 20 минутъ, сопровождается шумомъ и выбрасываніемъ изъ реторты искръ и крупныхъ капель выплесковъ шлака и металла. Когда углеродъ сгорѣлъ, пламя становится желтымъ и почти прозрачнымъ. Наблюденіе за ходомъ процесса ведется помощью спектроскопа. Предъ окончаніемъ операціи прибавляютъ расплавленный зеркальный чугунъ или раскаленный ферро-манганъ для восстановленія желѣза изъ закиси желѣза и для введенія нѣкотораго 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 чугунныя изложницы. Ковшъ діаметромъ и высотой около 4 футъ опоясанъ желѣзнымъ кольцомъ съ горизонтальными цапфами, что позволяетъ наклоненіе ковша. Кромѣ того онъ подвѣшенъ къ крану, вертикальная стойка котораго можетъ опускаться или подниматься (черт. 543<sup>и</sup>). Такимъ образомъ, вращая кранъ, удобно производить наполненіе металломъ изложницъ, разставленныхъ по окружности круга, открывая на нѣсколько секундъ клапанъ, сдѣланный въ днищѣ ковша.

Изложницы обыкновенно чугунныя, открытыя съ обоихъ концовъ, квадратнаго сѣченія съ закругленными ребрами и формы усѣченной пирамиды. Онѣ ставятся на чугунное днище, и основаніе обмазывается иногда снаружи глиной, чтобы предотвратить вытеканіе металла. Когда металлъ нѣсколько остынетъ, приподнимаютъ посредствомъ гидравлическаго 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 горячаго газа, получаемаго 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 помѣщеніемъ 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 паружнымъ воздухомъ или также съ дымовой трубой. Камеры заполнены рѣшетчатой кладкой изъ огнеупорнаго кирпича (черт. 543<sup>III</sup>).

Въ началѣ дѣйствія одна изъ газовыхъ камеръ приводится въ сообщеніе съ генераторомъ, а одна изъ воздушныхъ—съ паружнымъ воздухомъ; остальные же двѣ камеры—съ дымовой трубой. Тогда смѣсь притекающихъ газа и воздуха сжигается въ рабочемъ помѣщеніи, откуда продукты горѣнія проходятъ черезъ двѣ остальные камеры, нагревая при этомъ кирпичи этихъ послѣднихъ, и затѣмъ выходятъ черезъ 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 закиси 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, помѣщенные на длинной тельжкѣ, передвигаемой вдоль печи (черт. 543).

Наконецъ при *тигльномъ* способѣ вышеуказанные матеріалы кладутся въ графитовые и глиняные тигли, которые ставятся въ газовыя печи или въ горны. Стѣнки тигля къ низу 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—жельзо получается въ твердомъ или тѣстообразномъ состояніи и оно называется *сварочными*; если же жельзо получается въ жидкомъ видѣ, какъ напр. при бессемеровскомъ, мартеповскомъ и тигельномъ способахъ, тогда оно носитъ названіе *литого*.

Въ сварочномъ жельзѣ, не смотря на тщательную обработку подъ молотами, нельзя вполнѣ отдѣлить *шлаки* (кремлекислыя соединенія), которые въ литомъ жельзѣ почти не содержатся, такъ какъ они легко всплываютъ на поверхность и могутъ быть отдѣлены. Съ другой стороны, литое жельзо при дальнѣйшей его обработкѣ и при приготовленіи изъ него составныхъ частей местовой фермы требуетъ соблюденія многихъ предосторожностей, при каковыхъ условіяхъ металлъ этотъ и можетъ только считаться выше сварочнаго жельза.

*Сталь*. Удельный вѣсъ измѣняется отъ 7,6 до 7,8 въ обратной зависимости отъ содержанія углерода. Сложеніе мелкозернистое, свѣтло-сѣраго цвѣта съ матовымъ отблѣскомъ. 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%; количество вредныхъ примѣсей (сѣры, фосфора и мѣди) не должны превосходить 0,1%, а для хорошей стали не болѣе 0,05%.

Сталь куется, хотя труднѣе жельза 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%. Фосфоръ дѣлаетъ сталь — хладноломкой; сѣра и мѣдь—красноломкой. Содержаніе сѣры въ размѣрѣ 0,06—0,07% достаточно, чтобы сдѣлать сталь красноломкой. Сопротивленіе разрыву увеличивается выѣстѣ съ содержаніемъ углерода;

при 1%—сопротивленіе разрыву наибольшее, за этимъ предѣломъ оно уменьшается. Марганецъ вліяетъ такъ же, 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 %.	Временное сопротивленіе въ кил. на кв. мм.			Пределъ упругости въ кил. на кв. мм.			Удлиненіе при разрывѣ.		Эдлиненіе при предѣлѣ упругости.		Коэффициентъ упругости.		
		Высот.	шир.	Средн.	Высот.	шир.	Средн.	Высот.	шир.	Высот. и шир.	Средн.			
Чугунъ . . . . .	—	12,50	75,00	20,00	7,30	15,00	5,6			0,00075	0,0013	10.100	3.750	
Брусковое или круглое желѣзо.	—	40,00	35,00	35,00	14,00	14,00	10,00			0,0008	0,0007	20.000	7.500	
Листовое и проволоочное желѣзо . . . . .	—	35,00	30,00	—	14,00	14,00	10,00	0,18		0,0008	0,0008	17.500	6.562	
Желѣзная проволока . . . . .	—	65,00	—	—	24,00	—	—			0,0017	—	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	14,00	—	—	22,00	—	—			0,0012	—	18.371	—	
Литое желѣзо.	0,08	37,00	—	—	—	—	—	0,28		—	—	—	—	
Мягкая сталь . . . . .	—	54,00	—	—	24,00	—	—			0,0013	—	17.273	—	
Твердая сталь . . . . .	—	57,00	—	—	23,00	—	—			0,0012	—	20.746	—	
Сталь, проволока (Брусли, лентъ)	—	115,00	—	—	—	—	—			—	—	18.600	—	
Мягкая сталь закален. . . . .	—	87,84	—	—	74,10	—	—			0,0007	—	19.906	—	
Твердая сталь закален. . . . .	—	88,80	—	—	50,56	—	—			0,0020	—	19.199	—	

Приготовление  
плоского и угло-  
вого мостового  
железа и закле-  
покъ.

*Мостовое плоское железо.* Въ металлическихъ мостовыхъ фермахъ встрѣчаются сорта плоскаго желѣза преимущественно толщиною отъ  $\frac{3}{16}$  до  $\frac{6}{8}$  д., шириною отъ 3 до 60 д., при длинѣ отъ 5 до 35 ф.—причемъ вѣсъ 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*, пояснаго и раскоснаго.

Желѣзо этого типа получается путемъ прокатки опредѣленнаго сѣченія болванокъ (Bgame) 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 брусья должны быть приготовлены изъ сварочнаго желѣза, то составляютъ такъ называемый *пакетъ* (черт. 545), днище и покрывка котораго состоятъ изъ двухъ или трехъ рядовъ полосъ односварочнаго желѣза; средняя же часть его ( $\frac{2}{3}$  по вѣсу) заполняется мильбарсомъ \*). Иногда же пакетъ во всю высоту составляется изъ полосъ, ограничиваясь снизу и сверху широкими покрывками, 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 ножницами (черт. 547).

Пакетъ обвязывается нагрѣтымъ полосовымъ желѣзомъ, помѣщается въ сварочную печь (черт. 548), гдѣ нагрѣвается до бѣлокалильнаго жара, и затѣмъ изъ него отбывается или прокатывается болванка, т. е. брусья опредѣленныхъ размѣровъ. Если вѣсъ 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 находятся въ зависимости отъ размѣровъ даннаго мостового желѣза. Изъ двухъ

\*) Желѣзо, полученное прокаткою крицъ вслѣдъ за образованіемъ таковыхъ, безъ предварительнаго подогрѣва передъ прокаткой.

слѣдующихъ примѣровъ можно видѣть, на сколько вѣсъ пакета болѣе вѣса готоваго листа при одномъ или двухъ нагрѣвахъ. Такъ, для полосы, длиною 12 метр., шириною 400 мм. и толщиною 10 мм. при одиночномъ 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):

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 брусъ вновь нагрѣвается до краснокальянаго жара и затѣмъ подвергается прокаткѣ въ прокатномъ станѣ съ двумя горизонтальными валками (ерт. 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 требу-

мых 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; последнее потому, что трудность прокатыванія увеличивается съ пониженіемъ температуры, которое совершается тѣмъ быстрее, чѣмъ меньше толщина листа.

Болванку литого желѣза, предназначенную для выдѣлки мостового желѣза, большую частью, не подвергая проковкѣ, всю прокатываютъ въ листъ, между двумя валками, и затѣмъ изъ этого дѣльнаго длиннаго и широкаго листа вырываютъ уже листы требуемыхъ размѣровъ, отрезавъ предварительно такъ называемый избыточный конецъ, соответствующій верхней части болванки съ усадочной раковинной. Такая болванка предъ прокаткой вновь нагревается, 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 *F*—изображаетъ конвертеръ; *K*—кранъ съ ковшомъ; *m*—изложницы; *k*—кранъ, снимающій изложницы и приподнимающій болванки для опусканія въ ровъ, на днѣ котораго устроены ролики, по которымъ протаскивается болванка; *V*—кранъ, поднимающій болванки изъ рва и подводящій ихъ къ прокатному стану *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 полковъ. Дѣйствительно, уголки прокатываются такъ, что плоскость симметріи (т. е. плоскость, разделяющая уголъ между вѣтвями полокамъ) остается постоянно вертикальною; слѣдовательно, по мѣрѣ увеличенія ширины полковъ различныя части ихъ будутъ прокатываться при неодинаковыхъ скоростяхъ (неодинаковое разстояніе отъ оси вращенія), что составляетъ одну изъ главныхъ причинъ несовершенства выдѣлки.

Пакеты большую частью квадратнаго сѣченія и складываются изъ полосъ односварочнаго желѣза, причемъ не только верхнія и нижнія грани, но и боковыя перекрываются широкими, цѣльными полосами изъ лучшаго желѣза.



Болванка подвергается двумъ нагрѣвамъ; 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 отверстия.

Заклепки готовятся 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, чтобы головка заклепки была втопленной, и въ такомъ случаѣ она дѣлается конической формы (черт. 553).

Одно изъ самыхъ существенныхъ качествъ сварочнаго мостового желѣза—его однородность, что обнаруживается отчасти путемъ испытанія 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.

Требуемыя качества отъ мостового желѣза. Испытаніе желѣза.

*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., и 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<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, причемъ фосфоръ допускается лишь въ размѣрѣ 0,04<sup>o</sup>/<sub>o</sub>. 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 отмывается 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,—соответствующихъ прибыльному и нижнему концу, — отрѣзываются узкія полосы, которыя послѣ многократныхъ перегибовъ должны привести къ убѣжденію объ отсутствіи въ нихъ пленъ.

Качество сварочнаго и литого 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>o</sup>/<sub>o</sub>; для другихъ сортовъ сварочнаго желѣза при такой же длинѣ образца и шириною въ

30 мм. — не менше 10% вдоль прокатки и 2½% — поперек прокатки; для звѣзд же—по обоимъ направлѣніямъ сопротивленіе разрыву и удлиненіе должно быть такое, какъ для листового желѣза. Удлиненіе литого желѣза должно быть не менше 25%.

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 валка діаметромъ въ 25 мм. подъ слѣдующими углами между одной стороной и продолженіемъ другой:

	При пробѣ вдоль прокатки	При пробѣ поперекъ катанья
При толщинѣ листа отъ 20 мм. до 16 мм.	25°	15°
» » » » 15 » » 12 »	35°	15°
» » » » 11 » » 7 »	50°	20°

Угловое желѣзо подвергается тѣмъ же испытаніямъ, какъ и листовое вдоль прокатки, причемъ предварительно углонокъ разбивается 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 длиной 12 д. нагревается до вишневокраснаго цвѣта и охлаждается до 12° по Цельс., послѣ чего она должна ломаться, подвергаясь ковку такъ, чтобы внутреннія поверхности вѣтвей въ разстояніи отъ верхнихъ концовъ въ 1½ толщины листа взаимно отстояли на три толщины.

По тѣмъ же техническимъ условіямъ предъявляемое къ приемкѣ желѣзо подвергается осмотру, причемъ удаляются всѣ тѣ части, которые не удовлетворяютъ требованіямъ наружнаго осмотра. Отбракованная части разбиваются на партіи однороднаго сорта и количества, но не болѣе 500 шт., и изъ каждой партіи выбирается не менше 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 каждого рода испытаніе было произведено не менше, какъ надъ тремя образцами.

Если при испытаніи на разрывъ, на холодную кузнечную пробу (а для литого желѣза и на кузнечную пробу въ холодномъ состояніи) получатся неудовлетворительные результаты для двухъ образ-

цовъ,—то вся соотвѣтствующая партія бракуется; если же только одинъ образецъ при нѣкоторыхъ 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 приемкѣ 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. — Сгибаніе по данному шаблону. — Обрѣзка, отдѣлка кромокъ и граней. — Намѣтка заклепочныхъ 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 на три въ слабый растворъ соляной кислоты, затѣмъ очищаютъ ржавчину соломенными щетками, вновь погружаютъ его въ известковое молоко, потомъ въ кипящую воду и, накопецъ, покрываютъ слоемъ горячаго льняного масла.

Большую 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 загрузкѣ 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 перагрѣтый 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 тонки, 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 продавливанія отверстій листъ мѣстами выпучивается, и вторичное спрямленіе неизбежно.

Искривленіе листа въ плоскости широкой грани исправляютъ также ударами молотка, направляя удары отъ середины къ краямъ, чтобы избѣжать появленія неравномѣрныхъ натяженій. На чер. (555) показано пунктиромъ направленіе подобныхъ ударовъ.

Мѣстныя значительныя искривленія полокъ уголковъ уничтожаютъ сначала особаго рода щипцами (чер. 556); затѣмъ спрямляютъ уголокъ подъ винтовымъ прессомъ (чер. 557), вставляя между штемпелемъ прессы и уголкомъ соответственныя прокладки. Иногда для того же пропускаютъ уголокъ между валками (чер. 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 (чер. 559).

*Сгибаніе по данному шаблону.* Нерѣдко концы уголковъ, тавровъ и проч. требуется изогнуть по кривой или по ломанной линіи (чер. 560). Это дѣлаютъ большею частью отъ руки, нагрѣвъ предварительно уголокъ и наблюдая, чтобы сгибаніе производилось постепенно и чтобы приняты были соответственныя предосторожности противъ выпучиванія полокъ. Правильность сгибанія повѣряется шаблономъ. Мѣстный уступъ, осадка (Klobfen), въ концѣ уголка (чер. 560) производится отъ руки на наковальнѣ (чер. 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 жельза, то послѣ обрѣзки ножницами требуется снять напильникомъ слой, толщиной около 3 мм.

Подобнымъ же образомъ выкраиваются различныя фасонныя на-

кладки, звѣзды и проч.; образующіяся при этомъ зазубрины, заусеницы снимаются напильникомъ.

Уголки обрѣзываются ножницами такого устройства, что лезвее касается одновременно всего внутренняго периметра уголка (чер. 562).

Иногда для обрѣзки концовъ пользуются круглой пилой или шарошечнымъ станкомъ.

Если не имѣется подъ рукой соответственныхъ станковъ для обрѣзки листовъ и проч., — можно ограничиться ручными инструментами: плоскимъ и крестообразнымъ зубиломъ (крейцмесселемъ), кувалдами, молотками и напильниками (чер. 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 тонкихъ желѣзныхъ листахъ, окрашенныхъ известковымъ молокомъ, вычерчиваютъ стальнымъ остриемъ по правиламъ геометріи — контуръ извѣстной серіи листовъ, накладокъ и проч. въ настоящую ихъ величину. Затѣмъ изъ цинковаго или тонкаго желѣзнаго листа вырѣзывается шаблонъ, вполне точный съ вычерченной эпорой; на этомъ листѣ при помощи линейки, наугольника, циркуля (чер. 564) и стального острія (чер. 564'), руководствуясь чертежемъ, проводятъ прямыя линіи, точки пересѣченія коихъ соответствуютъ 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) (чер. 565) центры заклепочныхъ отверстій; послѣ чего обрѣзаютъ листъ по контуру и продавливаютъ или просверливаютъ заклепочныя отверстія даннаго діаметра.

Вотъ этотъ листъ и слѣдуетъ собственно дальнѣйшимъ шаблономъ, а именно, накладывая его на другіе листы, очерчиваютъ контуръ, вставляютъ въ заклепочныя отверстія центровый кернъ (чер. 566), который на оконечностяхъ втулки имѣетъ пояски, соответствующіе тому или другому диаметру, и намѣчаютъ имъ на листѣ центръ отверстія. Вслѣдъ за тѣмъ углубляютъ центръ болѣе крупнымъ или круговымъ керномъ (чер. 567). Эти углубленія служатъ для вставки сверла или пунсона.

Предполагая примѣнить сверленіе, полезно обвести остриемъ отверстіе (въ шаблонѣ) и на помѣченномъ такимъ путемъ очерченіи 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 п дерева отъ измѣненія температуры. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при употребленіи особыхъ автоматически дѣйствующихъ стапковъ, 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 (чер. 569) и такъ называемыми рейсмасами (Streichmass) (чер. 569 — 569<sup>III</sup> и чер. 570 — 570<sup>III</sup>). Первые относятся къ намѣткѣ на наружной сторонѣ, а вторые — на внутренней сторонѣ. Каждая серія уголковъ должна имѣть соответствующіе рейсмасы, которые большею частью такъ устроиваются, что при равнобокихъ уголкахъ ими намѣчается середина ширины внутренней стороны полки (чер. 571).

Если на широкой полкѣ неравнобокаго уголка должно быть два ряда отверстій (въ шахматномъ порядкѣ), то готовится двойной рейсмась (чер. 569<sup>I</sup> и 571<sup>I</sup>). При соединеніи же уголковъ, какъ показано на чер. 571<sup>II</sup>, рейсмасы должны соответствовать срединѣ внѣшней стороны полки.

Намѣтка на *внѣшней* сторонѣ дѣлается слѣдующимъ образомъ: прикладывая рейсмась къ уголку, передвигаютъ его вдоль полки (чер. 573) и въ то же время проводятъ непрерывную черту стальнымъ остриемъ, прижатымъ къ краю рейсмаса, или вставленнымъ въ углубленіе (чер. 569<sup>III</sup>). Затѣмъ циркулемъ намѣчаютъ заклепоч-

ской. На оси *A* посажена шестерня, зацепляющаяся за зубчатое колесо с осью вращения в *B*; на ту же ось *B* посажен эксцентрик *E*, находящийся в постоянном соприкосновении с выступом *G* неравноплечаго рычага *CG*, с осью вращения в *C*. На концѣ рычага имѣется шпенец *l*, на который надѣта серьга съ продольнымъ прорѣзомъ, соединенная наглухо со стержнемъ *i*, имеющимъ возможность перемѣщаться вертикально въ пазахъ *f* станины. Въ нижнюю часть стержня *i* вставляется стальной штампель *h*, удерживаемый нажимнымъ винтомъ и назначенный для продавливанія отверстій. Между верхнею частью стержня *i* и короткимъ плечомъ рычага *CG* можно вставлять вкладышъ *d* разнѣной толщины въ зависимости отъ толщины продавливаемыхъ листовъ. Диаметры зубора такъ рассчитаны, что, когда вкладышъ нѣтъ, конецъ рычага *CG*, нажимая непосредственно на верхнюю часть стержня *i*, на столько опускаетъ его внизъ, что штампель *h* — только что касается листа. Вставивъ же вкладышъ, толщиной равный толщине листа, штампель *h* продавить отверстие въ листъ *m*. Листъ, назначенный для продавливанія, кладется на особаго рода поставку. Эта поставка (черт. 579) изъ стальной кольцевой втулки *gg*, внутренняя поверхность которой (*R*) обдѣлана конусомъ, чтобы способствовать болѣе легкому проходу вылавки. Верхній диаметр втулки *gg* несколько болѣе диаметра продавливаемого отверстия, и тѣмъ болѣе, чѣмъ толще листъ (около  $\frac{1}{20}$  дюйма, на каждыя толщины листа). Верхняя поверхность втулки слегка закруглена, какъ для уменьшенія тренія такъ и для болѣе точной установки листа. Стальная трубка вставлена въ желѣзную обойму (*M*), вставленную въ свою очередь въ станину. Штампель конической формы (разница въ диаметрахъ около 1 мм. при высотѣ въ 20 мм.) чѣмъ устраняется зажиманіе его при прорѣзываніи листа; болѣеіи наклонъ вреденъ, тѣмъ болѣе вследствие значительной развертки для полученія цилиндрическаго отверстия (черт. 580); коническое остріе въ нижней части штампеля содѣйствуетъ болѣе правильной установкѣ его. Диаметр штампеля долженъ быть больше толщины листа, не менѣе какъ на 50%, иначе продавливаніе затруднительно. Для того, чтобы при обратномъ подъемѣ штампель листъ не могъ приподняться или сдвинуться, онъ прижимается съ бою, непрепятствующей, однако, горизонтальному перемѣщенію его по роликамъ.

Соответственная установка листа такъ, чтобы нагѣченное отверстие



приходилось против штемпеля — дѣлается на глазъ. Для большей увѣренности можно предъ каждымъ продавливаніемъ вынимать вкладышь; тогда стальной штифтъ только что касается листа. Въ минуту штемпель продавливаетъ до 15 отверстій; изнашиваніе его очень быстро; 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 (recoiler multiplex) (черт. 581), причемъ одновременно поднимаются штемпеля одного ряда. Послѣ каждого продавливанія листъ автоматически передвигается въ рамѣ *gg* на равныя величины  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  и т. д.

Къ недостаткамъ этого способа полученія 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 получаются 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 другой цѣлью, чтобъ снять разверткой поврежденный продавливаніемъ матеріалъ. Развертка дѣлается особаго рода сверлами, рейбалями, 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 (стѣпной, радіальный съ передвижнымъ 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 избежаніе эксцентричнаго сверленія. Последнее обстоятельство имѣетъ также мѣсто и при правильныхъ сверлахъ, если только матеріалъ на поверхности не однороденъ: сверло всегда выберетъ болѣе слабую часть и передвигаетъ листъ до тѣхъ поръ, пока не попадетъ на нее. Закрѣпленіе листа мало помогаетъ въ этомъ случаѣ; при достаточной игрѣ сверло принимаетъ косое положеніе и получается цилиндрическое наклонное отверстіе, 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, повидимому, слѣдуетъ отдать предпочтеніе послѣднимъ, хотя встрѣчается и противоположное этому мнѣніе. При продавливаніи не можетъ быть употреблено жесткое, дурнаго 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 фермы* производится въ мастерскихъ, которыя состоятъ болѣею 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 скленки 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 -- передвижныя въ поперечномъ и продольномъ направленіи сверлильныя станки, а нѣсколько выше -- тележка съ лебедкой для подъема и перемѣщенія тяжелыхъ частей фермы. Въ каждое изъ отдѣленій ведутъ особыя рельсовые пути. На черт. (585) изображены схематически планъ и поперечный разрѣзъ мастерской.

Предварительная сборка въ мастерскихъ. Склепка -- машинная и ручная.

Помость устраивается изъ ряда свай, перекрытыхъ насадками, на которыхъ расположены въ горизонтальной плоскости рельсы или брусья (черт. 586).

\*) Предварительная сборка фермы въ вертикальномъ положеніи прилагается рѣже.

Главные фермы собираются в опрокинутом положении в средней части мастерской, причем слѣдует наблюдать, чтобы внутренняя сторона ферм была обращена къверху—для удобства сверления отверстій, относящихся къ прикрѣпленію связей.

Прежде всего отмѣчают на помостѣ прямую продольную линию, по ней отмѣривают стальной рулеткой или линейкой весь длинноту отъ нея же откладывают ординаты.

Иногда взамѣнъ сего протягивают на нѣкоторомъ возвышеніи проволоку, закрѣпляютъ ее неподвижно, и помощью отвѣса проектируютъ на помостъ направленіе основной прямой линіи.

Начинаютъ сборку съ поясовъ, для чего раскладывают поперекъ горизонтальные листы, начиная съ нижняго листа и до середины пролета въ обѣ стороны. Сложивъ листы, ставятъ поперечные уголки, сжимаютъ струбцинками и хомутами (brides) и просверливаютъ отверстія. Затѣмъ поясъ разбираютъ, снимаютъ наклонными борозками и вновь собираютъ \*, пользуясь болтами или шурупами: послѣ чего опрокидываютъ поясъ, поддерживая его деревянными подушками и вставляютъ вертикальные листы. Каждый листъ, прижимается къ горизонтальному поясу железными треугольниками связями (черт. 592); наклонные же стѣнки вертикальных листовъ закрѣпляютъ подушками и хомутами (черт. 593).

Въ собранномъ такъимъ образомъ поясѣ сверлятъ отверстія, послѣ чего поясъ разбирается и бороздки снимаются.

Затѣмъ вновь собираютъ на помостѣ оба пояса на установленныхъ взаимномъ разстояніи, и между ними вставляютъ стѣнки (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 железной 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 верти-

\*) Достаточно взять два или три горизонтальныхъ листа.

кальных листовъ должны быть сръзаны наклонно. Если не желаютъ прибѣгать къ домкратамъ, можно при самой сборкѣ расположить пояса съ подъемомъ, пользуясь желѣзными или чугунными 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 струбцилкой, высверливаютъ въ нижнемъ или въ верхнемъ концѣ его сквозное отверстіе изъ числа намѣченныхъ (преимущественно по оси раскоса) и вставляютъ оправку; затѣмъ сверлятъ отверстіе въ другомъ концѣ раскоса и намѣчаютъ центръ соответственнаго 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 бороздки, грунтуютъ и готовятъ къ отправкѣ.

Рѣшетчатые фермы собираются такимъ же образомъ, причѣмъ иногда вставляютъ деревянные временныя стойки.

Въ мастерскихъ примѣняютъ какъ *машинную*, такъ и *ручную склетку*. Машина для склеиванія изображена схематически на черт. (598): *AB*—паровой цилиндръ, *C*—поршень со стержнемъ *d*, проходящимъ чрезъ сальникъ *q*. На концѣ стержня имѣется стальной выступъ—*e* съ наконечникомъ, ограниченнымъ вогнутой поверхностью. Противъ выступа *e*,—въ стальной *f* помѣщается стальной вкладышъ *h* также съ вогнутымъ наконечникомъ. Заклепка, вставленная въ заклепочное отверстіе склеиваемыхъ 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 склепки имѣютъ много общаго со станкомъ для продавливанія отверстій. Эксцентрикъ приводитъ въ возвратно-прямолинейное движеніе стержень, играющій роль мо-

логна при ручной склепкѣ, причемъ головка заклепки упирается въ соответственный выступъ въ станинѣ.

*Ручная склепка*, применяемая какъ въ мастерскихъ, такъ и на мѣстѣ работы, производится бригадой рабочихъ, состоящей изъ четырехъ человекъ: 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 представляютъ *поддержку*, т. е. желѣзный сплошной цилиндръ съ выемкой въ верхнемъ концѣ, соответствующей головкѣ заклепки. Поддержка прижимается или руками рабочаго, или же при помощи *ваги*, т. е. бруса, имѣющаго точку опоры на какой нибудь подставкѣ, причемъ на одномъ концѣ рычага вставлена поддержка, а на другой конецъ рабочей дѣйствуетъ своимъ вѣсомъ. Иногда же применяютъ поддержку-домкратъ (черт. 599), состоящей 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 конецъ заклепки ударами молотковъ, *ручника и котельнымъ молоткомъ*, вѣсомъ около 7 и соответственно 12 фунтовъ, до тѣхъ поръ, пока стержень заклепки не приметъ приблизительно форму головки. Затѣмъ 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 склепки слѣдующія: 1) діаметръ заклепки въ холодномъ состояніи долженъ быть меньше діаметра отверстія, приблизительно на  $\frac{3}{16}$ , но не болѣе, такъ какъ иначе заклепка не будетъ заполнять отверстія; 2) температура заклепки должна быть настолько высока, 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 наружныя края головки, то ее *чеканятъ*, т. е. зубиломъ подбиваютъ концы; въ противномъ

случаѣ заклепка бракуется; б) заклепка должна плотно сидѣть, 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 одинъ къ другому. Мѣстное неплотное соприкасаніе кромокъ устраняется напильникомъ. Незначительное несовпаденіе заклепочныхъ отверстій можетъ произойти отъ двухъ причинъ: или листы не аккуратно положены одинъ на другой, или же заклепочныя отверстія неправильно просверлены. Чтобы въ этомъ убѣдиться, загоняютъ оправки въ нѣкоторые изъ отверстій; если при этомъ не будетъ достигнуто совпаденіе, приѣзжаютъ 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 большаго діаметра, и кромѣ того работа идетъ гораздо быстрѣе. При ручной склепкѣ бригада можетъ посадить въ рабочий 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 3600 до 5500 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 желѣзныи суримъ на льняномъ, хорошо проваренномъ маслѣ. Для окончательной окраски берутъ свинцовыя бѣлила съ примѣсью другой краски для колера. Краска кладется тонкими слоями, наблюдая, чтобы ранѣе положен-

ный слой совершенно просох. Стыки, продольные снап полосо зашпаклевывать замазкой, приготовленной из свинцовых белил, или чугушной замазкой.

Приемы и способы установки мостовых ферм зависят, в значительной степени, от рода сооружения и от местных условий. Так например, вспомогательные устройства для установки висятого проволочного моста и балочного — совершенно отличны одни от других; глубокое ущелье с бурным потоком потребует иных приспособлений, чем рѣка с плоскими берегами и с незначительной скоростью течения и т. д.

Иногда мостовые фермы устанавливаются на сваях. Иногда мостовые фермы устанавливаются на сваях. Иногда мостовые фермы устанавливаются на сваях.

Всѣ весьма разнообразны приемы можно, однако, привести къ тремъ характернымъ типамъ:

- 1) Установка и сборка ферм 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 крановыхъ;
  - в) продольной накаткой, что примѣнимо для балочныхъ, неразрѣзныхъ, для многопролетныхъ разрывныхъ фермъ, но временно соединенныхъ между собою, или для однопролетныхъ разрывныхъ, снабженныхъ *avant-vec'омъ*;
  - г) поперечной накаткой и, наконецъ,
  - д) поднятиемъ фермъ вверхъ.
- 3) Сборка фермъ на мѣстѣ безъ подмостей.

Между этими тремя приемами первый — наиболее распространенный и, за исключеніемъ какихъ либо особыхъ местныхъ условий, — наиболее дешевый, обеспечивающій притомъ наибольшую тщательность въ работѣ, безъ всякаго перенапряженія частей фермы, что неминуемо имѣетъ 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 сбоку фермъ до окончанія устройства опоры моста, а необходимо вести обѣ 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 устройствѣ подмостей, о приспособленіяхъ и орудіяхъ, необходимыхъ при сборкѣ и скленкѣ, а наконецъ, и о самой сборкѣ; затѣмъ, рассмотримъ подробнѣе, въ примѣрахъ, указанные выше приемы установки фермъ, въ примѣненіи 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 временныя деревянные мосты. Если насыпь не высока и, слѣдовательно, мѣстное ушпреніе 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 отмѣтка насыпи довольно большая—предпочитають 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 повѣрять пивеллиромъ 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 виадукахъ, въ суходолахъ, нерѣдко 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 двухъярусная (черт. 600), причемъ верхній ярусъ предназначается для сборки верхняго пояса, верхнихъ связей и проч. Прогоны обоихъ ярусовъ должны быть расположены на высотѣ нѣсколько меньшей соответствующихъ 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 предполагено производство склепки, промежутокъ мѣжду 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 сверху 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 блековъ 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 возстановленія 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, полшаромъ, на который надѣвается чугунная подушка съ соответствующимъ углубленіемъ.

Наконецъ, должно быть заготовлено достаточное число переносныхъ горшковъ для клепальщиковъ, необходимое количество молотковъ, развертокъ, оправокъ, болтовъ, струбцинокъ и т. д.

При значительныхъ сооруженіяхъ устраиваются вблизи мѣста работъ крытыя помѣщенія для склада матеріаловъ, кузница, подъѣздные 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 скленкѣ 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 кѣтку изъ брусьевъ; верхнюю поверхность ихъ выравниваютъ по нивелиру, наблюдая, чтобъ ферма имѣла необходимый подъемъ (около  $\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{1500}$  пролета).

Повѣрка высотъ кѣтокъ, 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 кѣтки 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 положенія 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 соединительныя уголки, предварительно скрѣпляютъ все оправками, и по вывѣркѣ—приступаютъ въ 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. Последнюю часть работы составляетъ установка раскосовъ, которые, по закрѣпленіи нижняго

конца их оправками, предварительно натягиваются полиснастами 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, соответственно существующей въ данный моментъ температурѣ, имѣя въ виду опредѣленную разность между крайними предѣлами температуры (въ средней полосѣ Россіи около  $75^{\circ}$  по Cels.), а также и удлиненіе желѣза (около  $\frac{1}{692}$ , при увеличеніи температуры отъ  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  по Cels.). Послѣ этого подливаютъ свинцомъ или цементомъ нижнія подушки и навивчиваютъ гайки на закрѣпленные болты.

Сборка металлическихъ опоръ производится или съ постоянныхъ подмостей, или же пользуются пилежащими этажами, какъ подмостями для сборки слѣдующихъ этажей и т. д.

При неразрѣзныхъ фермахъ сборка опоръ производится иногда помощью крапа, 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 пролетовъ, фермы пролетной части раскосной системы; мостъ съ ѣздою 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, служащія для нижняго рельсоваго пути,—2,00 с., а остальные—въ 1,00 с. Всѣ семь свай, семивершковые, забивались одновременно съ барки, помощью расположенныхъ на ней копровъ; глубина забивки въ грунтъ отъ 1 до 2 саж. Свай (*a*)

приходилось наращивать стойками (*b*), соединяя их въ поддевера и скрѣпляя болтами. Вдоль оси моста сваи соединялись по высотѣ тремя рядами пластинъ (*c*), идущихъ попеременно, то по одну, то по другую сторону каждаго двухъ смежныхъ свай. Въ поперечномъ направленіи онѣ связывались тоже тремя рядами схватокъ (*d*) и раскашивались крестами изъ пластинъ. Первые по теченію сваи не наращивались и служили для устройства площадки (*E*). На нарощенныя стойки (*b*) клался 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. Прогонъ поддерживаются еще подкосами съ ригелемъ; нижній конецъ подкосовъ врубленъ въ стойку и скрѣпленъ болтами. Поверхъ прогоновъ клался поперечные брусья, а на нихъ—половой настиль. Вдоль оси на тѣ же поперечныя клался брусья (*e*) такъ, чтобы оси приходилась надъ четырьмя средними сваями. Брусья эти соединялись по длинѣ прямымъ зубомъ, и въ нихъ дѣлались гдѣзда 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 черезъ панель, а внутреннія—крестами (*n*), идущими также черезъ панель и помѣщаемыми оба по одну сторону стоекъ. Въ поперечномъ направленіи стойки соединялись схватками (*m*) и, кромѣ того, между средними стойками помѣщались еще крестообразныя схватки (*o*). Поверхъ стоекъ положены были прогоны, а на нихъ—поперечины и верхній настиль. Затѣмъ клался 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 облегчить 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. капа-

тами 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 человѣка 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 настилъ и могущаго вращаться внизу въ подпятникѣ, аверху—въ гальсбандѣ, прикрѣпленномъ къ брусьямъ *k*. Вверху сдѣланъ желѣзный шипъ, прикрѣпленный къ столбу желѣзными полосами. Къ нему же съ двухъ сторонъ прикрѣплены болтами брусья *g*, между которыми зажатъ подкосъ, упирающійся другимъ концомъ въ столбъ и скрѣпленный съ нимъ болтомъ. Между тѣми же брусками помѣщенъ блокъ *и*. Толстый канатъ однимъ концомъ закрѣпленъ въ мѣстѣ соединения подкоса брусками *g*, а другой конецъ, огибая подвижной блокъ *з* и неподвижный *и*, проходитъ въ прорѣзъ, сдѣланный въ столбѣ, и наматывается на валь, помѣщенный на устроенной поверхъ продольныхъ схватокъ площадкѣ. На крюкъ у подвижнаго блока надѣвается веревка съ привязанными на концахъ ея серьгами, которые 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 взшла на помость, и опускаютъ ее. Иногда этими же кранами поднимали желѣзо съ барокъ по площадкамъ, а иногда по нижней площадкѣ ставили такіе же краны и тогда поднимали его вертикально съ барокъ или плотовъ. Для поднятія желѣза со второго помоста на верхъ, 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 настилѣ ставились клѣтки изъ брусевъ, и на нихъ укладывались горизонтальные листы, а затѣмъ вертикальные листы съ поясными уголками. Эти части поднимали на канатахъ лебедками, помѣщенными на верху.

Горизонтальные листы, по мѣрѣ укладки ихъ въ должномъ ко-

личествѣ, 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 болтахъ завинчивались ключами и, чтобы возможно сильнѣе завинтить ихъ, употребляли ключи съ длинными ручками и дѣйствовали такимъ образомъ на большее плечо рычага. Чтобы болты плотнѣе стягивали листы, на нихъ надѣвали шайбы, т. е. плоскія кольца, и поверхъ ихъ 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 скленку частей поясовъ и нижней пробѣжей части: всѣ же вертикальные стыки оставались не скленанными 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, таким образомъ, ферма была собрана на болтахъ, и все было на своемъ мѣстѣ, — что провѣрялось по чертежамъ во время сборки, — тогда точно опредѣляли пивеллиромъ подъемъ, ставя рейку на концахъ фермы по серединѣ пролета и у стоекъ ММ' б; подъемъ измѣняли, по надобности, клиньями и, кромѣ того, провѣряли правильное положеніе относительно оси.

Послѣднее достигалось тѣмъ, что провѣряли сначала по быкамъ положеніе крайнихъ поперечныхъ балокъ; затѣмъ натягивали между ними проволоку черезъ весь пролетъ и повѣряли по нимъ остальные балки. Если нужно было подать весь пролетъ въ сторону, или выпустить часть его, то дѣлали это домкратами, однимъ концомъ упирающимися въ поясъ, а другимъ — въ прогоны лѣсовъ.

Тѣми же домкратами, приподнявъ ферму, можно было подвинуть ее вдоль оси, еслибы въ этомъ представилась надобность.

Когда подъемъ и направленіе 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 всѣ въ одну сторону, т. е. если стѣпки какого нибудь листа закрывали часть заклепочной дыры другого всѣ 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 стѣпки 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, выбран-



ную такимъ образомъ, чтобы отъ этого ошибка уменьшилась въ возможно большемъ числѣ дыръ. Въ этомъ случаѣ нельзя избѣжать выступающихъ частей; ихъ сбиваютъ такъ называемыми крейцесселями, ударяя по нимъ молотками. Такъ такъ со стороны противоположной выступу будетъ углубленіе, которое можетъ и не заполнить осаженная раскаленная заклепка, то поэтому предпочитали развѣрживать дыру большаго діаметра, употребляя соотвѣтственную заклепку.

Ферма склепывается въ мастерскихъ и устанавливается на двѣ платформы, имѣя, такимъ образомъ, только двѣ точки опоры, что вызывается необходимою необходимостью перехода по пути съ переменными уклонами и по кривымъ. Кромѣ 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 кѣтками 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 кѣтокъ 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 вѣшной стороны, временную консоль, къ которой придѣланъ горизонтальный сплошной дискъ (чер. 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.

Установка на мѣсто склепанныхъ фермъ, пользуясь подвозкой на платформахъ.

На чер. (607) изображена установка указаннымъ путемъ мостовыхъ фермъ на Вильно-Ровенской ж. д. Фермы подвозились на платформахъ, опираясь только на крайнія платформы (средніе служили для соединенія крайнихъ платформъ). На подферменной площадкѣ устоевъ установлена была деревянная рама (козлы), прикрѣпленная, между прочимъ, желѣзнымъ пруткомъ къ анкеровой сваѣ.

забитой въ насыпь. Каждая стойка рамы состояла изъ двухъ парныхъ брусель, въ промежуткѣ между которыми вставлена была нахлопная схватка, концы коей зажаты между нижними подушками и верхней двойной насадкой. Схватки эти приводили раму въ неизмѣняемую систему.

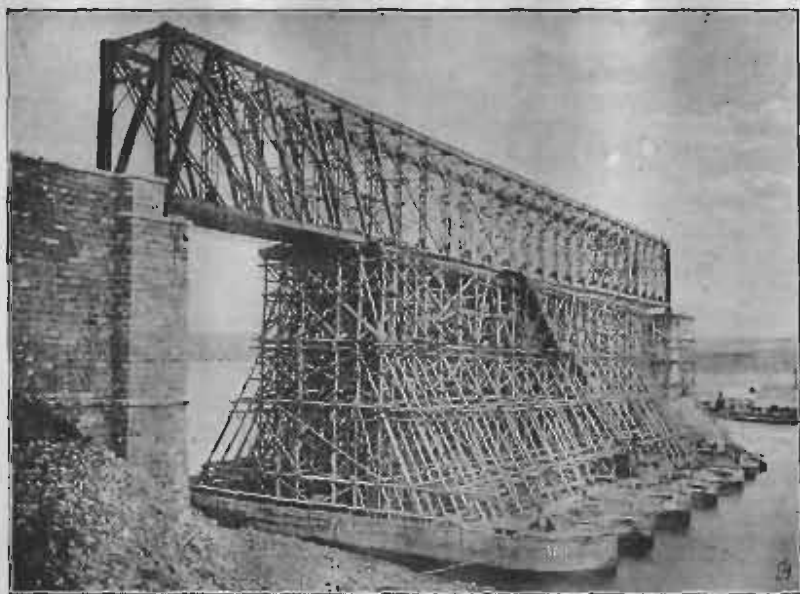
На верхнія парныя насадки опирались двѣ гайки; сквозь нихъ пропущены были два винта, къ которымъ подвѣшивалась ферма. По установкѣ на мосту поѣзда съ платформами, подвѣшивали ферму къ винтамъ, затѣмъ вращеніемъ гаекъ поднимали ферму, сводили съ мѣста платформы, и затѣмъ опускали фермы, дѣйствуя тѣми 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 перевести 15 саж. мость съ ѣздою по низу съ одного мѣста на другое, причемъ 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 перевести отдѣльно двѣ фермы и проѣзжую часть, которая также была частью расклевана, образуя послѣдовательно рамы: изъ двухъ поперечныхъ балокъ съ зажатыми между ними продольными балками и изъ двухъ отдѣльныхъ продольныхъ балочекъ, соединенныхъ лишь связями. Фермы, отдѣленные отъ проѣзжей части, нагружались каждая на пять платформъ, причемъ 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 очертанія фермъ.

Установка фермъ  
помощью понто-  
новъ.

Примѣненіе перевозки водою обусловлено главнымъ образомъ мѣстоположеніемъ сборки и склейки фермъ. Необходимо, чтобы склейка производилась на самомъ берегу рѣки и чтобы ферма собиралась на высокихъ подмостяхъ или на высокомъ берегу (Волжскій мостъ въ Сызрани), или же на низкихъ подмостяхъ, но съ подъемкой ихъ затѣмъ на известную высоту (Нѣманскій мостъ близъ Ковно по Спб.-Варшавской ж. д.), что позволило бы подвести подъ фермы



Плавучія подмости Волжского моста.

понтонъ. Приѣздъ 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, нагруженные водой; затѣмъ, откачивая изъ нихъ воду, заставляютъ понтоны всплывать и приподнимаютъ 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  $\Gamma$  (черт. 609). Средняя часть устроена была на берегу, а крайнія выступали въ рѣку; промежутокъ между выступающими частями около 40 с., ширина коней 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) установлено 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 11,5 саж. надъ меженными водами и 1,75 саж. надъ берегомъ) такъ рассчитана, что она соответствуетъ возможности установки фермъ во время меженнаго горизонта Волги. На каждую изъ выступающихъ частей постоянныхъ подмостей, имѣющихъ въ планѣ очертаніе буквы  $\Gamma$ , 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  $\Gamma$ , 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, соот-

вѣтствующіе положенію рельсовыхъ путей. Затѣмъ, усилиемъ 32 человекъ (по 4 на лебедку) фермы накатывались на выступающія части постоянныхъ подмостей со скоростью 2 фут. въ минуту. Во время пакатки, барки подвижныхъ подмостей были на столько затолкены водою, что эти подмости не касались нижняго пояса средней части фермы. Окончивъ пакатку 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. Дальнѣйшее накачиваніе воды освобождало подмости изъ-подъ фермъ, и пароходъ уводилъ ихъ на свое мѣсто. Высота подмостей отъ меженнаго горизонта была около 12 саж.; на сооруженіе ихъ потребовалось около 60,000 бревень.

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 перемѣненія: передвинуть фермы по направленію, 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°, установить ихъ между опорами и затѣмъ опустить фермы на опоры. Для передвиженія фермъ по направленію, перпендикулярному къ берегу, уложены были на взаимномъ разстояніи въ 58 метр. парные деревянные постоянные полозья (брусья) (а) (черт. 611 и 612), концы которыхъ вдавались въ рѣку. На берегу полозья опирались на шпалы (черт. 612), а вы-

ступающія 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 силошпуную 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 боковаго 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 въѣдались въ дубовый брусъ (*b*) и тормозили движеніе. Приходилось по нѣскольку разъ останавливать движеніе, приподнимать ферму на домкраты и срубать сучья. Брусъ (*a*) и (*b*) были смазаны составомъ изъ мыла и сала, и 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, упрѣпленной 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 подъемѣ фермы. Приспособленія состояли изъ гидравлическаго пресси (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 определенной 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 определенной 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 поднирая 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 тоже самое. Такимъ образомъ ферма поочередно поддерживалась или гайкой  $(e, e)$  (во время подтема 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 поднятій. 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 пемѣнїемъ 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 большію 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 метацентръ былъ выше центра тяжести на 25 метр. Внутри каждаго понтона поставлены были четыре фермы системы Гау, высотой 6,25 метр., поддерживающія верхнюю над-

стройку съ фермами. Оба понтона были прочно взаимно соединены. Для спуска понтоновъ по теченію, на каждомъ изъ нихъ установлено было по четыре шпилья (*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 дѣйствіемъ теченія подъ угломъ въ 90°; затѣмъ трава 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.

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 за то 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.

Накатка фермъ.

По мѣрѣ падвиганія фермы освободившіяся катки спимаются, перепосятся впередъ и устанавливаются на заранѣе приготовленныхъ основаніяхъ. Весьма хорошіе результаты дало примѣненіе гидравли-



ческих 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 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 приѣмовъ одновременно.

На черт. (614) изображена накатка фермъ трехпролетнаго моста черезъ р. Нѣманъ въ Гродно, на С.-П.-Варшавкой ж. д. Величина двухъ крайнихъ пролетовъ: 56,2 метр., а средняго—69,0, при общемъ вѣсѣ 1240 тоннъ. Фермы, возвышаясь на 31,4 метр. надъ горизонтомъ воды, собраны были на пологіи желѣзной дороги, причемъ предстояло передвинуть ихъ на протяженіи 300 метр. Для сего установлено было 8 паръ катковъ, на взаимномъ разстояніи въ 31 метр. Въ выемкахъ основаніемъ катковъ служили 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, длиной въ 55 сант., съ канелюрами для свободного 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 каждаго поворота (удара) рукояткой лебедки ферма передвигалась отъ 1 до 2 мм. Для облегченія прохода по каткамъ имѣвшимся 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 свѣши-

вающейся части, передніе катки были бы перенагружены. Но въ виду того, что стрѣла прогиба постоянно измѣнялась, приходилось еще подкладывать на задній катокъ, подъ поясъ, желѣзныя пластинки различной толщины.

Носъ фѣрмы былъ металлическій, длиною 23,5 метр., въсомъ 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 фѣрмы 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 втораго—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 фѣрмъ 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 балансира небольшая фѣрма со сплошной стѣжкой; на обоихъ концахъ этой балки находилось по стойкѣ, поддерживающей въ свою очередь другую балку. На этихъ послѣднихъ были укрѣплены катки—одинъ снабженный зубчатымъ зацѣпленнымъ и длиннымъ рычагомъ, а другой—холостой.

Гидравлическіе катки имѣютъ то преимущество, что, при управленіи предохранительными клапанами, возможно распределить давленіе почти равномерно между всѣми катками.

На черт. 616 изображенъ гидравлическій катокъ, употреблявшійся при накаткѣ фѣрмъ городского моста въ Варшавѣ чрезъ р. Вислу. Мостъ о шести пролетахъ, по 80 метр. каждый, причемъ смежныя два пролета образуютъ неразрѣзную фѣрму, такъ что имѣются три отдѣльныя части, длиною по 160 метр. Фѣрмы двойной рѣшетчатой системы. Опоры каменные съ ледорѣзами и съ основаніемъ изъ четырехъ металлическихъ колоннъ, заполненныхъ бетономъ и опущенныхъ на глубину 15 метр. ниже межені.

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., — соответствуютъ осевой линіи фермы: 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-bec) 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 нпрямомъ гидравлическаго пресса; на быкахъ и на временныхъ опорахъ было по два парныхъ катка, цилиндры коихъ соединены общей трубкой такъ, что оба нырала, одной и той же опоры, несли одинаковый грузъ. Подобно Гродненскому мосту пролетныя части передвигались усиліемъ рабочихъ, поставленныхъ на лебедкахъ при каткахъ; скорость перемѣщенія составляла 6—7 метр. въ часъ.

Благодаря этимъ каткамъ, осадка опоръ или мѣстныхъ утолщенія поясовъ не оказывали никакого вліянія на плавность хода; кромѣ того, особымъ приспособленіемъ достигалось то, что нырало оставалось вертикальнымъ даже и въ томъ случаѣ, когда опора, а слѣдовательно и цилиндръ, незначительно наклонялись въ сторону.

На черт. 618 и 619 изображена накатка фермы виадука 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 полотнѣ 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 черезъ два горизонтальныхъ блока, привязывался къ концамъ рычаговъ и, перекинутый затѣмъ черезъ полиспасты, нависалъ на воротъ, вращаемый 6 людьми. Кромѣ того, устроена была въ помощь другая система передачи движущей силы: къ устою привязанъ былъ канатъ, который обигалъ 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 (B). Если нужно было перевести длинные рычаги назадъ для слѣдующаго поворота, то, оставляя въ покоѣ воротъ (B), вращали лебедку (A) въ противоположную сторону. Скорость передвиженія фермы составляла 2 метра въ часъ.

Необходимость примѣненія этого приема встрѣчается большою Поперечная на-  
катка фермъ. 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 черезъ 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 метръ 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 цупечныхъ 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, которые 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 Рижско-Виземской ж. д. оказалось необходимымъ повысить на 0,60 с. опоры моста черезъ р. Шать, величиною пролета 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 с. 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 слѣ-

дующимъ образомъ: прежде всего подъ нижними поясами фермъ установили гидравлическіе домкраты и, разбѣдивъ мостовыя рельсы отъ путевыхъ, стали поднимать поочередно то одинъ, то другой конецъ фермы, подкладывая каждый разъ подъ пояса чуряки. на случай обратной сдачи домкрата (черт. 621). Чтобы имѣть указаніе — остаются ли поперечины при подъемѣ въ горизонтальномъ положеніи, ставили на нихъ уровень, и затѣмъ, смотря по положенію пузыря, усиливали качаніе рукоятки того или другого гидравлическаго домкрата. Поднявъ немного конецъ фермы, снимали 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 с. одна отъ другой, прикрѣплены были 2 бруса (с) (черт. 624); къ этимъ брусьямъ (с) придѣлана 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 упиралась въ планку, то вращеніе гайки заставляло винтъ выдвигаться, а вмѣстѣ съ нимъ и прикрѣпленную къ нему ферму.

Ферма обвязывалась желѣзной цѣпью, оканчивавшеяся такою же вилкой, какъ и винтъ. Вилки цѣпи и винта соединены были цѣпью, составленною 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 навинчивался на всю свою длину; тогда снимали одно или два звена, винтъ освобождали, и послѣ этого опять можно было заставить его подвигаться 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 с., и когда ферма передвинулась на одномъ изъ устоевъ до черты, то пересаживали 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 с.; причемъ продольныя оси новыхъ и старыхъ опоръ не совпадали, а отстояли однѣ отъ другихъ на 6,2 с. Общее расположеніе старыхъ и новыхъ опоръ показано на черт. 625. Такимъ образомъ, здѣсь нужно 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 грунтѣ, 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, повисили 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 остальныя 4—3 д. шли на сминаніе дерева въ клѣткахъ. Такими послѣдовательными поднятіями фермы были подняты на 0,83 с. (0,16 с. составляли высоту рамъ съ рельсами; 0,32 с. — высоту тѣлѣжки (черт. 627), а 0,35 с.—выражали превышеніе новыхъ опоръ надъ старыми).

Опустивъ фермы на клѣтки, послѣ послѣдняго подъема домкрата,

прикрѣпили къ опорнымъ стойкамъ крюки съ цѣпью, другою концемъ которой привязывался къ хомуту рамы (черт. 628), имѣвшей видъ шпренгельной фермы. По другую сторону рамы прикрѣплено было 6 крюковъ, на которые надѣвались цѣпи, навиваемыя на барабанъ шести лебедокъ, поставленныхъ за старымъ устоемъ. Передвиженіе фермы производилось однако не этими лебедками, а помощью ломовъ, подводившихся подъ каждое колесо. Вышеупомянутыя приспособленія съ лебедками служили лишь для удержанія фермы 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 с., 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, составленную изъ рельсовыхъ накладокъ; другою концемъ цѣпи соединялся съ виштовымъ стержнемъ (черт. 629), проходящимъ черезъ раму, прочно укрѣпленную на новомъ быкѣ. На выступающей концемъ вишта надѣта была гайка съ четырьмя ручками. Движеніе сообщалось ломами, подобно тому, какъ и при продольномъ перемѣщеніи: винты же служили для удержанія фермы отъ сдвигу назадъ. Параллельность движенія фермы повѣрялась тѣмъ, что на обоимъ концахъ ея къ рельсовой рамѣ прикрѣплена была рейка съ дѣленіями, а на передней медвѣдкѣ былъ указатель.

Поднятіе склепаныхъ 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 таковой можетъ быть исполненъ обыкновенными винтовыми домкратами, подпирая эту ферму въ нѣсколькихъ точкахъ.

При болѣе значительной высотѣ подъема пользуются виштами, къ которымъ подвѣшиваются фермы, или же кранами, устанавливаемыми на опорахъ; въ послѣднемъ случаѣ, для уменьшенія вѣса, перѣдко 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 соотвѣтствует средней части подферменной площадки. Щель, или вѣриге 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 Мепѣйскаго 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, штыря которыхъ соединены вверху общей поперечной. Къ этой поперечинѣ подвѣшена на цѣпяхъ трубчатая ферма; цѣпи состояли изъ 8 полосъ, шириною 180 мм. и толщиною 30 мм. Высота хода штыря была 2 метр., такой же длины были и звенья цѣпи. Послѣ того, какъ штырь прессы занимало крайнее положеніе, верхнее звено цѣпи снималось, штырь 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 пемедленно задѣлывалась кладкой. Время подъема штыря 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 салазокъ, ферма, съ



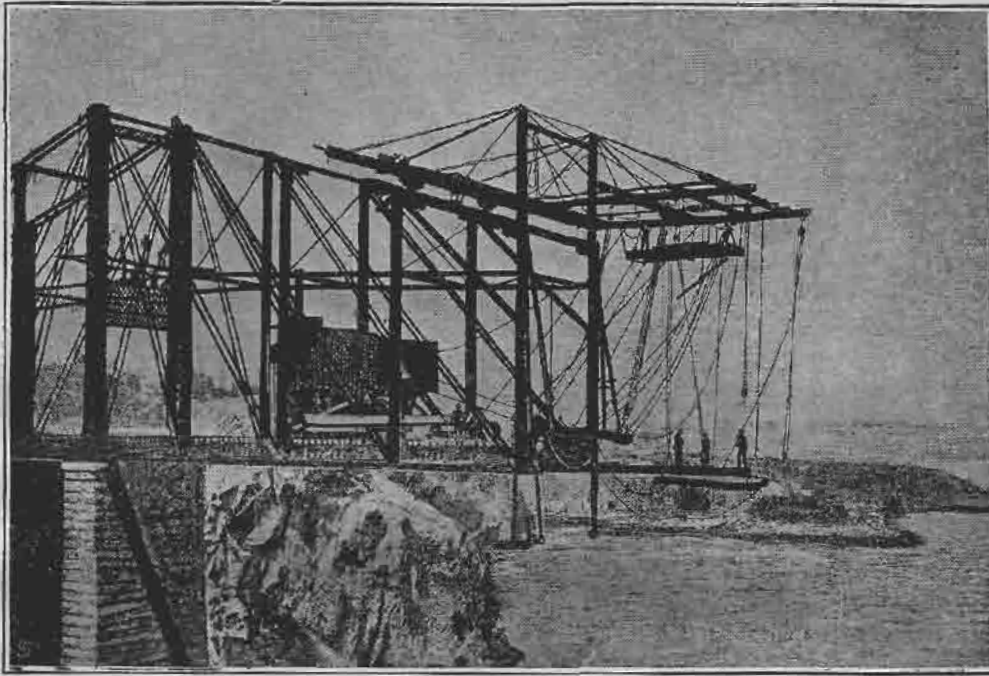
помощью цѣпей и винтовых домкратовъ, была сдвинута съ подмостей на четыре барки, длиною 13 с. и шириною  $3\frac{1}{2}$  с. (чер. 632). Для равномернаго распредѣленія груза отъ желѣзныхъ фермъ — на дно барокъ было установлено двѣ фермы системы Тауна. Затѣмъ, помощью воротовъ, помѣщенныхъ на баркахъ, а также капатовъ, 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 пробѣжей части (чер. 633). Желѣзные кольца (с) въ домкратѣ, состоявшія изъ двухъ половинъ, служили прикладками 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 опусканія поршня или перемѣны мѣста домкрата.

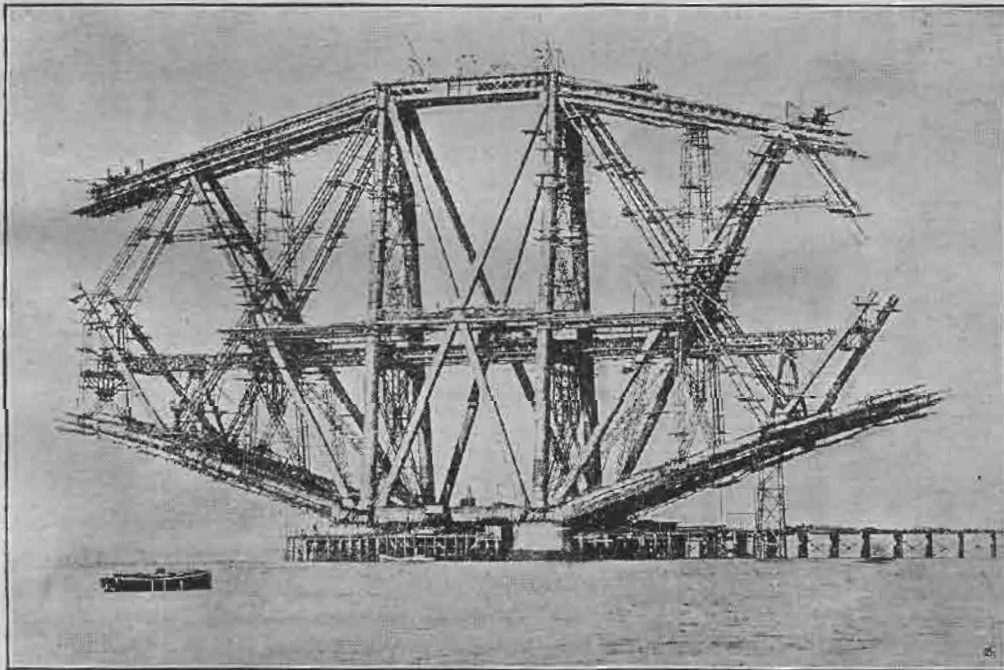
Каждый изъ концовъ фермы поднимался поочередно, причемъ подъ нихъ приходилось ставить по четыре домкрата; подъемная сила каждаго изъ домкратовъ составляла 6.200 пуд.; въ дѣйствительности же они испытывали не болѣе 3.975 пуд. давленія. При сильныхъ морозахъ, вмѣсто воды, наливали масло. Для подъема двухъ фермъ на высоту каждаго 0,20 саж. требовалось 12 часовъ времени.

<sup>с</sup> Сборка фермъ  
безъ подмостей.

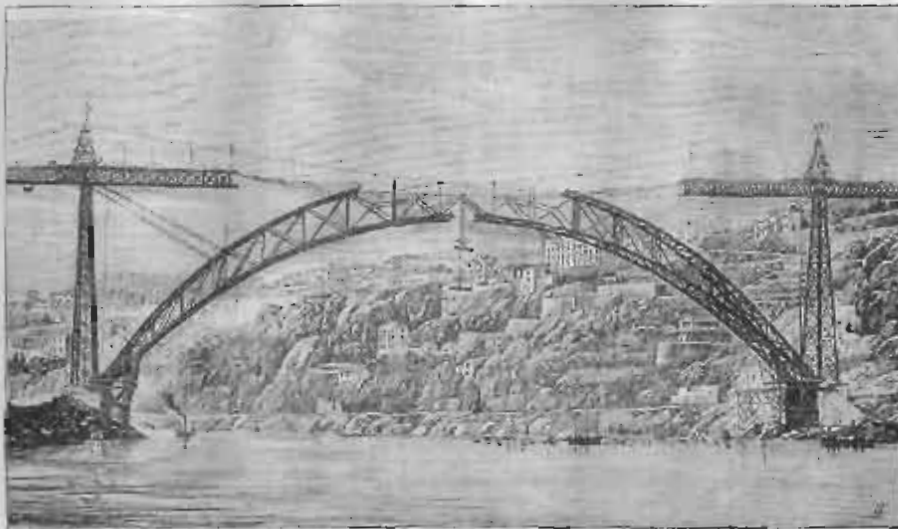
Пріемъ состоитъ въ томъ, что сборка начинается иногда съ одного, а болѣею частью со обоихъ концовъ пролета, причемъ концевыя части фермъ временно закрѣпляются на опорахъ, образуя консоли, на которыхъ ставятся крапы для сборки слѣдующихъ панелей и т. д. На черт. (634) показано начало сборки пролетной части моста черезъ 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 втораго (средняго) пролета, пройдя при этомъ металлическую постоянную опору. Одновременно велась сборка и со стороны втораго устоя. Смыканіе произведено было по срединѣ средняго пролета,



Мостъ чрезъ рѣку С. Джонъ въ Канадѣ. (Сборка безъ подмостей).



Фортекій мостъ. (Сборка безъ подмостей).



Мостъ чрезъ р. Дуэро близъ Оporto.  
(Обрѣзъ безъ подмостей).

и необходимое для сего равенство прогибовъ свешивающихся частей достигнуто было соответственной 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 серединѣ крайней фермы, нагруженной рельсами по серединѣ длины и въ концѣ. Сборка велась одновременно съ обоихъ концовъ.

Приѣмъ этотъ получилъ въ настоящее время широкое примѣненіе во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ устройство постоянныхъ подмостей оказывается крайне дорогимъ. Такъ, напр., большинство мостовъ (въ Америкѣ) со свешивающимися концами (Cantilever bridge), арочный мостъ въ С. Лупъ черезъ р. Миссисипи Опортскій—въ Португалии, виадукъ Гараби во Франціи, наконецъ, Форскій мостъ въ Шотландіи—все они собраны на мѣстѣ безъ помощи подмостей.

За исключеніемъ *накатки* и *подъемки* вполне склепанныхъ фермъ здѣсь примѣняются тѣ же приѣмы, какъ и при балочныхъ фермахъ. Следуетъ только обратить вниманіе на измѣненіе длины различныхъ частей отъ дѣйствія температуры, вліяющее на подъемъ или опусканіе вершины арки. При смыканіи средней части необходимо тщательно смѣрять на мѣстѣ оставшійся промежутокъ 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 (Рейпскій мостъ въ Кобленцѣ), въ половину пролета, или же цѣлыя, вполне склепанныя фермы (Александровскій мостъ въ С.-Петербургѣ).

Если перевозятся только части пролетовъ, тогда необходимо устроить нѣсколько промежуточныхъ опоръ (иногда пловучихъ), на которыя устанавливаются краны; этими послѣдними части арки поднимаются на необходимую высоту. Такъ напр. при сборкѣ трехшарпирнаго 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

Сборка и установка арочныхъ фермъ.

высокая временная опора съ кранами. При помощи послѣднихъ, половины арокъ подняты были вверхъ съ упоромъ пять въ шарниры опорныхъ подушекъ; затѣмъ въ концѣ одной изъ половинокъ вставляли 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 ключъ 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, вплоть 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 заведены между опорами моста, поступали такъ же, какъ при установкѣ фермъ Волжскаго моста.

Приведемъ описаніе сборки безъ подмостей арочныхъ фермъ Олпортскаго 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 неразрѣзныя фермы балочной системы; надвигая ихъ съ обѣихъ сторонъ, устанавливали на эти фермы краны 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 соединились съ металлическими опорами и, кромѣ того, прочно закрѣпились въ каменныхъ откосахъ. Затѣмъ построили около пяти арки постоянныя подмости и на нихъ собирали первую панель арочной фермы, конецъ которой затащили 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, соста-

вляло 200 тоннъ. Точность работы была настолько велика, что средняя панель оказалась короче проектной только на 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 козель, которые по мѣрѣ производства работъ постоянно перемѣщались; для перемѣщенія ихъ употребляли тельжку, подвѣшенную къ двумъ роликама; 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 определялось въ 80 тоннъ или 120 кил. на кв. мм.

При разсмотрѣніи способовъ установки такихъ фермъ слѣдуетъ отличать *цѣпныя* фермы отъ *канатныхъ* (проволочныхъ).

Сборка и установка висячихъ фермъ.

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 чрезъ опоры.

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 привѣской, ставятъ поперечныя и настиль.

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 считатьъ на одинаковое напряженіе всѣхъ проволокъ. Третій типъ наиболѣе рациональный, 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 (железнодорожныя мосты черезъ р. Ніагару), или при помощи бумажнаго змѣя. Последний приемъ былъ употребленъ при устройствѣ моста черезъ Ніагарскій водопадъ. Заставивъ змѣя опуститься на другомъ берегу водопада, привязали сначала къ нити его проволоку и перетянули одинъ ее конецъ на другую сторону рѣки; затѣмъ къ проволокѣ привязали рабочій 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 черезъ 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 закрѣпленномъ устоѣ, проводятъ ее черезъ двѣ опоры во второй закрѣпный

устой и снова чрезъ обѣ опоры въ первый устой, продолжая эту работу до тѣхъ норъ, пока не составится канатъ изъ надлежащаго числа проволокъ.

На черт. 638 изображены нѣкоторыя приспособленія по сборкѣ цѣпнаго моста въ Прагѣ чрезъ р. Молдаву. Въ боковыхъ пролетахъ были построены постоянныя подмости, и на нихъ связывался 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 на верху, на которой стали собирать звенья рабочей цѣпи, соединивъ ее предварительно съ удерживающей цѣпью. На площадкѣ каждой изъ опоръ было, такимъ образомъ, собрано немного меньше половины всей цѣпи, за исключеніемъ пяти среднихъ звеньевъ; каждая половина цѣпи свободно свѣшивалась и располагалась на плотяхъ, 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 пеньковыми канатами. Прикрѣпивъ концы этихъ канатовъ къ крайнимъ звеньямъ цѣпей, лежавшихъ на плотяхъ, дѣйствіемъ воротовъ подняли концы обѣихъ половинъ на подмости, соединили ихъ тамъ съ пятью средними звеньями и, въ заключеніе, вывели изъ пролета барки.

При сборкѣ цѣпнаго 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 галлерей, 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) понтоны, устроили на нихъ помость, на которомъ и собрали цѣпи всѣхъ трехъ пролетовъ. Послѣ этого ближайшіе къ устью концы цѣпи въ первомъ и третьемъ пролетахъ соединили со свѣшивающимися концами 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 два крюка, на которые надѣвалась подковообразная муфта (*б*). Около этихъ же столбовъ находилось два поворотныхъ крана, на концѣ стрѣлы конхъ было по блоку, чрезъ которые перекинута проволока съ привѣшаннымъ къ ней грузомъ въ 100 кил.; къ другому концу этой проволоки прикрѣплены были клещи (сжимы), чтобы ими захватить натягиваемую проволоку. Кроме 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 навита особая проволока, оканчивающаяся сжимомъ. Когда все было установлено, ставили на двухколесную тележку барабанъ съ проволокой. Прикрѣпивъ свободный конецъ каната къ особому столбу возлѣ стойки (*B*), накладывали проволоку на подковообразную муфту и перемѣщали тележку, свивая въ то же время проволоку, которая располагалась на роликахъ промежуточныхъ столбовъ. Когда доходили до столба (*A*), рабочій схватывалъ проволоку сжимомъ ворота, натягивалъ ее усилиемъ въ 300—350 кил. и уничтожалъ этимъ боковые прогибы. Затѣмъ снималъ эти сжимы, накладывалъ сжимы поворотнаго крана и поворачивалъ его подъ угломъ не много менѣе 180° (черт. 640), обертывая такимъ образомъ проволоку, натянутую силою въ 100 кил., около подковообразной муфты второй стойки; послѣ этого тележку 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 (заблагот-

временно устроенномъ на рабочихъ канатахъ), перетаскивали до другого берега, поднимали на опоры, пропускали опять по чугуннымъ каткамъ и закрѣпляли въ колодцахъ берегового устоя. После того, какъ всѣ 16 прядокъ, составлявшія канатъ, были уложены, временныя обвязки снимались, и канатъ перевязывался раскаленной проволокой, разбѣщенной въ определенныхъ 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, имѣетъ 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 привѣсные канаты моста. Проволокамъ этимъ дана была та же стрѣла прогиба, которую должны были имѣть привѣсные канаты. При укладкѣ проволокъ послѣднихъ канатовъ наблюдали, чтобъ каждая нить была параллельна этимъ направляющимъ проволокамъ (черт. 641).

б) Два безкопечныхъ каната (*corde-voageuse*) (черт. 641), перекинутые черезъ катки, которые были поставлены на опорахъ и въ закрѣпкахъ колодцахъ береговыхъ устоевъ. Положеніе вѣтвей канатовъ соответствовало положенію привѣсныхъ канатовъ. Безкопечные канаты приводились въ движеніе паровой машиной, поставленной на одномъ изъ береговыхъ устоевъ.

в) Передвижные блоки (*rouet-voageur*); ось вращенія коихъ была подвѣшена къ безкопечному канату, помощью крюка, прикрученного къ нему и непрепятствовавшаго переходу его по каткамъ (черт. 642). На блокъ накидывалась петлей проволока; одинъ конецъ ея былъ прикрученъ къ барабану (черт. 643), поставленному на берегу, а другой былъ закрученъ въ устоѣ. При движеніи бесконечнаго 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 couvant*), 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 безконечные канаты (cord-voilageuse), состоявшіе изъ проволоки толщиною въ  $\frac{3}{4}$  дюйма. Свободный конецъ каната, навитаго на барабанъ, подняли воротами на вершину одной изъ опоръ, перевели черезъ 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 соединили. 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-voilageur) отъ одного устоя до другого требовалъ не болѣе 14 минутъ времени. Послѣ того какъ передвижной блокъ, поднявшись отъ одного изъ береговыхъ устоевъ и перейдя черезъ обѣ опоры, спускался ко второму береговому устою, снимали съ него двѣ нити проволоки и накладывали ихъ на подковообразную муфту въ закружномъ 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 встречному направленію и свивалъ двѣ нити проволоки для второго привѣснаго каната. Такъ какъ безконечныхъ канатовъ было четыре, то всегда было въ ходу четыре блока,—два порожнихъ и два съ шкипутыми 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 шпалами (черт. 645), чтобы придать имъ цилиндрическую форму и, въ заключеніе сплосшь перевязали обвязной проволокой. Употреблен-

ный для сего приборъ представлялъ собою чугунный цилиндръ изъ двухъ половинокъ, плотно посаженный на канатъ. Около цилиндра, какъ около оси, могли свободно вращаться шкивъ съ навитой на немъ проволокой и кольцо, къ которому были прикручены 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 прикручивался къ канату. При вращеніи шкива и кольца въ разныя стороны проволока свивалась со шкива и накладывалась спиралью на канатъ, отжимая въ то же время чугунный цилиндръ, который, такимъ образомъ, послѣ каждого оборота передвигался на толщину проволоки.

Общія правила для сего трудно составить; тѣ или другіе приемы зависятъ отъ вида и типа фермъ и отъ мѣстныхъ условий. Наибольше 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.

Замѣна мостовыхъ фермъ однихъ другими.

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—железными, поступили слѣдующимъ образомъ: послѣ подвѣски железныхъ фермъ винтами къ особой рамѣ, свели съ деревяннаго моста платформы, спустили железныя фермы настолько низко, что нижніе пояса ихъ почти касались верхнихъ поясовъ деревянныхъ фермъ, и въ нѣсколькихъ мѣстахъ перевязали оба пояса обыкновенными канатами. Затѣмъ, перенилили 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,

причем 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—железными. Дорога имѣетъ два пути, что облегчало замѣну фермъ, переводя временно движеніе на одинъ только путь.

Первый способъ, примененный къ пролетамъ не свыше 12 саж., состоялъ въ томъ, что въ Петербургѣ, на особыхъ путяхъ собирались фермы на двухъ или трехъ платформахъ, причемъ части фермы на смежныхъ платформахъ не склепывались между собою, что облегчало перевозку по кривымъ станціоннымъ путямъ. Затѣмъ составляли изъ нѣсколькихъ рядовъ такихъ платформъ поѣздъ, помѣщая съ обѣихъ концовъ каждой серии платформъ по платформѣ съ краномъ для опусканія фермы. Поѣздъ доходилъ до ближайшей къ мѣсту установки станціи, гдѣ несклепанные части фермъ окончательно склепывались въ цѣльные 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, причемъ тотчасъ же ставили городокъ изъ брусевъ (черт. 647). Вслѣдъ за симъ приводили обратно платформу съ краномъ. Затѣмъ, повторяли тоже самое съ другой крайней платформой и также возвращали на мѣсто платформу съ краномъ. Послѣ этого приподнимали обѣими 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 серединою пролета), оставляли ферму на двухъ городкахъ (черт. 648) и выводили послѣднюю платформу. Далѣе, вернувъ край назадъ, приподнимали ферму обѣими кранами, старую разбирали и на опорныя подушки опускали новую, железную, поддерживая ее, помимо крановъ, городками.

При второмъ приемѣ, применявшемся 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 пояс металлических фермъ былъ собранъ на помостъ 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 деревянныя фермы и возстановляли движеніе на обоихъ путяхъ.

Во время эксплуатаціи нерѣдко приходится усиливать составныя части пролетныхъ частей моста, вследствие ли измѣненія типа подвижнаго состава, или по неудовлетворительности конструкціи.

Усиленіе нѣкоторыхъ составныхъ частей фермъ.

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 половинъ 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, пере-

становкой одних 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 равномерному напряженію при нагрузкѣ фермъ.

Первому условію почти всегда можно удовлетворить, работая, при помощи всякихъ подмостей, въ промежуткѣ между проходами поѣздовъ. Работу слѣдуетъ вести такимъ образомъ, чтобъ за каждый разъ приходилось расклепывать меньшее число заклепокъ, и чтобы всѣ наиболѣе существенныя сопряженія имѣли полное число ихъ при проходѣ поѣзда. Такъ, напр., добавляемая часть дѣлается такой длины, чтобы въ указанный промежутокъ времени можно было успѣть срубить заклепки, наложить листъ и поставить новыя заклепки: для ускоренія расклеи 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 состоятъ 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 собственного вѣса ихъ, пѣтъ 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 собственного вѣса, т. е. придаютъ ей то положеніе, которое она имѣла при первоначальной сборкѣ. Когда ферма подперта въ каждомъ узлѣ,—можно свободно расклевывать части пояса, снимать раскосы и пр.

Подобный приемъ былъ употребленъ при усиленіи фермъ мостовъ чрезъ р.р. Суру, Цну и Кашму на Сызрано-Вяземской ж. д.

Чтобы убѣдиться, на сколько 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.

Испытаніе мостовыхъ фермъ. —  
Опредѣленіе прогиба фермъ. Опре-  
дѣленіе величины  
напряженія въ  
различныхъ ча-  
стяхъ фермы.

По постановленіямъ нашего М-ва П. С., для статическаго испытанія берется поѣздъ, составленный изъ трехъ восьмиколесныхъ паровозовъ и ряда груженыхъ вагоновъ по обѣ стороны этой группы паровозовъ; два изъ паровозовъ обращены трубами одинъ къ другому. Пробный поѣздъ, установленный на мосту наиболѣе невыгоднымъ образомъ, остается на немъ около 12 часовъ. 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 расчетѣ; 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 измѣняется величина бокового колебанія фермъ.

Величина прогиба опредѣляется нивеллиромъ (при статическомъ



испытаніи) или графически (при статическомъ и динамическомъ испытаніяхъ). Нивеллиръ устанавливають гдѣ либо выѣ 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 с.		Отъ 15 до 25 с.	Болѣе 25 с.
		$\frac{h}{L} < \frac{1}{10}$	$\frac{h}{L} > \frac{1}{10}$		
Упругій . . .	$\frac{1}{750} \cdot L$	$\frac{1}{1250} \cdot L$	$\frac{1}{1500} \cdot L$	$\frac{1}{1500} \cdot L$	$\frac{1}{1600} \cdot L$
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 одновременныхъ нивеллировкахъ онѣ ставились на одно и то же мѣсто, чтобы, 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 доходить до аспидной доски. На концѣ рейки (черт. 651) привинчиваютъ стальную полосу съ остриемъ, постоянно нажимающимъ на доску. При нагрузкѣ ферма прогибается, а вмѣстѣ съ нею опускается и аспидная доска, причемъ остріе прочерчиваетъ черту.

Для опредѣленія бокового колебанія верхняго пояса, прикрѣп-

ляютъ къ нему струбцинками аспидную доску и на особыхъ сваяхъ устанавливають 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 остриемъ. 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, прочерчиваетъ 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 Френселя 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 чер. 653 и 654 изображенъ этотъ приборъ, прикрѣпляемый къ фермѣ. На дно рѣки опускають грузъ  $Q$  (черт. 653), поддерживая его при погруженіи двумя веревками: къ тому же грузу привязана проволока, которая, огибая малый шкивъ ( $A$ ) (чер. 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 прикрѣпленной къ нему проволокой ( $n$ ); другой конецъ ея закрѣпленъ на блокѣ ( $C$ ), снабженномъ сильной спиральной пружиной, 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  $F$ , 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 внутрен-

ней стороны, обращенной къ бумажной лентѣ, имѣть на концѣ втулку съ карандашемъ, который касается ленты. При началѣ испытанія, прежде всего туго натягиваютъ проволоку, соединенную съ грузомъ, опущеннымъ на дно рѣки; 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 упусканіи 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 собою 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 представляютъ увеличенную вдвое величину прогиба.

Всѣми указанными выше приемами 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 Дюпюи, состоящій изъ длиннаго рычага *AB*, который соединенъ на одномъ концѣ шарниромъ съ короткимъ плечомъ рычага *BK*, имѣющаго ось вращенія въ *e*. Конецъ длиннаго плеча рычага *BK*, обдѣланный стрѣлкою, движется по циферблату съ дѣленіями. Приборъ прикрѣпляется въ точкахъ (*A*) и (*e*) нажимными винтами къ испытуемой части (*M, N*) мостовой фермы. При нагрузкѣ фермы, часть (*M, N*), а вмѣстѣ съ нею и разстояніе (*A, e*), удлинняется или сжимается, и величина этого измѣненія показывается на циферблатѣ увеличенною во столько разъ, во сколько плечо (*eK*) болѣе плеча (*eB*) (въ приборѣ Дюпюи это отношеніе было 20). Если площадь сѣченія испытуемой части— $\omega$ , коэффициентъ упругости—*E*, длина *Ae=L*, наблюдаемое удлинненіе 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 наръзкой, входитъ въ гайку. Коробка и гайка плотно привинчиваются къ данной части фермы. Въ коробкѣ три стрѣлки, которыя при началѣ испытанія взаимно покрываютъ одна другую 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 шпешкомъ  $(c)$  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 Дюнон. 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.

Для болѣе удобнаго осмотра фермъ и для мелкаго ремонта пользуются иногда особой подвижной платформой (люлькой), подвѣшенной съ вышней стороны фермъ къ рамѣ, снабженной колесами и способной перемѣщаться вдоль фермы по рельсамъ, которые прикрѣплены къ горизонтальнымъ листамъ верхнихъ поясовъ.

См. также по содержанию железныхъ мостовъ.

Особое вниманіе должно быть обращено на появленіе ржавчины, разъѣдающей желѣзо, такъ какъ отъ этого происходитъ уменьшеніе полезнаго сѣченія. Ржавчина скорѣе всего обнаруживается при сѣтлой 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 дребезжащія 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 Дюпон, Френкеля и т. п.

Періодическое испытаніе мостовыхъ фермъ пагрузкою, 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.

## Добавленіе къ главѣ IX.

Нерѣдко оказывается необходимымъ замѣнять поврежденные 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 временную 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 сплошнаго ряда 6—8 верхк. брусевъ. Вблизи выходныхъ концовъ трубы, до отмѣтки откоса насыпи въ 3—4 саж., штольня замѣняется открытыми прорѣзами. Работа по прорытію штольни производится обыкновенно съ обѣихъ 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 закап-

Штольни и прорѣзы въ насыпи для устройства каменныхъ трубъ. Примеръ замѣны деревяннаго моста каменной трубой.

чивают фундаменты до проектной ширины; послѣ этого закладывают 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 подѣ №№ 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 землянаго массива, замѣняли подпорную стойку болѣе высокой и ставили наклонныя подпорки (№ 3), упирая ихъ въ брусъ, расположенные 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 черезъ каждыя 0,50 саж. ставили рамы (№ 6) изъ короткихъ кругляковъ, располагая ихъ между продольными брусъями, и въ заключеніе укладывали рельсовый путь, по которому перемѣщались вагонетки съ землею.

На черт. 668 подѣ №№ *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 (*e*) и стойками (*D*), упиравшимися въ каменную кладку. Каменный матеріалъ подвозился въ тѣхъ же вагонеткахъ.

На черт. 669 представлены деревянные крѣпы, примѣняемыя 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  $1\frac{1}{2}$  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 сплошнаго ряда 3 вер. пластины (*H*), такъ что прогонъ былъ совершенно изолированъ отъ крѣпей. Послѣ устройства трубы, при обратной засыпкѣ прорѣза, всѣ деревянныя части были выпуты, за исключеніемъ шпунтовыхъ досокъ. Работа обошлась въ 6.000 руб.

На черт. 670 подъ №№ 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 подъ 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 прогонъ моста и уложили путь на земляномъ полотнѣ.



### Добавление къ страницѣ 337.

Въ дополненіе къ таблицѣ, помѣщенной на стр. 337, приводимъ еще нѣкоторые данныя о сопротивленіи разпавидностей железа въ зависимости отъ химическаго состава.

Ч у г у н ь.		Сварочное железо.			Литое железо.		Литая сталь.	
		Химическій составъ.	Химическій составъ.	Механическія свойства. Вдохъ прокатки	Вдохъ прокатки	Химическій составъ.	Механическія свойства.	Химическій составъ.
$C=2,5-3,0\%$	$R=12$ кил.	$C=0,10\%$	$R=36$ кил.	$R=31$ кил.	$C=0,10\%$	$R=45$ кил.	$C=0,40\%$	$R=60$ кил.
$S=2,0-2,5\%$	$\lambda=0$	$P=0,20\%$	$R=16$ кил.	$R=15$ кил.	$P=0,05\%$	$R=36$ кил.	$P=0,07\%$	$R=30$ кил.
		$S=0,03\%$	$\lambda=15\%$	$\lambda=5\%$	$Mn=0,35\%$	$\lambda=25\%$	$Mn=0,50\%$	$\lambda=12\%$
			$i=35\%$	$i=12\%$	$Sj=0,32\%$	$i=50\%$	$Sj=0,07\%$	$i=30\%$
					$S=0,02\%$		$S=0,03\%$	

$C$  = Углеродъ.  
 $P$  = Фосфоръ.  
 $Mn$  = Марганецъ.

$Sj$  = Кремній.  
 $S$  = Сѣра.  
 $R$  = Времени, выдержки, разраву.

$R'$  = Прѣдѣль упрукости.  
 $\lambda$  = Аппенс.  
 $i$  = Суженіе.