

627.82  
H-42

V

УСТРОЙСТВО  
ПЛОТИНЪ

ВЪ ТРЕХЪ ЧАСТЯХЪ.

СЪ АТЛАСОМЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

СОСТАВИЛЪ

Д. Д. НЕЕЛОВЪ.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. Остр., 2 лин., 7.

1881



2017



У

627.82  
626.4  
H-42

УСТРОЙСТВО

# ПЛОТИНЪ

ВЪ ТРЕХЪ ЧАСТЯХЪ.

проверено  
1966 г.

СЪ АТЛАСОМЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

СОСТАВИЛЪ

Д. Д. НЕЕЛОВЪ.

2017  
3 измел  
1904 (1904)  
Т. VI в. 1904

✓

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.



О С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія М. М. Стасюлевича. Вас. Остр., 2 лин., 7.

1884



(866)



# УСТРОЙСТВО ПЛОТИНЪ.

---

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

МАТЕРІАЛЫ, РАБОТЫ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОФИЛИ ПЛОТИНЪ.





# ОГЛАВЛЕНИЕ ВТОРОЙ ЧАСТИ.

## ОТДѢЛЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

### МАТЕРИАЛЫ ДЛѢ УСТРОЙСТВА ПЛОТИНЪ.

#### ГЛАВА VII.

##### Земли и грунты.

	стр.
22. <i>Земли.</i> Земля какъ матеріалъ и грунтъ для плотины. Составъ наносныхъ земель въ рѣчныхъ долинахъ. Примѣры для нѣкоторыхъ рѣкъ. Вторые берега и дилувиі. Физическія свойства земель и опыты Шюблера. Всѣхъ различныхъ земель. . . . .	1
23. <i>Грунты.</i> Глубина грунта. Неподвижность грунта. Различіе грунтовъ и ихъ свойства. Грунтъ скалистый. Грунтъ хрящеватый. Естественный откосъ. Грунтъ песчаный. Грунтъ глинистый. Грунты иловатый, болотный и торфяной. . . . .	15

#### ГЛАВА VIII.

##### Каменные матеріалы.

24. <i>Камни.</i> Матеріалы употребляемые при сооруженіи плотинъ и водоспусковъ. Возможность устройства у насъ каменныхъ плотинъ и въ особенности водоспусковъ. Качества строительнаго камня. Породы камней, употребляемыхъ въ строительномъ дѣлѣ. Прочность камней . . .	23
25. <i>Кирпичъ.</i> Приготовленіе кирпича. Обжиганіе кирпича. Крѣпость кирпича . . . . .	31
26. <i>Растворы.</i> Обжиганіе извести. Гашеніе извести. Обыкновенная и гидравлическая извести. Искусственная гидравлическая извести. Естественныя гидравлическія извести. Цементы. Приготовленіе растворовъ. Крѣпость растворовъ . . . . .	35
27. <i>Бетонъ.</i> Приготовленіе бетона. Употребленіе бетона . . . . .	51

ГЛАВА IX.

**Дерево какъ строительный матеріалъ.**

	СТР.
28. <i>Дерево вообще.</i> Распредѣленіе лѣсныхъ породъ. Главныя строительныя породы. Внутреннее строеніе дерева. Рубка лѣса. Сушка дерева. Долговѣчность дерева. Гниль сухая и мокрая. . . . .	57
29. <i>Дерево какъ строительный матеріалъ.</i> Сосна. Ель. Пихта. Лиственница. Дубъ. Черная ольха. Вѣсъ дерева. . . . .	68
30. <i>Величина сопротивленія дерева въ различныхъ случаяхъ.</i> Сопротивленіе вытягиванію и сжиманію. Сопротивленіе разрыву, раздробленію и скальванію. Сопротивленіе сгибанію и излому. Сопротивленіе крученію. Живое сопротивленіе дерева. Признаки доброкачества дерева на корнѣ и въ матеріалѣ. . . . .	80

ОТДѢЛЪ ПЯТЫЙ.

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТЪ, УПОТРЕБЛЯЕМЫХЪ ПРИ УСТРОЙСТВѢ ПЛОТИННЪ.

ГЛАВА X.

**Земляныя, каменныя и плотничныя работы.**

31. <i>Земляныя работы.</i> О земляной работѣ при сооруженіи плотинъ. Вычисленіе земляной работы въ насыпи и въ выемкѣ. Уроки земляныхъ работъ при копаніи. Перевозка земли. Насыпка плотинъ въ южныхъ степяхъ Россіи. Уроки перевозки земли. Дерновка . . . . .	100
32. <i>Каменныя работы.</i> Ломка камней. Обдѣлка камней. Каменная кладка. Бутовая кладка. Кирпичная кладка. Производство тесовой кладки. Производство бутовой кладки. Производство кирпичной кладки. Уроки кладокъ . . . . .	117
33. <i>Плотничныя работы.</i> Предметы плотничной работы. Плотничныя инструменты. Составъ плотничныхъ работъ. Уроки плотничныхъ работъ. Конопатка и осмолка . . . . .	139

ГЛАВА XI.

**Искусственныя основанія и бойка свай.**

34. <i>Искусственныя основанія.</i> Объ основаніяхъ вообще. Деревянные столбы. Каменные и кирпичные столбы. Каменный и кирпичный фундаментъ. Сваи частокомъ. Ростверкъ. Свайное основаніе. Трамбованіе грунта. Роствержковое основаніе. Бетонное основаніе. Основанія для гидротехническихъ сооружений. Основаніе изъ слани. Основаніе изъ шпунтовыхъ рядовъ и свайное. Основаніе ряжевое. Расчетъ груза для свайнаго основанія . . . . .	154
---	-----



35. *Забивка свай*. Свай простыя и шпунтовыя. Выборъ дѣла на свай. Заостреніе простыхъ свай. Башмакъ. Шпунтовыя свай. Грузъ, допускаемый на свай . . . . . 160
36. *Коперъ* Ручная баба. Забивка свай ручной бабой. Устройство ручнаго копра. Сборка и оковка копра. Копровая баба. Копровый шкивъ. Лопарный канатъ и кошки. Коперъ машинный. Сравненіе работы машиннаго копра съ ручнымъ . . . . . 164
37. *Бойка свай*. Разбивка работы и подмости. Закоперщикъ и число рабочихъ. Установка копра. Производство работы при забивкѣ простыхъ свай. Отказъ. Подбоекъ. Забивка шпунтовыхъ свай. Направляющія рамы и поплавокъ. Вытаскиваніе свай. Забивка свай машиннымъ копромъ. Количество забиваемыхъ свай въ рабочей день . . . . . 172

## Г Л А В А XII.

### Фашияныя работы.

38. *Фашины*. Различныя фашияныя сооруженія. Вязка фашинъ. Вицы, или перевязи. Прутыяныя канаты. Колья . . . . . 180
39. *Укладныя сооруженія*. Бѣны рѣчныя. Устройство бѣнъ. Фашияное покрывало. Метловое покрывало. Прикройныя сооруженія . . . 186
40. *Береговыя одежды и фашияныя стѣны*. Метловая береговая одежда. Береговая одежда изъ фашинъ плашмя. Обрѣзка побѣговъ. Фашияныя стѣны между рядами свай. Фашияное основаніе для гатей. О примѣненіи у насъ фашияныхъ работъ. Данныя для исчисленія стоимости фашияныхъ работъ . . . . . 198

## ОТДѢЛЪ ШЕСТОЙ.

### ОПРЕДѢЛЕНІЕ ДАВЛЕНІЙ ЗЕМЛИ И ВОДЫ И НАЧЕРТАНІЕ ПРОФИЛЕЙ ПЛОТИНЪ.

## Г Л А В А XIII.

### Давленіе земли и воды на подпорныя стѣны и плотины.

41. *Общее замѣчаніе*. Давленіе сыпучихъ тѣлъ. Естественный откосъ. Уголъ тренія или покоя. Сцѣвленіе частицъ. Призма наибольшаго давленія. Горизонтальное давленіе земли и воды. Примѣры вычисленій. Графическіе способы опредѣленія величины горизонтальнаго давленія земли. Графическое выраженіе давленія воды. Точка приложенія горизонтальнаго давленія. Напоръ и отпоръ земли. . . . . 207
42. *Способы опредѣленія размѣровъ сооруженія, въ зависимости отъ давленія земли или воды*. Условія устойчивости подпорной стѣны относительно вращенія. Линія сопротивленія для прямоугольнаго профиля

есть парабола. Опредѣленіе толщины стѣны. Коэффициентъ устойчивости. Условія устойчивости стѣны относительно скользенія. Опредѣленіе плотностей земли и гаменной кладки. Опредѣленіе коэффициента тренія и угла тренія. Сокращенныя формулы устойчивости. Примѣры вычисленій. 220

## Г Л А В А XIV.

### **Устойчивость земляныхъ и каменныхъ плотинъ и опредѣленіе ихъ профилей.**

43. *Общія соображенія.* Предѣльная высота земляной плотины. Послѣдствія прорывовъ. Значеніе профиля. Условія устойчивости и прочности. Проницаемость . . . . . 238
44. *Устойчивость и профиль земляныхъ плотинъ.* Сортъ земли для тѣла плотины. Формулы устойчивости. Вліяніе промерзанія и оттаяванія. Опредѣленіе профиля . . . . . 241
45. *Устойчивость и профиль каменныхъ плотинъ.* Формулы Понселе и Морена для плотинъ съ прямоугольнымъ профилемъ. Общія условія устойчивости. Введеніе въ вопросъ условія прочности матеріаловъ и наименьшей ихъ затраты. Предѣльное сопротивленіе раздробленію. Вліяніе профиля на прочность, устойчивость и количество матеріала. Профиль стѣны равнаго сопротивленія. Опредѣленіе профиля равнаго сопротивленія плотины. Сравненіе различныхъ профилей. . . . . 249



## ОГЛАВЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ КО ВТОРОЙ ЧАСТИ.

	стр.
XXV. Составъ строительныхъ камней . . . . .	261
XXVI. Уголъ тренія . . . . .	265
XXVII. Конусъ тренія. Опредѣленіе величины напора земли. . . . .	267
XXVIII. Опредѣленіе точки приложенія давленія воды и земли на опорную плоскость . . . . .	269
XXIX. Опредѣленіе величины отпора земли . . . . .	272
XXX. Линія сопротивленія и коэффициентъ устойчивости въ подпорныхъ стѣнахъ . . . . .	276
XXXI. Условія устойчивости подпорной стѣны съ профилемъ трапеціи. . . . .	279
XXXII. Горизонтальное и вертикальное давленіе воды и устойчивость плотины относительно скользенія . . . . .	281
XXXIII. Устойчивость плотины относительно вращенія . . . . .	283
XXXIV. Опредѣленіе формы верховаго отброса земляной плотины . . . . .	285
XXXV. Опредѣленіе профилей каменныхъ высокихъ плотинъ . . . . .	288
XXXVI. Графическій способъ опредѣленія профиля каменной плотины. . . . .	297
XXXVII. Сопротивленіе каменной плотины скользенію . . . . .	303
XXXVIII. Преобразованіе профилей подпорныхъ стѣнъ и плотинъ. . . . .	304





# ОТДѢЛЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

## МАТЕРІАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПЛОТИНЪ.

### ГЛАВА VII.

#### ЗЕМЛИ И ГРУНТЫ.

**22. Земли.**—Мы должны разсмотрѣть земли въ двухъ различныхъ отношеніяхъ: во-первыхъ, какъ *матеріалъ* изъ котораго устраивается *тѣло* земляной плотины, или собственно земляная насыпь, и во-вторыхъ какъ *грунтъ*, или основаніе, на которомъ возводится устройство плотины и водоспуска.

Выше мы видѣли, что русла рѣкъ занимаютъ чаще самую небольшую часть геологической долины, которая, даже у небольшихъ рѣкъ, или въ верховьяхъ большихъ, имѣетъ ширину отъ нѣсколькихъ саженей до нѣсколькихъ верстъ. А потому при устройствѣ плотинъ намъ приходится имѣть дѣло почти исключительно съ почвами наносными, которыя постепенно и постоянно отлагали и продолжаютъ отлагать воды рѣкъ во время весеннихъ разливовъ.

Слѣдовательно грунтъ, на которомъ устраивается плотина, будетъ всегда, или дно настоящаго, или частію бывшаго русла рѣки, вслѣдствіе блужданія рѣкъ въ своей геологической долинѣ. Земля же, которая поступитъ въ тѣло плотины и которая всегда берется съ мѣстности, по возможности, ближайшей къ плотинѣ, будетъ бѣльшею частью *аллювіальная*, или наносная земля, которою рѣка выполнила свою долину. Только въ особыхъ случаяхъ эта земля будетъ *дильювіальная*, или осадочная (какъ дно бывшаго моря), когда ее будутъ брать изъ береговъ геологической долины, если случайно они будутъ находиться близко отъ мѣста устройства плотины и если заключающаяся въ нихъ земля, по свойству своему, удовлетворительна для образованія тѣла плотины.

Поэтому, чтобы знать съ какимъ матеріаломъ и съ какимъ грунтомъ мы чаще будемъ имѣть дѣло, укажемъ здѣсь нѣсколько подробнѣе способъ и порядокъ отложенія рѣками наносовъ, а затѣмъ и на

самыя наслоенія этихъ наносовъ, которыя оказываются въ дѣйствительности въ нѣкоторыхъ нашихъ рѣкахъ.

Говоря о переносной силѣ воды, мы видѣли, что во время половодій рѣки переносятъ во взвѣшенномъ состояніи большое количество земель, отъ самыхъ тонкихъ и мелкихъ частицъ, до песка, гравія и даже камней; посредствомъ же льда рѣки переносятъ на большое разстояніе значительной величины камни, вмерзающіе въ ледъ и поднимаемые льдомъ при возвышеніи разлива. Тамъ, гдѣ вода течетъ съ большою быстротой и гдѣ, слѣдовательно, ея переносная сила болѣе, могутъ отлагаться на дно русла лишь большіе камни; по мѣрѣ уменьшенія скорости теченія, вслѣдствіе уменьшенія паденія русла, или вслѣдствіе уменьшенія разлива и глубины воды, начинаетъ отлагаться крупный, затѣмъ мелкій гравій; далѣе пески, смѣси мелкихъ песковъ съ глинистыми или известковыми землями и наконецъ въ мѣстахъ самыхъ слабыхъ теченій—только самыя тонкія части глинистыхъ и известковыхъ земель а также перегной, какъ легчайшія. Каждый разливъ отлагаетъ весьма тонкій слой наноса, который иногда отличается отъ предыдущаго въ зависимости отъ того, какой изъ впадающихъ въ рѣку притоковъ сильнѣе участвуетъ въ ея разливѣ и потому приноситъ тотъ или другой сортъ земли, господствующій въ его бассейнѣ. Вслѣдствіе чего наносныя грунты иногда состоятъ изъ тонкихъ, различныхъ по составу слоевъ земель и песковъ, иногда же изъ довольно однородныхъ отложеній, представляющихъ значительную толщину. Такъ какъ весной ручьи, текущіе по лугамъ, обрабатываемымъ полямъ и лѣсамъ, сносятъ въ рѣки нѣкоторое количество чернозема, или перегноя, то и его части попадаютъ въ рѣчныхъ наносахъ. Вслѣдствіе обрушенія береговъ отъ разлива водою и дѣйствія плывущаго льда, вмѣстѣ съ ними обрушаются и растущія на берегахъ деревья, уносимыя разливомъ и часто замываемые отложеніями и вновь отмываемые въ извилинахъ. Въ замытыхъ старицахъ, какъ уже видѣли, часто образуются торфяныя залежи; при новомъ уклоненіи русла, эти торфяныя залежи иногда обнажаются въ новыхъ берегахъ рѣки. Такимъ образомъ отличительная характеристика наносныхъ рѣчныхъ долинъ, указывающая и на способъ ихъ образованія, заключается, слѣдовательно, въ слояхъ земель различной толщины и различнаго состава; въ присутствіи чернозема и растительныхъ остатковъ, въ присутствіи иногда гравія и галекъ, и въ значительной рыхлости этихъ земель сравнительно съ осадочными почвами. Тонкость частицъ отлагающихся земель, говоря теоретически, должна увеличиваться въ долинахъ по мѣрѣ удаленія отъ верховьевъ рѣки къ устью, а по ширинѣ долины—по мѣрѣ удаленія отъ русла ко вторымъ берегамъ рѣчной долины; поэтому ближе къ руслу должны встрѣчаться гравій и пески, а къ берегамъ долины—глинистыя и известковыя земли, какъ уносимыя до крайнихъ предѣловъ ширины разлива. Но какъ рѣки часто измѣняютъ свои русла, то новымъ русломъ онѣ могутъ прорѣзать и прежде отложившіеся слои, или пласты, глины и прѣсноводныхъ известняковъ въ своихъ долинахъ. По длинѣ же своего теченія,

такъ какъ высота разлива и быстрота теченія всего болѣе въ верховьяхъ, то тамъ обыкновенно рѣки должны отлагать камни и гравій, глинистыя же и известковыя тонкія части, а равно и легкія части перегной, нести далѣе и отлагать въ низовьяхъ, гдѣ обыкновенно и образуютъ самыя лучшія и плодоносныя почвы. Но если на пути своемъ онѣ отмываются вторые берега, въ которыхъ заключаются камни и гравій, то и въ среднемъ и нижнемъ теченіяхъ рѣки могутъ отлагать эти матеріалы.

Образованіе береговъ рѣкъ всего удобнѣе наблюдать въ кручахъ, отмываемыхъ самой рѣкой, а также въ случайныхъ разрѣзахъ у рѣкъ при проведеніи шоссе, желѣзныхъ дорогъ, или въ отрываемыхъ берегахъ и ямахъ, въ которыхъ добываютъ песокъ, глину, известь, камни и вообще строительные матеріалы. Для характеристики береговъ рѣкъ и состава земель, изъ которыхъ они образованы въ центральныхъ губерніяхъ Россіи, приведемъ здѣсь нѣсколько разрѣзовъ изъ большаго числа наблюдавшихся *г. Докучаевымъ*, которые приведены имъ въ его сочиненіи „Способы образованія рѣчныхъ долинъ“ (стр. 121—195).

Г р. *Днѣпръ*. Въ самыхъ верховьяхъ рѣки, у деревни Мальцева, обнаружился слѣдующій разрѣзъ (счетъ словъ всегда сверху внизъ): 1) сѣрая, песчаная глина безъ галекъ и валуновъ, слой толщиной 10 футовъ; 2) синеватый суглей съ мелкими растительными остатками— 2 фута. Первое обнаженіе горнаго известняка, до 14 футовъ высотой, оказалось на лѣвомъ берегу, верстахъ въ двухъ выше села *Спаса*. Около села *Каменица* оказался слѣдующій разрѣзъ: 1) луговой дерень  $\frac{1}{2}$  фут.; 2) торфянистыя массы съ неясно очерченными прослойками сѣрой, песчанистой глины—5 фут.; 3) синяя песчаная глина съ мелкими совершенно сгнившими растительными остатками, но безъ валуновъ и галекъ. Отъ гор. *Дорогобужа* до села *Бизюкова*: во всѣхъ встрѣченныхъ разрѣзахъ верхнюю половину обнаженій составляли, или блѣдно-красная песчаная глина, съ очень тонкими прослойками бѣлаго песку, или одинъ слоистый песокъ. Въ нижней половинѣ береговъ, во многихъ пунктахъ, синяя, песчаная глина; въ этомъ слоѣ много стволовъ дуба, ольхи, березы и ели и неизвѣстные травянистые остатки. Ни галекъ, ни валуновъ нѣтъ, ни въ руслѣ рѣки, ни въ ея берегахъ. Далѣе, передъ дерев. *Киселевой*: 1) тонкослойный желтый песокъ; слой совершенно горизонталенъ и такъ тонки, что ихъ помѣщалось по нѣсколько въ одномъ дюймѣ; толщина всего слоя 8 фут.; 2) песчаная темносиняя глина съ прослойками такого же цвѣта песка; много дубовыхъ стволовъ; толщина слоя 5 фут. Версть 5—6 ниже *Слободища*, аллювиальные берега Днѣпра достигаютъ до 20 футовъ надъ водой; во всю ихъ толщину они сложены большею частію изъ одного, то горизонтально, то струйчатослоистаго песку. Версты двѣ ниже села *Свирколучья*, въ правомъ берегу оказался слѣдующій разрѣзъ: 1) красная очень песчаная глина—7 фут.; 2) ноздреватая плитки, смѣшанныя съ той же глиной, бурокрасной дерновой руды—1 фут.; 3) грязносиняя глина—4 фут. Версты за три выше села *Соловьева*, Днѣпръ подмылъ свой правый берегъ, возвышающійся здѣсь футовъ на 30—40 надъ уровнемъ его водъ



и по увѣренію мѣстныхъ жителей, никогда не заливаемый самими высокими весенними разливами; „эти обстоятельства, замѣчаетъ г. *Докучаевъ*, могли говорить въ пользу того, что данное мѣсто инаго происхожденія и болѣе стараго возраста; построение вышеупомянутаго разрѣза: 1) дюнный песокъ 5—10 фут.; 2) желтый горизонтально-слоистый песокъ безъ галекъ и валуновъ—20 фут.; 3) темносиняя, съ песчаными синеватыми прослойками, глина 7—10 фут.,—не оправдало такого заключенія: берегъ показывалъ совершенно то же, что мы десятки и сотни разъ видѣли и выше“. Далѣе мы приведемъ коротко нѣкоторыя разрѣзы наблюдавшіеся г. *Докучаевымъ* въ другихъ рѣкахъ.

II. На рѣкѣ *Касплъ*, версть 6 не доходя г. *Портчя*. 1) Растительный слой сѣраго цвѣта— $\frac{1}{2}$  фута; 2) бѣлый тонкослоистый песокъ— $3\frac{1}{2}$  фута, 3) синеватый слоистый песокъ—4 фут. 8 дюйм.; 4) глинисто-песчаный слой съ тремя торфянистыми прослойками—5 фут.; 5) краснубурая очень вязкая глина, образующая и дно рѣки, слой выше горизонта воды—7 фут.

Берегъ Каспли въ г. *Портчѣ*: 1) красный песокъ—15 фут.; 2) бѣлый съ красными прослойками песокъ—20—30 фут.; 3) черная вязкая глина—2 фут.

III. Въ р. *Обши* (или *Обжѣ*), близъ деревень *Песокъ*, *Сорокино* и *Устье*, до самаго ея впаденія въ р. *Межу*: 1) растительный слой сѣраго цвѣта—3 дюйм.; 2) блѣднокрасная песчаная глина—6 фут.; 3) рыхлая песчано-глинистая черная земля съ растительными остатками—7 фут.; 4) синеватый вязкій суглей—1 фут.; 5) сѣрый слоистый песокъ—5 фут. (внизу сильный ключъ, что означало залеганіе этого слоя ниже глины). При слияніи р. *Обши* съ р. *Межей*: 1) растительный слой бураго цвѣта съ зернами болотной руды—4 дюйм.; 2) блѣднокрасная песчаная глина— $2\frac{1}{2}$  фут.; 3) красный слоистый песокъ до уровня воды—25—30 фут.

IV. Разрѣзъ берега р. *Западной Двины* въ г. *Велижѣ*: 1) красная мало-песчаная глина безъ галекъ и валуновъ—20 фут.; 2) крупный песокъ съ множествомъ мелкихъ (въ орѣхъ) кристаллическихъ галекъ— $\frac{1}{2}$  ф.; 3) блѣдносиневатая очень вязкая глина съ небольшимъ числомъ (двѣ, три въ  $\frac{1}{2}$  куб. фут.) галекъ—8 фут.; 4) крупный песокъ съ гальками (какъ въ № 2)—3 фут. Въ Западной же *Двинѣ* противъ дер. *Пиленки*: 1) свѣтлокрасная песчаная глина безъ валуновъ—20 фут.; 2) краснубурый песокъ, цементированный окисью желѣза, небольшіе, въ 1 куб. фут., валуны—12 фут.

V. Въ р. *Качпѣ* (системы р. *Вазузы*) съ версту ниже села *Ивановскаго*: 1) растительный слой—4 дюйм.; 2) пестрая очень вязкая съ черными и красными пятнами глина—6 фут.; 3) слоистый песокъ съ пропласткомъ гравія—2 ф. Въ р. *Качпѣ*, близъ устья р. *Яблонки*: 1) растительный слой—3 дюйм.; 2) блѣднокрасная песчаная глина съ пропласткомъ въ  $\frac{1}{2}$  фут. синей очень вязкой глины 5—8 фут.; 3) черная вязкая глина 3—5 фут.

VI. Въ р. *Гжатѣ*, у самаго г. *Гжатска*, вся долина аллювиальная, вторыхъ береговъ не видно. Въ верстѣ отъ города, къ дер. *По-*

личня, слѣдующій обрѣзъ: 1) сѣрая песчаная глина безъ галекъ — 5 фут.; 2) грязносиняя глина — 4 фут.; 3) мелкій желтый песокъ, внизу съ гравіемъ — 7 фут. У деревни *Шеляи*, ниже Гжатска: 1) сѣрый тонкій песокъ —  $1\frac{1}{2}$  фут.; 2) свѣтлокрасная песчаная глина — 5 фут.; 3) блѣдно-синій глинистый песокъ — 7 фут.

VII. Въ р. *Вазузѣ*, у деревни *Совики*: 1) блѣднокрасная вязкая глина — 8 фут.; 2) бурая плотная глина — 5 фут. Противъ дер. *Якушевой*: 1) блѣднокрасная песчаная глина — 6 фут.; 2) грязносиняя глина — 3 фут. У села *Липецъ*: 1) красная диллювиальная глина, вверху съ рѣдкими кристаллическими валунами (кварцитъ, сѣрый гранитъ и гнейсъ), а снизу съ массой известковыхъ и кремневыхъ, каменноугольныхъ галекъ — 15 фут.; 2) бѣлый, плотный, сверху нѣсколько разрушенный известнякъ — 7 фут.; 3) кремневая плиты, на верхней поверхности съ массой окаменѣлостей —  $1\frac{1}{2}$  фут.

Изъ приведенныхъ выше наблюденій г. *Докучаева* видно, что вездѣ, гдѣ только рѣки не прорыли себѣ русла въ диллювіи, свойства ихъ непосредственныхъ береговъ оказываются довольно сходными и состоятъ изъ болѣе или менѣе толстыхъ и перемежающихся слоевъ глинъ и песковъ; причемъ пески чаще залегаютъ вверху, а глины внизу, перемежаясь иногда песчано-глинистыми или глинисто-песчаными слоями, съ содержаніемъ или безъ содержанія галекъ и валуновъ. Поэтому эти земли будутъ главными матеріалами и грунтами, съ которыми придется имѣть дѣло при сооруженіи плотины.

Въ геологическомъ строеніи нашихъ рѣчныхъ долинъ, прежде всего бросается въ глаза, говоритъ г. *Докучаевъ*, та тѣснѣйшая связь, какая существуетъ въ этомъ случаѣ, между формой и внутреннимъ строеніемъ: если, какъ сейчасъ увидимъ, всѣ типическія особенности наружнаго вида русскихъ рѣчныхъ долинъ являются всегда строгимъ выраженіемъ ихъ геологическаго строенія, то, въ свою очередь, и это послѣднее всегда можетъ быть узнано, *предсказано*, на основаніи формы рѣчной долины.

Справедливость обѣихъ этихъ положеній можетъ быть легко повѣрена на двухъ схематическихъ разрѣзахъ, представленныхъ на фиг. 108 и 109; изъ нихъ фиг. 108 представляетъ продольный, а фиг. 109 поперечный разрѣзъ нашихъ рѣчныхъ долинъ.

Оба эти разрѣза, говоритъ г. *Докучаевъ*, одинаково точно передаютъ то, что было сказано нами о геологическомъ строеніи, между прочимъ, Днѣпра, Вазузы, Межи, Каспли, Гжати, Качни, З. Двины, Шексны, Мологи и проч. На фиг. 109, какъ и въ природѣ, прежде всего попадаютъ на глаза довольно рѣзко очерченные вторые берега *A'* и *A'*. Они всегда бывають сложены изъ породъ болѣе древнихъ, чѣмъ сама аллювиальная долина *B*, *B*, а слѣдовательно и ея отложенія; эти же древнія породы *A*, *A*, составляютъ обыкновенно и дно аллювиальныхъ долинъ.

Здѣсь *F* изображаетъ теперешнее русло рѣки, съ рѣчнымъ гравіемъ и пескомъ *h*, на днѣ; *C* изображаетъ старицу, на днѣ которой успѣлъ отложиться значительный слой *k*, вязкой, темной глины,

Черт. IX.  
 фиг. 108.  
 фиг. 109.

богатой растительными остатками и прѣсноводно-наземными раковинами; она у краевъ старицы налегаетъ обыкновенно на песчанья отложения *a, a*. На болѣе низкихъ горизонтахъ залегаютъ слои синеватой глины *b*, съ боковъ песчанья отложения и надъ ними, въ верхнихъ горизонтахъ, торфянистыя массы *e*. Но главную массу рѣчныхъ отложений составляютъ пласты *G* и *E*, верхняя поверхность которыхъ обнаруживаетъ иногда замѣтное повышеніе по направленію къ рѣчному руслу. Въ нижнихъ горизонтахъ, *G*, этихъ отложений, всегда замѣчается ясное преобладаніе черносиневатыхъ глинъ и краснобурныхъ, иногда съ гравіемъ, чрезвычайно тонкослоистыхъ песковъ. Въ верхнихъ же горизонтахъ *E, E*, господствуетъ болѣе равномерная смѣсь песка съ глиною; и тотъ и другая часто обособляются, особенно внизу отложений, въ отдѣльные слои, которые нерѣдко являются тонкоструйчатыми. Среди этихъ образованій, болотная руда и прѣсноводный известнякъ являются только спорадически. Замѣчательно, говоритъ г. *Докучаевъ*, что не смотря на чрезвычайно быструю выклиниваемость всѣхъ пластовъ, входящихъ въ составъ нашего схематическаго разрѣза, ихъ взаимныя отношенія (болѣе глинистыя элементы внизу, а песчаные вверху) оставались постоянными, почти безъ исключеній, не только на протяженіи 400—500 верстъ одной и той же долины Днѣпра, но и на всѣхъ остальныхъ нашихъ рѣкахъ.

Такъ напр., при заложеніи каменнаго водоспуска на р. Сестрѣ, при Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ (близъ С.-Петербурга), произведенная сондировка, говоритъ г. *Гаусманъ*, показала, что прочный, плотный, глинистый пластъ залегалъ на глубинѣ около 26 фуг. ниже дна русла рѣки; выше его лежали пласты весьма плотнаго ила съ булыжнымъ камнемъ, болѣею частію гранита, иногда весьма большихъ размѣровъ, которые весьма затрудняли забивку шпунтовыхъ линій и требовали предварительнаго выниманія ихъ изъ грунта; выше же до самаго дна русла сыпучій песокъ. Мы уже выше говорили, что рѣки, преимущественно въ своихъ верховьяхъ, гдѣ высота разлива и переносная сила ихъ больше, отлагаютъ камни и крупный гравій. Но конечно эти отложения могутъ происходить лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣки на протяженіи своего теченія встрѣчаютъ эти матеріалы въ размываемыхъ ими аллювіальныхъ или диллювіальныхъ берегахъ. Какъ примѣръ, мы можемъ привести въ этомъ отношеніи верховье р. Москвы. Верстахъ въ 25—30 отъ ея источниковъ, начиная отъ селъ *Глинковъ* и *Ренскаго*, между которыми она протекаетъ, и до селца *Пышкова*, т.-е. на протяженіи 9—10 верстъ, все дно ея почти на всемъ этомъ протяженіи составлено изъ галекъ и валуновъ, почти всегда округленныхъ и весьма рѣдко съ острыми краями. Нѣкоторые изъ камней, находящихся въ руслѣ, достигаютъ величины нѣсколькихъ куб. футовъ, но чаще въ 1 или въ 1½ фута, а самое большее число представляетъ величину обыкновеннаго булыжнаго камня. Въ плесахъ, каменистое дно чаще засыпано гравіемъ и пескомъ, но на быстринахъ камни постоянно обнажаются. На этомъ пространствѣ, геологическая долина рѣки и ея

вторые берега вездѣ совершенно ясно очерчены и возвышаются на 40—70 и болѣе футовъ надъ поверхностью рѣчной долины, ширина которой составляетъ здѣсь отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  версты. Русло рѣки прорытое въ долину имѣетъ чаще глубину отъ 5 до 10 футовъ; это русло во многихъ мѣстахъ касается вторыхъ береговъ и отмывая ихъ кручами, обнаруживаетъ большія толщи желтоватыхъ и красноватыхъ песковъ съ заключающимися въ нихъ гальками и камнями. На самой луговой долины рѣки, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, лежатъ, частію уже вросшіе въ землю, валуны значительной величины, безъ сомнѣнія оставленные на этихъ мѣстахъ рѣчнымъ льдомъ во время большихъ разливовъ.

Какъ рѣки, имѣющія скалистые берега и дно, составленные изъ довольно большихъ, сплошныхъ или разорванныхъ, глыбъ гранита, мы можемъ привести р. Тетеревъ въ г. Житомирѣ, р. Ятрань въ г. Умани, р. Россу въ Бѣлой Церкви, и многія другія въ губерніяхъ Кіевской, Подольской и Волынской, въ которыя проникаютъ послѣдніе отроги Карпатовъ. А на Уралѣ рѣки: Чусовую, Рѣжь, Пышму и др., въ берегахъ которыхъ обнаруживаются скалы діоритовыя, гнейсовыя, или изъ глинистаго сланца и горнаго песчаника. Въ Финляндіи и частію въ Олонецкой губерніи, рѣки—текущія въ гранитныхъ горныхъ породахъ; а въ средней Россіи по известнякамъ и песчаникамъ въ нѣкоторыхъ частяхъ своего теченія, какъ напр. р. Пахра, Десна и др. Какъ на рѣки съ болотными берегами можно указать: р. Ипсу, Стоходъ и др. изъ системы р. Припечи.

Наносы, или аллювіи, въ рѣчныхъ долинахъ, обнаруживаемыя въ берегахъ русла, очевидно образуются самою рѣкою; на вопросъ же, откуда взялись громадныя толщи глинъ, песковъ, извести, которыя обнаруживаются во вторыхъ берегахъ долины, когда рѣки подмываютъ и обрушаютъ эти берега, и которыя составляютъ такъ называемыя диллювіальныя образованія, или осадочныя,—можно дать одинъ отвѣтъ: онѣ образовались изъ цѣпей горъ, состоящихъ изъ плутоническихъ породъ и которыя также отчасти обязаны рѣкамъ своимъ происхожденіемъ. Доказано, напримѣръ, что все пространство между городомъ Бонномъ и моремъ наполнено пескомъ, принесеннымъ Рейномъ съ Альпійскихъ горъ, вся долина Египта образовалась р. Ниломъ, приносившимъ наносы изъ горныхъ странъ своего теченія.

„При видѣ пластовъ земли, песку и мелкихъ камней въ нѣсколько тысячъ футовъ толщины, я, говоритъ *Дарвинъ*, постоянно склоненъ былъ утверждать, что однѣ механическія причины, ручьи и горные потоки, не могли превратить такія громадныя массы въ измелъченное состояніе. Но съ другой стороны, слыша гремящій шумъ ниспадающихъ водъ, вспоминая, что ихъ разрушающее и раздробляющее дѣйствіе неустанно день и ночь длится въ теченіе огромнаго періода времени, въ который многія породы животныхъ успѣли навсегда исчезнуть съ лица земли, мнѣ представляется непонятнымъ, какъ могли еще до сихъ поръ устоять горныя массы“.

Связь между частицами твердыхъ минераловъ и горныхъ породъ



нарушается, частью механическими, частью химическими причинами. Главнымъ агентомъ этого разрушенія служитъ, въ томъ и другомъ случаѣ, вода. Гдѣ горные края постоянно или временно бываютъ подъ снѣгомъ, на самыхъ твердыхъ изъ нихъ замѣчается отщепленіе осколковъ, какъ вслѣдствіе дѣйствія мороза (мы уже знаемъ, что вода попавшая въ ращелины скалъ при замерзаніи увеличиваетъ объемъ на  $\frac{1}{20}$  часть и силою расширенія откалываетъ части скалъ) расширяющаго воду попавшую въ трещины и обращающуюся въ ледъ, такъ и вслѣдствіе движенія ледниковъ, или глетчеровъ, которые во время своего движенія обламываютъ прикасающіяся къ нимъ части скалъ, обтираютъ углы у обломковъ и округляютъ камни, попадающіе между ними и горною массою. Отъ этого ручьи вытекающіе изъ ледниковъ бываютъ мутны отъ уносимыхъ ими мелко растертыхъ частицъ горныхъ породъ. Къ этимъ механическимъ причинамъ разрушенія горныхъ краевъ водою, присоединяются еще химическія, производимыя также при содѣйствіи воды, кислородомъ и углекислою, находящимися всегда въ составѣ воздуха. Многія горныя породы, базальты, глинистые сланцы, содержатъ въ химическомъ соединеніи *закись желѣза*; она имѣетъ способность соединяться съ новымъ количествомъ кислорода и переходитъ въ *окись*, которая окрашиваетъ пески и глины въ желтоватый, красноватый и краснобурый цвѣта. Кристаллы солей закиси желѣза, отъ принятія кислорода, теряютъ свою форму и распадаются въ порошокъ; точно то же происходитъ и съ горными породами, когда ихъ составныя части имѣютъ свойство соединяться съ кислородомъ. Вслѣдствіе образованія новыхъ соединеній, нарушается связь, соединявшая частицы первоначальнаго соединенія.

Большая часть горныхъ породъ, какъ базальты, глинистые сланцы, порфиръ, минералы, какъ полевоы шпаты, многіе члены принадлежащіе къ формации известняка, суть смѣси различныхъ кремнекислыхъ солей; они состоятъ изъ разнообразныхъ соединеній кремневой кислоты съ глиноземомъ, известью, кали, натромъ, съ закисями желѣза и марганца. Кварцъ, или горный хрусталь, есть кремнеземъ, или кремневая кислота въ самомъ чистомъ видѣ. Въ этомъ состояніи она совершенно нерастворима въ водѣ; но при извѣстныхъ обстоятельствахъ она растворяется въ щелочахъ; кромѣ того она имѣетъ особое свойство: при выдѣленіи ея изъ ея соединеній кислотами, въ присутствіи достаточнаго количества воды, она не отдѣляется изъ воды и образуетъ съ нею студенистый, прозрачный осадокъ, т.-е. химическое соединеніе, называемое *водной кремневой кислотой*, служащее цементомъ для нѣкоторыхъ горныхъ породъ и окаменяющее животные остатки (это послѣднее явленіе можно видѣть въ извѣстномъ Карлсбадскомъ горячемъ ключѣ Шпруделѣ). Когда вода содержитъ углекислоту въ растворѣ, какъ всѣ ключевыя воды, а въ особенности нѣкоторыя, и вода падающая изъ атмосферы, она дѣйствуетъ на кремнекислыя соединенія разрушительно. Всѣ породы, составляющія скалы и горные края, въ составѣ которыхъ находятся кремнекислыя соединенія съ щелочнымъ основаніемъ, не могутъ

устоятъ противъ разлагающаго дѣйствія воды и углекислоты. Такъ, главная масса глинъ произошла отъ разложенныхъ полевыхъ шпатовъ; такъ какъ граниты заключаютъ въ своемъ составѣ полевой шпатъ, то нѣкоторыя глины произошли отъ разрушенія гранитовъ, какъ напр. желтая глина, повсемѣстно встрѣчающаяся въ Даніи. Изъ сіенитовъ и діоритовъ (зеленый камень), происходятъ синія глины, въ которыхъ нѣтъ слюды; большія толщи глины около Галле произошли вслѣдствіе вывѣтриванія порфіра <sup>1)</sup>.

Къ осадочнымъ горнымъ породамъ принадлежатъ известковыя, кремнистыя и кварцевыя породы; къ кремнекислымъ принадлежитъ, между прочимъ, глина, къ кварцевымъ песокъ. Изъ этихъ породъ составлены всѣ осадки, начиная отъ самаго нижняго до самаго верхняго, но не всѣ онѣ находятся во всѣхъ формаціяхъ, хотя главныя составныя части ихъ: глины, песокъ, или кварцъ, и известь, встрѣчаются во всѣхъ, но конечно не въ одинаковомъ количествѣ.

Осадки образуются изъ того матеріала, который уносится рѣками въ море, гдѣ онъ и осаждается. Минеральныя части, унесенныя рѣками въ море, образуютъ при впаденіи ихъ дельты, или уносятся рѣчнымъ и морскими теченіями далѣе въ открытое море. Известь растворяется въ рѣчной водѣ, а глина нѣтъ; поэтому послѣдняя уносится не такъ далеко въ море какъ известь и осаждается скорѣе и ближе къ берегамъ. Разнородные осадки смѣняются одинъ другимъ во всѣхъ формаціяхъ; за песчанистымъ слоемъ слѣдуетъ глина, за глиною рухлякъ, за рухлякомъ известнякъ, или подобныя породы въ другомъ порядкѣ. Порядокъ, въ которомъ слѣдовали эти осадки, зависѣлъ отъ большаго или меньшаго разстоянія отъ берега того мѣста, гдѣ теперь мы находимъ эти остатки. Плутоническія, или огневыя, горныя породы имѣютъ большое распространеніе, но всегдѣ мѣньшее, чѣмъ породы осадочныя (или водныя), которыя будучи предметомъ разрушенія и разложенія первобытной земной коры, постоянно увеличиваются на ея счетъ. Такъ какъ морское дно неровно, то и осадки на немъ отлагаются также неровно, и кромѣ того, положеніе ихъ измѣняется вслѣдствіе поднятій и опусканій земной коры. Съ перваго взгляда можетъ показаться, что минеральныя вещества составляютъ лишь незначительную часть всего громаднаго количества воды, вносимой въ моря рѣками, такъ какъ на 100.000 частей воды приходится всего 25, 30 или 40 частей минеральныхъ веществъ, но вычисленія показываютъ, что рѣки, какъ Рейнъ, Дунай, Рона, приносятъ морю въ продолженіи 8000 лѣтъ столько же минеральныхъ частей, сколько втекаетъ изъ нихъ въ море воды въ продолженіи одного года, еще не принимая въ расчетъ органическія вещества, всегда примѣшанныя къ рѣчной водѣ.

Такимъ образомъ становится понятнымъ образованіе громадныхъ

---

<sup>1)</sup> Юстусъ Либихъ. Химія въ приложеніи къ земледѣлію и физиологіи растений. Сельское изданіе. Пер. профессора Ильенкова. С.-Петербургъ. Брауншвейгъ. 1864 г. ч. 1. стр. 80 и слѣд.

пластовъ, особенно известковыхъ, ибо известъ одна, какъ извѣстно, составляетъ 50—94<sup>0</sup>/<sub>100</sub> всѣхъ минеральныхъ примѣсей воды. Известнякъ образуетъ на землѣ цѣлые хребты горъ; по химическому составу это, болѣе или менѣе, чистая углекислая известъ (мѣль). Напр. московскій горный известнякъ бѣлаго цвѣта (Мячковскій), содержитъ болѣе 96<sup>0</sup>/<sub>100</sub> углекислой извести, или мѣлу. Известнякъ часто вытѣсняется другими минералами, особенно кремнекислыми. Цѣлые пласты известняка превращаются иногда въ горныя породы, главная составная часть которыхъ, кремневая кислота, наиболѣе распространенная въ земной корѣ, какъ мало растворимая. Кварциты, песчаники и весь песокъ состоятъ почти исключительно изъ кремневой кислоты, или кремнезема. Глинистый сланецъ, напр. содержитъ въ себѣ 75<sup>0</sup>/<sub>100</sub> кремнезема; гранитъ, сіэнитъ и порфиръ отъ 60 до 80<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, базальтъ отъ 33 до 63<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, полевые шпаты до 69<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Осадки очень отдаленныхъ между собою рѣкъ весьма сходны по составу; иль Рейна сходенъ съ иломъ Нила и Сѣверо-Американскихъ рѣкъ. Составъ этого осадка весьма близко подходитъ къ составу глинистаго сланца, этой чрезвычайно распространенной горной породы и такимъ путемъ объясняютъ ея происхожденіе. Песчаники принадлежатъ также къ наиболѣе распространеннымъ образованіямъ; они встрѣчаются во всѣхъ формаціяхъ, начиная съ самыхъ древнихъ до третичной. По минералогическому составу, песчаники представляютъ массу кварцевыхъ зеренъ, соединенныхъ въ твердую горную породу помощію различныхъ цементирующихъ, или связывающихъ веществъ. Если зерна песка принимаютъ большой размѣръ, то песчаники переходятъ въ такъ называемые *конгломераты*.

Кварцъ, или безводный кремнеземъ, встрѣчается въ природѣ какъ самостоятельная горная порода, называемая *кварцитомъ*; онъ образуетъ иногда большія скалистые стѣны, какъ напр. близъ Таганая на Уралѣ. Въ видѣ песчаника кварцъ образуетъ цѣлые цѣпи горъ и въ видѣ песка онъ покрываетъ неизмѣримыя пространства земли <sup>1)</sup>.

Такимъ образомъ вода и воздухъ, дѣйствуя механически и химически, постоянно разрушали и разрушаютъ горныя породы, а рѣки и затѣмъ море, переносятъ и отлагаютъ эти разрушенные части, образуя изъ нихъ такъ называемые *осадочные*, или *диллювіальные* пласты, которые отлагаются на днѣ морей. Когда же море превращается въ сушу, вслѣдствіе поднятія земной коры и отступленія морскихъ водъ, то приносимый рѣками иль, въ видѣ *наносовъ*, или *аллювіальныхъ* пластовъ, отлагается поверхъ диллювія. Наносъ, или аллювій, состоитъ по большей части изъ песковъ, глинъ и мергеля; эти разрушенные и разложенные остатки плутоническихъ горныхъ породъ, перемѣщаясь съ возвышенностей въ низменности, распространялись по равнинамъ материковъ и мало по малу покрыли коренныя, осадочныя или диллювіальныя породы въ большей или меньшей степени.

<sup>1)</sup> Траутшольдъ. Основы геологій, ч. 1. Москва 1872 г. стр. 12 и слѣд., стр. 92 и слѣд.

Изъ этого весьма краткаго изложенія объ образованіи земель уже видно, что не только земли вообще, но глина, песокъ, суглинокъ, известнякъ, песчаникъ и т. п. матеріалы, употребляемые въ строительномъ дѣлѣ, весьма много различаются между собою по составу и качеству, при одномъ и томъ же общемъ названіи. Каждый изъ этихъ матеріаловъ можетъ быть различенъ по своему происхожденію, а потому и по качеству, какъ строительный матеріалъ, или какъ грунтъ для строенія. Притомъ, они представляются намъ въ чистомъ видѣ весьма рѣдко, а часто смѣшанными; такъ глина бываетъ песчанистою, песокъ—глинистымъ, суглей глинистымъ или песчанымъ, песокъ—кварцевымъ, известковымъ, слюдистымъ, или смѣсью тѣхъ и другихъ. А потому и характеристика земель и грунтовъ основывается лишь на преобладающемъ значеніи того или другаго изъ названныхъ матеріаловъ.

Въ строительномъ отношеніи для насъ особенно важны ихъ физическія свойства. Такъ напримѣръ кварцъ, или чистый кремнеземъ, служить главнымъ минераломъ для образованія песковъ; кремнистый песокъ въ крупныхъ зернахъ удерживаетъ въ себѣ 0,20 частей по вѣсу воды, тогда какъ очень мелкій удерживаетъ до 0,30 частей; крупный песокъ не имѣетъ связи и совершенно сыпучъ, мелкій же удерживаетъ нѣкоторую связь въ частяхъ и способенъ сохранять до извѣстной степени данную ему форму; онъ прилипаетъ къ орудіямъ. Чѣмъ песокъ мельче, тѣмъ онъ подвижнѣе и легче переносится вѣтрами. По *Костазу* (Costaz), зерна песка Ливійскихъ пустынь имѣютъ около 0,7 миллиметровъ въ діаметрѣ. До чего можетъ доходить мелкость песка, можно судить по слѣдующему: при разложеніи гранитовъ полевой шпатъ переходитъ въ глины, а вся слюда, какъ вещество трудно растворимое, переходитъ въ составъ песковъ; листки слюды бываютъ тоньше позолоты галуновъ, которая доходитъ до  $\frac{1}{500.000}$  линія; а потому при раздробленіи листовъ слюды можно судить о тонкости слюдистыхъ песковъ.

Подъ чистой глиной разумѣютъ соединеніе изъ 52 частей кремнезема, 33 частей глинозема и 15 частей пластической воды. Глина имѣетъ свойство образовать съ водою вязкое тѣсто, почему работа съ мокрой глиной очень трудна; она сильно прилипаетъ къ заступамъ и лопатамъ; а въ грунтѣ иногда бываетъ до того плотна, что ее можно отрывать только ломомъ или киркѣю. Самое важное для насъ ея свойство состоитъ въ томъ, что разъ насыщенная водою она болѣе не пропускаетъ себѣ воду.

Мы приведемъ здѣсь нѣкоторые опыты *Шюблера* относительно физическихъ свойствъ различныхъ земель, которыя весьма важны въ строительномъ отношеніи.

1) *Связность частицъ*. Относительно свойствъ связности частицъ въ разныхъ земляхъ, *Шюблеръ* смоченную землю формовалъ въ призматическій, одинаковой мѣры брусокъ съ квадратнымъ сѣченіемъ въ 225 квадратныхъ миллиметровъ, или бокъ котораго составлялъ 15 миллиметровъ; затѣмъ давалъ этому бруску совершенно высохнуть въ сильно

Черт. IX.  
стр. 110.

нагрѣтомъ воздухѣ подѣ грузомъ одного килограмма, для приданія ему нѣкотораго уплотнѣнія. Высохшій брусокъ онѣ клалъ на двѣ подпоры въ разстояніи 40 миллиметровъ одна отъ другой и на срединѣ между подпорами, на перекинутый чрезъ брусокъ снурокъ привѣшивалъ чашку, которую тихо и осторожно нагружалъ мелкой свинцовой дробью до тѣхъ поръ пока брусокъ переламывался. Величина груза опредѣляла относительную степень связности земель <sup>1)</sup>).

Бруски изъ разныхъ земель переламывались во время опытовъ при слѣдующихъ грузахъ:

Кремнистый песокъ	при 0,00 кгр.	Черноземъ	при 1,58 кгр.
Известковый песокъ	„ 0,00 „	Песчаный суглей	„ 10,44 „
Тонкая известковая земля	„ 1,00 „	Глинистый суглей	„ 12,53 „
Садоваярастительнаяземля	„ 1,28 „	Глинистая земля	„ 15,17 „
		Чистая глина	„ 18,22 „

2) *Липкость, или прилипаніе.* Относительно опредѣленія степени прилипанія земель къ работающимъ орудіямъ, *Шюблеръ* бралъ буковую дощечку въ квадратный дециметръ и плотно нажималъ ее на совершенно сырую испытываемую землю. Дощечка привѣшивалась на одинъ изъ рычаговъ вѣсовъ, а къ другому рычагу, или коромыслу, чашка, на которую осторожно насыпалась мелкая дробь. Когда пластинка отрывалась отъ земли, то грузъ на чашкѣ вѣсовъ опредѣлялъ степень ея прилипанія къ данному сорту земли.

Опыты показали, что дощечка отрывалась при грузахъ:

Въ кварцевомъ пескѣ	въ 0,19 кгр.	Въ глинистомъ сугленѣ	въ 0,52 кгр.
„ известковомъ пескѣ	„ 0,20 „	„ известковой землѣ	„ 0,71 „
„ садовой землѣ	„ 0,34 „	„ глинистой землѣ	„ 0,86 „
„ песчаномъ суглеѣ	„ 0,40 „	„ чистой глинѣ	„ 1,32 „

3) *Гигроскопичность* земель есть свойство ихъ удерживать между своими частицами воду въ большемъ или меньшемъ количествѣ при полномъ ихъ насыщеніи, т.-е. когда вода проходя сквозъ слой земли уже болѣе не задерживается при дальнѣйшемъ ея прибавленіи. Для опредѣленія этого свойства земель, *Шюблеръ* бралъ 20 граммовъ испытываемой земли, просушенной въ горячемъ воздухѣ, и клалъ ее въ воронку на фильтр изъ пропускной бумаги; затѣмъ насыщалъ ее водою и когда вода больше не отдѣлялась изъ воронки и переставала капать, взвѣшивалъ фильтр вмѣстѣ съ землею. Изъ этого вѣса вычиталъ вѣсъ мокраго фильтра и 20 граммовъ сухой земли; остальной вѣсъ составляла задержанная землею вода.

1) Если бы бруски были иной мѣры въ сѣченіи, или отъ формовки, или вслѣдствіе неодинаковаго усыханія, то приведеніе къ бруску въ 15 миллиметровъ приводилось изъ пропорцій сѣченій. Если напр. брусокъ, у котораго бокъ выходилъ въ 17 миллиметр. и его площадь сѣченія въ 289 миллиметр. и онѣ разламывался бы отъ груза напр. въ 300 граммовъ, то брусокъ изъ той же земли, но у котораго бокъ въ 15 милл. разламывался бы отъ груза,  $289 : 225 = 300 : x = \frac{225 \cdot 300}{289} = 233,5$  граммовъ. 1 миллиметръ = 0,04 дюйм. = 0,4 линіи; 1 килограммъ = 2,44 фунта.



По опытамъ *Шюблера* различныя земли удерживали на 100 частей своего вѣса частей по вѣсу воды.

Кварцевый песокъ	25 частей.	Чистая глина	70 частей.
Известковый песокъ	29 "	Тонкая известковая земля	85 "
Песчаный суглей	40 "	Садовая земля	89 "
Глинистый суглей	50 "	Черноземъ	190 "
Глинистая земля	60 "		

4) *Поглощеніе влаги изъ воздуха.* Способность разнаго рода земель поглощать, или втягивать въ себя влагу изъ атмосфернаго воздуха, опредѣлялась *Шюблеромъ* такимъ образомъ: высушенные земли, предварительно свѣшанныя, насыпались тонкимъ слоемъ на стеклянныхъ блюдечкахъ и накрывались стеклянными колпаками опущенными нижними краями въ воду. Затѣмъ земли взвѣшивались по прошествіи 12, 24, 48, 72 часовъ. При этомъ замѣчено во 1) что поглощеніе влаги замедляется по мѣрѣ высыхания земель; 2) что при той же температурѣ земли поглощаютъ больше влаги ночью чѣмъ днемъ; 3) что способность поглощенія слѣдуетъ порядку гигроскопичности земель и что самое сильное поглощеніе представляютъ черноземъ и торфяныя земли. При опытахъ *Шюблера* 5 граммовъ каждой земли разсыпанныя на поверхности квадрата, сторона котораго въ 36 миллиметровъ, поглотили частей влаги:

	Кварцевый песокъ послѣ 12 час.	0 послѣ 24 час.	0 послѣ 48 час.	0 послѣ 72 час.	0
Известковый песокъ	" 1,0	" 1,5	" 1,5	" 1,5	" 1,5
Песчаный суглей	" 10,5	" 13,0	" 14,0	" 14,0	" 14,0
Глинистый суглей	" 12,5	" 15,0	" 17,0	" 17,0	" 37,5
Глинистая земля	" 15,0	" 18,0	" 20,0	" 20,0	" 20,5
Глина	" 18,5	" 21,0	" 24,0	" 24,0	" 24,5
Тонкая известков. земля	" 13,0	" 15,5	" 17,5	" 17,5	" 17,5
Садовая земля	" 17,5	" 22,5	" 25,0	" 25,0	" 26,0
Черноземъ	" 40,0	" 48,5	" 55,5	" 55,5	" 60,0

Большая пропорція влаги поглощаемая черноземомъ и торфомъ и непрерывность этого поглощенія, объясняютъ выпучиваніе торфяниковъ, когда въ атмосферѣ въ теченіе нѣсколькихъ дней заключается много сырости.

5) *Способность высыхать.* Для опредѣленія способности земель высыхать, или отдавать заключающуюся въ нихъ влагу окружающему воздуху, *Шюблеръ* привѣшивалъ къ одному изъ рычаговъ вѣсовъ круглое жестяное блюдечко, плоское съ закраинами, площадь котораго равнялась 73 квадратнымъ сантиметрамъ. На этомъ блюдечкѣ онъ разсыпалъ ровнымъ слоемъ изслѣдуемую землю, вполне насыщенную водою и отвѣчалъ ей вѣсъ; затѣмъ предоставлялъ водѣ свободно отдѣляться испареніемъ изъ земли въ закрытой комнатѣ, при температурѣ 18<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Ц. въ теченіе 4 часовъ и по прошествіи этого времени опять взвѣшивалъ блюдечко съ землею и опредѣлялъ количество испарившейся воды.

Наъ 100 частей по вѣсу воды, въ теченіи 4-хъ часовъ, отдали

вѣсъ:

Кварцевый песокъ . . . . .	88,4 части.	Глинистая земля . . . . .	34.6 части.
Известковый песокъ . . . . .	75,9 „	Чистая глина . . . . .	31,9 „
Песчаный суглей . . . . .	52,0 „	Садовая земля . . . . .	24.3 „
Глинистый суглей . . . . .	45,7 „	Черноземъ . . . . .	20.5 „

6) Уменьшеніе объема при высыханіи. Это уменьшеніе объема Шюблеръ опредѣлялъ, дѣлая изъ земли кубы опредѣленнаго размѣра, одинаково насыщенные водою, и затѣмъ высушивая ихъ при опредѣленной температурѣ, снова опредѣлялъ ихъ размѣры, когда они переставали убавляться въ вѣсѣ отъ усышки. Такимъ образомъ при 18° Ц. и послѣ нѣсколькихъ недѣль сушки, подвергавшіяся испытанію земли уменьшали свой объемъ изъ 1000 частей:

Песчаный суглей на . . . . .	60 частей.	Садовая земля на . . . . .	149 частей.
Глинистый суглей на . . . . .	89 „	Чистая глина „ . . . . .	183 „
Глинистая земля „ . . . . .	114 „	Черноземъ „ . . . . .	200 „

Пески кварцевый и известковый почти не измѣнили объема; черноземъ, потерявшій  $\frac{1}{5}$  часть объема, объясняетъ пониженіе торфяниковъ при ихъ высыханіи <sup>1)</sup>.

Вѣсъ различныхъ земель зависятъ отъ ихъ свойства и происхожденія, отъ ихъ взаимнаго смѣшенія, степени сухости или сырости и отъ того, разсматриваются ли онѣ на мѣстѣ своего нахожденія, въ плотномъ грунтѣ, или вынутыя изъ грунта и въ болѣе или менѣе разрыхленномъ состояніи.

Вѣсъ земель и грунтовъ по урочному положенію изд. 1870 года.

НАЗВАНІЕ ЗЕМЕЛЬ И ГРУНТОВЪ.	Въ одной кубич. саж. пудовъ:		Въ 1000 пудахъ кубическихъ саж.	
	отъ —	до:	отъ —	до:
Глина въ грунтѣ или плотной массѣ . . . . .	1000	— 1144	1	— 0,874
Глина вынутая изъ грунта . . . . .	800	— 915	1,25	— 1,095
„ съ голышами въ грунтѣ . . . . .	1360	— 1600	0,735	— 0,625
Глинистая земля въ грунтѣ, или плотной массѣ . . . . .	950		1,053	
Глинистая земля въ выемкѣ . . . . .	815		1,226	
Песокъ чистый, сухой, смотря по крупности зерна . . . . .	815	— 960	1,227	— 1,042
Песокъ влажный . . . . .	850	— 1150	1,176	— 0,87
„ овражный, глинистый . . . . .	1000	— 1050	1	— 0,953
„ рѣчной, влажный . . . . .	1050	— 1100	0,953	— 0,909
Грунтъ песчано-глинистый плотно слежавшійся . . . . .	1500	— 1600	0,666	— 0,625
Грунтъ каменист. слоистаго сложенія . . . . .	1100	— 1400	0,909	— 0,714
Земля, смѣшанная съ пескомъ и гравіемъ въ грунтѣ . . . . .	1100		0,909	

<sup>1)</sup> Cours d'agriculture, par le Comte de Gasparin. Seconde édition. Paris. 1846 Tôme I, p. 141 et suiv.

НАЗВАНІЕ ЗЕМЕЛЬ И ГРУНТОВЪ.	Въ одной кубич. саж. пудовъ: отъ — до:	Въ 1000 пудахъ ку- бическихъ саж. отъ — до:
Тоже въ выемкѣ . . . . .	925	1,081
Земля щебенистая въ грунтѣ или плотной массѣ . . . . .	950 — 1130	1,053 — 0,885
Тоже въ выемкѣ . . . . .	800 — 970	1,25 — 1,03
Земля щебенистая съ валунами въ грунтѣ. . . . .	980 — 1360	1,02 — 0,785
Тоже въ выемкѣ . . . . .	825 — 1160	1,212 — 0,862
Гравій гранитный . . . . .	1100	0,909
„ смѣшанный. . . . .	950	1,053
Земля растительная въ грунтѣ или плотной массѣ . . . . .	900	1,111
Тоже въ выемкѣ . . . . .	675	1,481
Черноземъ . . . . .	480 — 500	2,083 — 2
Торфяная земля . . . . .	300 — 475	3,33 — 2,127
Дернъ. . . . .	800	1,25
Иль обсохшій, слежавшійся. . . . .	970	1,031
Иль жидкій въ выемкѣ . . . . .	725	1,379

Средній вѣсъ всѣхъ вышеозначенныхъ земель составляетъ 2,86 пудовъ въ кубическомъ футѣ; а какъ вѣсъ кубическаго фута воды составляетъ 1,73 пуда, то отношеніе перваго вѣса ко второму составляетъ 1,653; т-е. вѣсъ земли въ 1,65 разъ больше вѣса воды въ томъ же объемѣ. Но если земля вовсе не заключаетъ камня и гравія и рассматривается не въ грунтѣ, а въ выемкѣ, но лишь хорошо утрамбованная, то обыкновенно принимаютъ среднимъ числомъ, что средній вѣсъ кубическаго фута такой земли въ  $1\frac{1}{2}$  раза тяжелѣе кубическаго фута воды; и тогда вмѣсто отношенія 1,65 принимаютъ въ вычисленияхъ для этого отношенія цифру 1,50. Эта цифра намъ будетъ нужна при опредѣленіи условий устойчивости земляныхъ плотинъ.

**23. Грунты.**—Въ строительномъ отношеніи подъ словомъ *грунтъ* разумѣютъ составъ и свойство земли на весьма небольшой глубинѣ ниже поверхности земли; *основаніемъ* каждаго строенія безусловно необходимо углубиться до такъ называемаго *материка*, т-е. грунта, лежащаго ниже горизонта промерзанія земли. Въ нашихъ климатахъ земля зимою промерзаетъ болѣе или менѣе глубоко, а въ лѣтнее время оттаиваетъ; такъ какъ мы уже знаемъ, что вода при замерзаніи увеличиваетъ свой объемъ и замерзаніе земли есть собственно замерзаніе влаги находящейся въ землѣ, то во всемъ слоѣ земли, подверженномъ промерзанію и оттаиванію, неизбѣжно происходитъ движеніе частицъ, которое рѣдко совершается равномерно и одинаково. А потому и основаніе строеній должно опираться на такія слои грунта или материка, которыя уже не промерзаютъ и остаются неподвижными.

На сѣверѣ Россіи земля промерзаетъ на глубину отъ 3 до 4-хъ футовъ: въ средней Россіи промерзаніе земли простирается на глубину

отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2-хъ аршинъ; но въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Сибири промерзаніе земли простирается на несравненно большую глубину и тамъ есть мѣстности, гдѣ на извѣстной глубинѣ земля вовсе не оттаиваетъ лѣтомъ и остается постоянно замерзшею. Въ такихъ мѣстахъ материкомъ должно считать тотъ слой земли, до котораго простирается лѣтнее оттаиваніе. Опытъ показываетъ, говоритъ г. Рожковъ, что земля на Уралѣ промерзаетъ отъ 3 до  $4\frac{1}{2}$  аршинъ въ глубину, смотря по времени когда выпалъ снѣгъ и покрылъ почву. Въ февралѣ 1855 г. измѣренъ былъ слой промерзшей земли и найденъ въ  $4\frac{1}{2}$  аршина глубину. Рано выпадающій съ осени снѣгъ предохраняетъ землю отъ глубокаго промерзанія и чѣмъ толще слой снѣга, тѣмъ менѣе промерзаетъ грунтъ. Въ Смоленской губерніи намъ никогда не случалось наблюдать промерзаніе земли глубже  $1\frac{3}{4}$  аршина, чаще оно простиралось на глубину  $1\frac{1}{2}$  арш., но бывали зимы, когда земля промерзала лишь на глубину 1 арш. и  $\frac{1}{2}$  арш., а иногда и совершенно не замерзала.

Съ другой стороны, для самыхъ огромныхъ и тяжелыхъ зданій не углубляются слишкомъ много въ грунтъ безъ особенной надобности, вслѣдствіе сильнаго иногда притока грунтовыхъ водъ и значительнаго удорожанія постройки, безъ увѣренности найти такое *прочное основаніе* для зданія, которое не потребовало бы искусственнаго укрѣпленія этого основанія. Такъ напр., въ такомъ громадномъ и тяжеломъ зданіи какъ Исаіевскій соборъ С.-Петербурѣ, стоящемъ на наносномъ, или намывномъ грунтѣ р. Невы, фундаментъ его углубленъ въ землю на 10 арш. (23 ф. 4 дюйма), а основаніе подъ фундаментомъ укрѣплено искусственно. А потому изслѣдованіе грунта для небольшихъ построекъ обыкновенно простирается въ глубину не болѣе 3 — 4 аршинъ, или отъ 7 до 10 футовъ.

Изслѣдованіе грунта на избранномъ мѣстѣ производства работъ дѣлается, или вырытіемъ ямъ, или неглубокихъ и небольшихъ колодезь, а также помощію желѣзныхъ щуповъ, забивкою пробныхъ свай, буреніемъ, если имѣются недлинные, ручные, или такъ называемые земляные буры; и только для очень тяжелыхъ зданій развѣдка буреніемъ производится иногда на нѣсколько большую глубину.

Для какаго бы то ни было сооруженія, будетъ ли это тѣло земляной или каменной плотины, деревяннаго или каменнаго водоспуска, простаго деревяннаго мельничнаго амбара или тяжелаго каменнаго заводскаго зданія, первое условіе которому долженъ удовлетворить грунтъ— это его неподвижность и равномерность сопротивленія грузу строенія. Всякое движеніе въ грунтѣ или неравномерность его сопротивленія грузу, производятъ неодинаковую осадку въ сооруженіи, чрезъ что нарушается связь и прочность его частей; въ гидротехническихъ же сооруженіяхъ, вслѣдствіе неодинаковой осадки, могутъ образоваться трещины, опасныя для цѣлости постройки, такъ какъ вода не замедлитъ воспользоваться ими для размыванія и разрушенія. Для дѣйствія механизмовъ, иногда тяжелыхъ, а въ особенности сопровождающихся ударами, какъ напр. при дѣйствіи тяжелыхъ молотовъ, производящихъ со-

трясение грунта, не только необходима прочность грунта для сохранения въ механизмахъ ихъ должнаго относительнаго положенія и разь даннаго соприкосновенія частей, безъ чего нарушается правильность ихъ дѣйствія, но чтобы эти сотрясенія не вредили и прочности самыхъ зданій. Поэтому въ гидротехническихъ сооруженіяхъ рѣдко обходятся безъ искусственнаго укрѣпленія грунтовъ, преимущественно посредствомъ *свайной бойки*, какъ съ цѣлью укрѣпленія грунта и доставленія сооруженіямъ прочнаго основанія, такъ и съ цѣлью сдѣлать грунтъ непроницаемымъ и неразмываемымъ для воды.

Заложеніе плотинъ всегда совершается въ долинѣ рѣки. Изъ предыдущаго мы уже знаемъ, что въ большинствѣ случаевъ долины рѣкъ заполнены наносными, или аллювіальными почвами: Почвы эти, въ особенности въ верхнихъ своихъ частяхъ, чаще состоятъ изъ рыхлыхъ слоевъ и по преимуществу песчаныхъ; ниже иногда залегаютъ глины, которыя составляютъ особенно благонадежный грунтъ, для устройства на немъ плотинъ, какъ не пропускающій воду. Пласты диллювіа, или осадочной породы, чаще менѣе рыхлы, въ особенности на днѣ долинъ, а иногда и во вторыхъ берегахъ. Поэтому, когда плотины устраиваются на небольшихъ рѣчкахъ или въ верховьяхъ большихъ рѣкъ, то концы плотины, при малой ширинѣ долинъ, чаще упираются во вторые берега, и отъ того соединеніе ихъ съ этими берегами можетъ быть прочнѣе, чѣмъ съ непосредственными берегами русла рѣки, которые чаще состоятъ изъ рыхлыхъ и размываемыхъ породъ. Отчасти можетъ быть поэтому, въ большинствѣ мѣстностей средней Россіи плотины строятся на верхнюю воду съ водоспусками, а не водосливныя, такъ какъ концы этихъ послѣднихъ плотинъ, поднимающихъ воду невысоко, всегда должны бы были упираться въ непосредственные берега русла, или въ рыхлые слои наносной почвы рѣчной долины. А потому-то, если выборъ мѣста для основанія плотины не стѣсненъ никакими другими условіями, чаще избираютъ то мѣсто рѣчной долины, въ которомъ вторые берега наиболѣе сближаются между собою. При этомъ протяженіе плотины будетъ меньше и скрѣпленіе, или соединеніе, крыльевъ ея со вторыми берегами будетъ прочнѣе.

Изъ разсмотрѣнія состава и порядка расположенія земель въ наносахъ долинъ, можно было замѣтить, что разнаго рода земли лежатъ чаще слоями одинъ надъ другимъ; и хотя грунтъ вообще уплотняется съ глубиною, вслѣдствіе давленія верхнихъ слоевъ земли на нижніе, но не всегда нижніе пласты оказываются наиболѣе соответственными для прочнаго сооруженія. А потому при изслѣдованіи грунта, въ видахъ собственно заложенія плотины, необходимо обращать вниманіе на породы и свойство залегающихъ слоевъ ниже дна рѣки. Необходимо изслѣдовать степень проницаемости и размываемости этихъ слоевъ, а также идти рѣчь о наиболѣе совершенномъ разобщеніи водъ рѣки выше и ниже плотины; проницаемость грунта въ днѣ и берегахъ пруда имѣетъ большую важность въ тѣхъ случаяхъ, когда прудъ устроенъ какъ водохранилище, для пользованія снѣговою и дождевою во-



дою напр. въ южной и юго-восточной Россіи, а также и въ случаѣ вододѣйствія, когда постоянный притокъ воды не великъ. Непроницаемость и неразмываемость грунта имѣетъ также большое значеніе при проведеніи въ немъ приводнаго канала. При подобныхъ изслѣдованіяхъ необходимо также обращать вниманіе на ключи и водныя жилы, или вообще на такъ называемыя *грунтовыя воды*, которыя могутъ имѣть вліяніе на прочность сооруженія, размывку земляныхъ насыпей, стѣнъ или дна каналовъ и руслъ и подмывку основаній водоспусковъ и другихъ гидротехническихъ сооруженій.

При выемкѣ земли изъ того или другаго грунта и составленіи изъ этой земли насыпи, земля не можетъ держаться вертикальной стѣнкой; вслѣдствіе подвижности и болѣе или меньшей связи землистыхъ частицъ между собою, земля, оставленная вертикальной стѣнкой, обрушается и образуетъ болѣе или менѣе крутой или отлогій откосъ, смотря по качеству грунта. Поэтому при изслѣдованіи грунта мы должны знать, какаго рода землямъ мы должны давать тотъ или другой откосъ въ бокахъ земляныхъ насыпей плотинъ или въ выемкахъ бокамъ каналовъ, чтобы быть увѣренными, что земли сохранять этотъ откосъ безъ обрушенія. Наконецъ, при самомъ производствѣ работъ, различныя качества грунта могутъ оказать важное вліяніе на ходъ этихъ работъ, по болѣе или легкости ихъ производства, а слѣдовательно и на стоимость и прочность сооруженія.

По составу земель грунты раздѣляютъ: на *скалистые, хрящеватые, песчаные, глинистые, иловатые, болотные и торфяные*. По силѣ и равномерности сопротивленія грузамъ: на *сжимаемые и несжимаемые*; къ сжимаемымъ принадлежатъ: глина, илъ, торфъ; къ несжимаемымъ — скала, крупный, сплошной хрящъ, и мелкій хрящъ и песокъ, если они ограждены и не могутъ раздаваться въ стороны. Къ *размываемымъ* грунтамъ принадлежатъ: мелкій хрящъ, песокъ, глина, суглинокъ, илъ и торфъ; къ *неразмываемымъ* — скала. Къ *непроницаемымъ водою* грунтамъ принадлежатъ: глина, глинистый суглей и плотная скала.

1) *Скалистый грунтъ* можетъ состоять изъ гранитныхъ, гнейсовыхъ, діоритовыхъ, порфировыхъ, базальтовыхъ и другихъ первобытныхъ породъ; а также изъ глинистаго сланца, песчаника, известняка и другихъ твердыхъ осадочныхъ породъ. Онъ можетъ встрѣчаться сплошными массами, плотнаго или слоистаго сложенія, или изъ отдѣльныхъ валуновъ первыхъ породъ, скопившихся вмѣстѣ и заполненныхъ въ промежуткахъ хрящемъ, пескомъ и землею и тогда это будетъ *грунтъ каменный*. Смотри по составу, скалистый грунтъ бываетъ различнои твердости и принадлежитъ къ грунтамъ несжимаемымъ, непроницаемымъ и неразмываемымъ водою: если толщина его не менѣе 12—15 футовъ; если онъ не заключаетъ въ себѣ трещинъ; если наслоеніе его горизонтальное; если между слоями плиты нѣтъ сжимаемыхъ, проницаемыхъ и размываемыхъ водою слоевъ глинистыхъ, печаныхъ и хрящеватыхъ.

2) *Хрящеватый грунтъ*, какъ мы уже видѣли изъ строенія береговъ и руслъ рѣкъ, можетъ встрѣчаться отдѣльными, наносными слоями

различной толщины, иногда въ чистомъ видѣ, большею частію на быстринахъ или перекатахъ рѣкъ, чаще же съ примѣсью гравія, песка и глины въ плесахъ рѣкъ. Въ строительномъ отношеніи этотъ грунтъ считается хорошимъ, если толщина его слоя доходить до 10 футовъ и если онъ лежитъ на другомъ плотномъ грунтѣ; въ этомъ случаѣ онъ можетъ выносить большой грузъ безъ сжатія и опасныхъ осадокъ, если только будутъ приняты мѣры противъ его размыванія. Если онъ въ чистомъ видѣ, безъ примѣси глины или мелкаго песка, то онъ составляетъ слой легко проникаемый водою, но нерастворяемый и не уносимый ею, если составленъ изъ довольно крупныхъ галекъ и камней и въ виду медленнаго теченія, или вѣрнѣе просачиванія сквозь него грунтовыхъ водъ; свободное же вѣрнѣе теченіе воды можетъ переносить его отдѣльные небольшіе камни и слѣдовательно можетъ, хотя и медленно, его размывать. Дѣйствіе мороза безвредно для хрящеватаго грунта, который не разрушается и не измѣняетъ свой объемъ, ни при замерзаніи, ни при оттаиваніи.

Мы уже говорили что большинство грунтовъ, кромѣ скалы, не можетъ держаться вертикальной стѣнкой и обрушается; каждый сортъ грунта земли, при этомъ обрушеніи, ложится болѣе или менѣе отлого къ горизонту и тогда уже держится прочно, безъ дальнѣйшаго скольженія частицъ земли. Наклонъ принимаемый частицами земли при обрушеніи вертикальной стѣнки, называется *естественнымъ откосомъ* какого-либо грунта. Этотъ откосъ измѣряется, или числомъ градусовъ въ углѣ, образуемомъ наклономъ плоскости обрушенной земли съ горизонтомъ, или отношеніемъ основанія откоса къ высотѣ вертикальной стѣнки. Если изъ вертикальной стѣнки  $ab$  образуется откосъ  $ac$ , въ которомъ основаніе  $bc$  равно высотѣ  $ab$  вертикальной стѣнки, то откосъ называется *одинокимъ*; откосъ  $ad$  называется *двойнымъ*, если  $bd = 2ab$ ; откосъ  $ae$ —*тройнымъ*, если основаніе откоса  $be = 3ab$  и т. д.

Черт. IX.  
ошл. 111.

Естественный откосъ хрящеватаго грунта составляетъ  $1\frac{1}{4}$  основанія на одну высоту, или онъ прочно держится при углѣ въ  $40^{\circ}$ . На фиг. 111 это будетъ откосъ  $af$ . Но когда такой откосъ будетъ обмываться водою, напр., когда онъ будетъ составлять боковую стѣнку канала въ которомъ движется вода, то ему слѣдуетъ, при хрящеватомъ грунтѣ, давать въ основаніи не менѣе двухъ высотъ, или дѣлать двойной откосъ  $ad$ .

Углубляться въ хрящеватомъ грунтѣ, насыщенномъ водою, бываетъ весьма затруднительно безъ особыхъ приспособленій для устраненія воды. Какъ строительный матеріалъ, хрящъ имѣетъ большое значеніе при приготовленіи такъ называемыхъ *бетоновъ*, такъ какъ съ гидравлической известью онъ образуетъ быстро твердѣющую плотную массу. Хрящъ въ чистомъ видѣ употребляется для различныхъ засыпокъ и верхнихъ насыпокъ, часто встрѣчающихся при гидротехническихъ работахъ.

3) *Песчаный грунтъ* встрѣчается чаще хрящеватаго и залегаеть иногда большими толщами. Въ чистомъ пескѣ нѣтъ никакой связи между его зернами, и потому когда онъ вынутъ изъ грунта то пред-

ставляетъ разсыпчатую массу. Песокъ, въ строительномъ отношеніи, подраздѣляютъ на мелко и крупнозернистый, на рѣчной, овражный и хрящеватый. Рѣчной песокъ бываетъ чаще бѣлаго или сѣраго цвѣта и чистый, т.-е. промытый отъ содержанія глины и другихъ земель. Овражный песокъ, чаще желтаго или красноватаго цвѣта, то-есть окрашенный окисью желѣза, всегда имѣетъ въ составѣ своемъ нѣсколько глинистыхъ частицъ и потому не такъ рыхлъ, сыпучъ и чистъ какъ рѣчной.

На поверхности песокъ лежитъ рыхло, но по мѣрѣ углубленія плотность его возрастаетъ; на нѣкоторой глубинѣ онъ иногда слегаеся такъ плотно, что для выкопки, не только требуетъ желѣзной лопаты, но иногда лома или кирки. Въ строительномъ отношеніи песчаный грунтъ принадлежитъ къ разряду хорошаго; онъ несжимаемъ, въ особенности если находится въ грунтѣ только въ сыромъ или влажномъ видѣ. По мѣрѣ же насыщенія водою, качество песка, какъ грунта, ухудшается; отъ избытка же воды между зернами, въ особенности очень мелкаго песка, онъ можетъ превратиться въ такъ-называемый *пльвунъ*, въ которомъ всякій грузъ вязнетъ и погружается, но отъ этого грунтъ не уплотняется, а раздается въ стороны и выпучивается, какъ кашеобразная масса. Работа въ такомъ пескѣ, вслѣдствіе его оплыванія и непрерывнаго притока изъ него воды небольшими струйками, представляется весьма затруднительною.

Вода легко проникаетъ сквозь песчаный грунтъ и при значительномъ притокѣ увлекаетъ, или вымываетъ мелкія зерна; а потому иногда приходится искусственно ограждать мѣсто постройки, чтобы воспрепятствовать водѣ ослабить песчаный грунтъ. Въ такомъ огражденномъ пространствѣ песчаный грунтъ несжимаемъ; морозъ не обнаруживаетъ вліянія на песчаный грунтъ. Естественный откосъ песка составляетъ 22°, или двойной съ половиною откосъ; но если песчаный откосъ подверженъ дѣйствию воды, то слѣдуетъ дѣлать его тройнымъ съ половиной или четвернымъ.

Какъ строительный матеріалъ, песокъ употребляется при составленіи вяжущихъ растворовъ и для уплотненія слабыхъ грунтовъ. Въ гидротехническомъ же отношеніи, по удобопроницаемости и размываемости его водою, песокъ не можетъ быть причисленъ къ разряду хорошихъ грунтовъ. Въ песчаномъ грунтѣ только съ большою осмотрительностью и съ принятіемъ надлежащихъ мѣръ противъ прониканія и размыванія его водою, можно возводить гидротехническія сооруженія, но совершенно прекратить фильтрацію въ такомъ грунтѣ почти невозможно. Но очень слабая фильтрація, при которой нисколько не уносятся составныя части песчаного грунта, не вредитъ прочности постройки.

4) *Глинистый грунтъ* отличается вязкостью частицъ и непроницаемостью для воды. Глина иногда залегаетъ съ прослойками песка, а часто и твердою сплошною массою. Иногда она находится въ грунтѣ въ совершенно сухомъ видѣ, иногда же встрѣчается сырою и даже въ разжиженномъ состояніи. При заложеніи водосѣтксовъ въ руслѣ рѣки, слѣдуетъ всегда обслѣдовать: не лежитъ ли значительный и хорошій слой

глины неглубоко отъ дна русла и въ случаѣ если окажется таковой слой, то основаніе водоспуска слѣдуетъ опускать до такого глинистаго слоя.

На сухомъ глинистомъ грунтѣ достаточной толщины, можно смѣло возводить весьма грузныя постройки; но если глина содержитъ постороннія примѣси, и въ особенности много воды, то она отъ нагрузки можетъ сжиматься и сдѣлаться ненадежнымъ грунтомъ, тѣмъ болѣе, что сжатіе или осадка въ глинѣ не скоро прекращаются. Случается что глинистый грунтъ, при началѣ его нагрузки, оказываетъ замѣтно большее сопротивленіе, чѣмъ по прошествіи нѣкотораго времени.

Глинистый грунтъ, усыхая, на поверхности образуетъ значительныя трещины; дождевыя и снѣговыя воды движущіяся по глинистому грунту, скоро его размываютъ и образуютъ въ немъ рытвины и овраги. Морозъ дѣйствуетъ разрушительно на поверхностный глинистый грунтъ, а въ глинистыхъ откосахъ, отъ дѣйствія мороза, отрываются иногда большія глыбы во время оттаиванія. Мерзлый слой глины, вслѣдствіе расширенія заключающейся въ ней воды, увеличивается въ объемѣ, отдѣляется и приподнимается отъ нижняго, талаго слоя и при этомъ приподнимаются, не только легкія, но и тяжелыя постройки, когда онѣ углублены основаніемъ въ промерзающемъ слоѣ. Врытые въ такую землю столбы повемногу выжимаются изъ нея и, приподнимаясь съ каждымъ годомъ, иногда совершенно вываливаются изъ земли; а основанныя на такихъ столбахъ постройки могутъ перекривиться и разрушиться.

Находясь въ спокойной, стоячей водѣ, глинистый грунтъ нѣсколько размокаетъ сверху, но затѣмъ уже болѣе не принимаетъ и не пропускаетъ сквозь себя воду; въ проточной же, или подверженной волненію, водѣ, глиняныя частицы отмываются и уносятся водою.

Въ строительномъ дѣлѣ глина употребляется какъ вязущій растворъ и находитъ большое примѣненіе въ видѣ различныхъ смазокъ и засыпокъ, въ особенности гдѣ необходимо прервать прониканіе воды. Ея естественный откосъ обыкновенно составляетъ уголъ въ  $45^{\circ}$ , или въ которомъ основаніе равно высотѣ; если же глина жирѣе, то она ложится значительно отложе, подъ угломъ до  $16^{\circ}$ , и требуетъ тройнаго или даже четвернаго откоса. При гидротехническихъ сооруженіяхъ глинистый грунтъ слѣдуетъ считать лучшимъ и наиболѣе благонадежнымъ, какъ подъ тѣломъ плотины, такъ и подъ водоспускомъ, если только онъ будетъ надлежащимъ образомъ предохраненъ отъ размыванія и промерзанія.

*Суглинкомъ*, или *суглеемъ*, называютъ обыкновенно свѣтло-сѣрую землю, лежащую чаще непосредственно подъ растительнымъ слоемъ, толщиною въ  $\frac{1}{2}$  ф., 1 ф. и рѣдко въ 2 фуг.; подъ суглеемъ обыкновенно лежитъ уже песчаный или глинистый слой. Суглинокъ состоитъ изъ смѣси глины съ чрезвычайно тонкимъ бѣлымъ пескомъ и занимаетъ, по своимъ качествамъ, среднее мѣсто между его составными частями. Онъ бываетъ или глинистѣе или песчанѣе и потому носить названіе, или *жирнаго суглея*, или *сугеска*. Смоченный водою онъ сильно крѣпнетъ при высыханіи, но усыхаетъ менѣе чѣмъ глина, размывается

труднѣ глины, почти не пропускаетъ сквозь себя воду и въ насыпкахъ, напр., отмеловъ плотинъ, онъ предпочтительнѣ глины, потому что ложится плотнѣ и не пучится. Если чрезъ плотину дѣлается проѣздъ, то суглей можетъ служить лучшею верхнею насыпкою. особенно топцій, въ видѣ супеска, такъ какъ образуетъ очень твердую кору, которая отъ ѣзды только болѣе уплотняется.

5) *Грунты иловатый, болотный и торфяной* принадлежатъ къ дурнымъ и неблагонадежнымъ; безъ искусственно устроенныхъ оснований, на нихъ нельзя соорудить сколько-нибудь значительныхъ построекъ, потому что всѣ они болѣе или менѣ сжимаемы, проникаемы и размываемы водою; всѣ они подвижны подъ вліяніемъ мороза; при насыщении водою увеличиваются въ объемъ и пучатся. Въ болотномъ и торфяномъ грунтахъ земляная работа легка если они сухи и если въ торфяномъ нѣтъ остатковъ отъ неперегнившихъ древесныхъ корней. Илъ хотя и встрѣчается въ видѣ весьма твердыхъ и плотныхъ слоевъ, но лишь только въ немъ открывается работа какъ онъ уже подъ ногами рабочихъ начинаетъ разжижаться и колебаться; положенный на тачки въ видѣ твердыхъ комовъ, онъ при движеніи тачки дѣлается уже столь жидкимъ, что совершенно течетъ какъ жидкая грязь. Сколько намъ случалось наблюдать, подобнаго рода илистый грунтъ состоитъ изъ самага тонкаго песка, выносаемаго и отлагаемаго подземными ключами; это тотъ же пльвунъ, но только плотно слежавшійся отъ давленія верхнихъ слоевъ. Всѣ эти грунты нѣсколько уплотняются отъ осушки ихъ канавами, но никогда не могутъ сдѣлаться благонадежными въ строительномъ отношеніи. Ихъ естественный откосъ составляетъ съ горизонтомъ уголъ отъ  $14^{\circ}$  до  $24^{\circ}$  и требуетъ въ основаніи отъ 2-хъ до 4-хъ высотъ.

## ГЛАВА VIII.

### КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

**24. Камни.**—При устройствѣ плотинъ и водоспусковъ употребляютъ обыкновенно слѣдующіе строительные матеріалы: 1) для тѣла плотины употребляютъ различныя земли, въ особенности же глину, суглинокъ, песокъ и гравій; послѣдній, для отсыпки откоса обращеннаго къ водѣ пруда и для посыпки плотины сверху, когда чрезъ нее проходитъ проѣзжая дорога. Избѣгаютъ по возможности въ насыпи плотины чернозема, торфяной и иловатой земли; 2) въ каменныхъ плотинахъ и каменныхъ водоспускахъ—разнаго рода *естественные камни*, каковы: гранитъ, сіенитъ, діоритъ, гнейсъ, глинистые сланцы, песчаники, известняки, и кирпичъ; 3) для деревянныхъ водоспусковъ и ихъ оснований, въ формѣ бревень, брусевъ, досокъ, сланника—дерево, преимущественно дубъ, сосну, лиственницу, ель и частію черную ольху лишь на сваи; въ формѣ же фашинъ—различной породы молодой лѣсъ, кромѣ хвойнаго; 4) разные *известковые растворы и цементы*, для связи каменной или кирпичной кладки и для образованія изъ камней въ неправильномъ видѣ твердѣющихъ подъ водою каменныхъ массъ, называемыхъ бетономъ, и 5) наконецъ желѣзо, въ формѣ болтовъ, скобъ, шпалеровъ, полосъ, костылей, гвоздей и т. п., для скрѣпленія деревянныхъ и каменныхъ частей сооруженія, а на нѣкоторыя части и чугуна.

Что касается до земель, то мы уже выше рассмотрѣли ихъ свойства, какъ въ смыслѣ грунта для основанія на нихъ постройки, такъ и ихъ главныя физическія качества, какъ строительнаго матеріала. Впослѣдствіи мы укажемъ ближайшее ихъ употребленіе въ той или другой части плотинъ. А потому перейдемъ къ рассмотрѣнію каменныхъ матеріаловъ.

Въ первой части этого сочиненія (гл. II, ст. 8, стр. 68 и 69), мы привели замѣчаніе Ф. Майера о томъ, что на рѣкахъ съ ледоходомъ и сильнымъ весеннимъ разливомъ, онъ какъ-будто считаетъ устройство у насъ каменныхъ плотинъ дѣломъ невозможнымъ, или по крайней мѣрѣ весьма рискованнымъ. Мы не раздѣляемъ однако вполне этого мнѣнія



и полагаемъ, что въ мѣстностяхъ, гдѣ существуютъ ломки камня довольно плотныхъ породъ, устройство каменныхъ плотинъ, и въ особенности водоспусковъ, не только возможно, но и желательно. Вездѣ гдѣ плотины съ водоспусками устраиваются на небольшихъ рѣчкахъ, ледохода на нихъ, какъ уже мы замѣтили это выше, не бываетъ и весь ледъ неподвижно таетъ въ самомъ прудѣ. На рѣкахъ же съ значительнымъ ледоходомъ плотины дѣлаются разборчатя; но это нисколько не мѣшаетъ устройству въ нихъ каменныхъ основаній и каменныхъ же боковыхъ и середовыхъ устоевъ въ отверстіи водоспусковъ. У насъ въ Россіи существуютъ на рѣкахъ съ ледоходомъ мосты съ каменными устоями и быками, которые одною выдерживаютъ ледоходъ. На многихъ, не только германскихъ, но и французскихъ рѣкахъ, случаются значительные ледоходы и одною тамъ построены каменные плотины и водоспуски существующіе много лѣтъ. Мы указывали на каменные плотины существующія у насъ въ юго-западной Россіи на рѣкахъ съ ледоходомъ. Весь вопросъ заключается въ тщательности устройства каменныхъ плотинъ, чтобы вода не попадала въ швы кладки и внутрь тѣла плотины, или частей водоспуска, въ которыхъ она можетъ замерзать. При этомъ условіи, каменные плотины и водоспуски не могутъ подвергаться разрушенію, если ихъ устройство выполнено какъ слѣдуетъ. Конечно, въ мѣстностяхъ изобильныхъ лѣсомъ и не имѣющихъ камня, приходится употреблять въ дѣло только дерево; но тамъ гдѣ есть камень хорошаго свойства, каменные сооруженія если на первый разъ и стоятъ иногда дороже, всегда въ концѣ-концовъ обойдутся дешевле вслѣдствіе своей долговѣчности. Деревянные же водоспуски не могутъ прослужить болѣе 20—25 лѣтъ и то при употребленіи дерева особенно хорошаго качества, какъ напр. дуба, или желтой, стародревней сосны или лиственницы; сдѣланные же изъ еловаго, хотя и толстаго лѣса, они рѣдко простоятъ прочно болѣе 15 лѣтъ. Конечно устройство каменной плотины или водоспуска требуетъ нѣсколько болѣе техническихъ знаній и болѣе сложныхъ работъ; обходится, при первоначальной затратѣ, иногда дороже, но здѣсь уже является только вопросъ наличности искусства и капитала, а не невозможности исполненія.

Если самыя большія у насъ плотинныя сооруженія на Уралѣ возведены изъ земли и дерева, то характеръ такихъ сооруженій, какъ и самый способъ ихъ постройки, по словамъ г. *Рожкова*, былъ перенесенъ туда изъ Сѣверной Германіи.

Способъ этого устройства, говоритъ онъ, описанъ *Гагеномъ* въ его сочиненіи *Wasserbaukunst*. Поводомъ къ предпочтенію деревянной постройки плотинъ въ сравненіи съ каменною, безъ сомнѣнія, служила дороговизна каменнаго матеріала въ этихъ странахъ и обиліе лѣса. При учрежденіи горныхъ заводовъ на Уралѣ, какъ странѣ весьма богатой въ то время лѣсомъ, конечно не было и слова о построеніи плотинъ каменныхъ и чертежъ германскихъ плотинъ послужилъ образцомъ.

*Естественные камни*, какъ строительный матеріалъ, считаются хорошаго качества: 1) если они имѣютъ достаточную и одинаковую плот-

ность и не заключаютъ въ себѣ раковинъ (т.-е. пустотъ внутри), трещинъ и постороннихъ тѣлъ; 2) если представляютъ куски достаточной величины; 3) если имѣютъ достаточную твердость и силу сопротивленія при давленіи, и 4) если могутъ хорошо сопротивляться дѣйствию воздуха, воды и мороза, то-есть не вывѣтриваться, не растворяются, не трескаться и не разрушаться.

Камень называется *твердымъ*, если онъ хорошо сопротивляется тренію объ него тѣлъ и другихъ твердыхъ каменныхъ породъ; камень называютъ *крѣпкимъ*, если онъ хорошо сопротивляется производимому на него давленію не раскалываясь и не разрушаясь; камень называется *прочнымъ*, если онъ не подвергается порчѣ отъ дѣйствія воздуха, воды и мороза.

У насъ, особенно въ средней Россіи, очень мало встрѣчается залежей горныхъ породъ, изъ которыхъ можно было бы производить выломку правильныхъ и большихъ кусковъ камня; известняки хотя еще и встрѣчаются въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, но не всѣ они (какъ напр. мягкій и слабый Старицкій известнякъ) имѣютъ вышеуказанныя качества хорошаго строительнаго камня. Но въ бѣльшей части средней Россіи находится такъ называемый *полевой камень*, лежащій отдѣльными кусками, иногда весьма большихъ размѣровъ, на самой поверхности земли или на весьма небольшой глубинѣ и часто весьма пригодный для строительнаго дѣла. Эти отдѣльные камни различныхъ горныхъ породъ суть такъ-называемые *валуны*, перенесенные льдами въ отдаленныя геологическія эпохи и оставшіеся на мѣстахъ, гдѣ ихъ теперь находимъ, послѣ растаянія льда принесшаго ихъ и послѣ поднятія материка и удаленія морскихъ водъ.

Первобытная связь Бѣлаго моря и Финскаго залива, говоритъ *Ляйель*, подтверждается множествомъ огромныхъ эрратическихъ валуновъ, разсыпанныхъ на промежуточномъ пространствѣ; Данія, значительная часть Норвегіи и Швеціи, точно также какъ части Германіи и Россіи, были покрыты моремъ, чему служатъ такія же доказательства, подерѣваемые ископаемыми морскими раковинами, принадлежащими новѣйшимъ видамъ, которыя встрѣчаются въ наносахъ различныхъ частей этихъ странъ. Полагаютъ, что центромъ, изъ котораго были разнесены льдами моря эти валуны, были кряжи Скандинавскихъ горъ, такъ какъ чѣмъ ближе къ предполагаемому центру, тѣмъ они являются чаще и гуще и по мѣрѣ увеличенія разстоянія отъ предполагаемаго центра разсѣваніе ихъ больше и они встрѣчаются рѣже. Такъ, валуны встрѣчаются во всей сѣверо-западной части Европейской Россіи и на юго-востокъ доходятъ до Тульской и даже Воронежской губерній; они особенно встрѣчаются часто въ Порѣцкомъ уѣздѣ Смоленской губерніи и здѣсь глыбы валуновъ доходятъ иногда до весьма большихъ размѣровъ. Фактъ, что эти валуны могли быть занесены сюда только льдами, когда эти пространства земли были покрыты еще моремъ, подтверждается тѣмъ, что эти явленія повторяются въ другихъ мѣстахъ еще и въ настоящее время. Громадные айсберги, или плавающія ледяныя горы,

встрѣчающіяся въ Атлантическомъ океанѣ, несутъ съ собою иногда огромныя каменныя глыбы. Въ тѣхъ частяхъ Балтійскаго моря, говорятъ *Ляйель*, гдѣ количество соли содержащейся въ водѣ на три четверти менѣе противъ содержащагося въ океанѣ, какъ напр. въ Ботническомъ заливѣ, вся морская поверхность замерзаетъ на глубину 5 или 6 футовъ. Камни вмерзаютъ въ образовавшуюся такимъ образомъ ледяную кору и потомъ вмѣстѣ съ нею перпендикулярно поднимаются почти на 3 фута съ наступленіемъ таянія снѣга и тогда уносятся плывучими льдинами на большія разстоянія. Профессоръ фонъ-Бэръ сообщаетъ въ С.-Петербургскую Академію Наукъ, что гранитный обломокъ вѣсомъ въ (25.000 пуд.) миллионъ фунтовъ, былъ перенесенъ льдомъ въ зиму 1837—1838 года изъ Финляндіи на островъ Гохландъ; и что два другихъ огромныхъ обломка перенесены около 1806 и 1814 годовъ, тоже льдомъ, на южный берегъ Финляндіи <sup>1)</sup>.

Для того, чтобы и въ валунахъ, хотя наглядно, опредѣлить ту или другую породу камня, приведемъ здѣсь краткое описаніе главныхъ каменныхъ породъ употребляемыхъ какъ строительный матеріалъ <sup>2)</sup>. *Гранитъ*, весьма распространенная горная порода, состоитъ изъ полеваго шпата, кварца и слюды, встрѣчается огромными массами въ видѣ цѣлыхъ горъ, сложенныхъ какъ бы изъ множества слоевъ. Въ изломѣ темнокраснаго цвѣта, съ зернами весьма различной величины; въ полировкѣ представляетъ рядъ перемежающихся темныхъ и красныхъ пятенъ съ слюдистыми, блестящими частичками. Иногда въ немъ очень мало слюды, а иногда и совсѣмъ нѣтъ; въ этомъ послѣднемъ случаѣ онъ плотнѣе и называется *пигматитомъ*, *писменнымъ гранитомъ*, или *еврейскимъ камнемъ*. Этого рода гранитъ никогда не залегаетъ цѣлыми горами и выполняетъ собою глубокія трещины въ горахъ обыкновеннаго слюдистаго гранита. Красный гранитъ, съ значительнымъ содержаніемъ слюды, распространенъ у насъ въ Финляндіи и въ Олонецкой

<sup>1)</sup> Что же касается до громадности айсберговъ, то Ляйель говоритъ: „Огромные ледники, образующіеся въ долинахъ Шпицбергена, подъ 79° сѣверной широты, почти всѣ пресѣкаются на морскомъ берегу, растаявая отъ слабаго остатка теплоты еще сохранившагося въ Гольфстремѣ. Напротивъ, въ Баффиновомъ заливѣ на западномъ берегу Старой Гренландіи, гдѣ морская температура не смягчается отъ упомянутой причины и гдѣ не существуетъ никакого теплаго нижняго теченія, ледники выдвигаются съ берега и образуютъ массы ледяныхъ горъ выплывающихъ въ океанъ. Число и размѣры этихъ горъ громадны. Капитанъ Россъ видѣлъ многія изъ нихъ въ Баффиновомъ заливѣ сѣвшія на мель на глубинѣ 1.500 футовъ... Айсбергъ, видѣнный у мыса Доброй Надежды (приплывшій отъ южнаго полюса) въ апрѣлѣ 1829 г. около 39° южной шир. имѣлъ двѣ мили въ окружности и 150 футовъ въ высоту надъ водою; при пасмурномъ небѣ онъ походилъ на мѣловую массу, а при солнечномъ свѣтѣ блестѣлъ какъ рафинированный сахаръ. Другія ледныя горы подымались на 250 и на 300 футовъ въ высоту надъ уровнемъ моря, и должны были, слѣдовательно, имѣть еще большій объемъ подъ водою; ибо дознано опытами, сдѣланными надъ легкостью льда плавающего въ морской водѣ, что на каждыи кубическій футъ плотной массы находящейся надъ водою, должно находиться по крайней мѣрѣ восемь кубическихъ фут. льда подъ водою“. Въ Атлантическомъ океанѣ льды спускаются до 40° широты.

<sup>2)</sup> См. прилож XXV.

губерніи: съ меньшимъ содержаніемъ слюды въ губерніяхъ Киевской, Подольской и Волынской. Слюдистый гранитъ значительно вывѣтривается. У сѣвернаго берега Ладожскаго озера, близъ г. Сердоболя, находятся скалы сѣраго и чернаго гранита; первый состоитъ изъ бѣлаго полеваго шпата, бѣлаго кварца и черной слюды; зерно его мелко, онъ плотнѣе и тверже краснаго, не вывѣтривается и лучше выдерживаетъ морозъ, но работа съ нимъ труднѣе. Его называютъ Сердобольскимъ гранитомъ. Средній вѣсъ обыкновеннаго краснаго гранита 1.600 пудовъ въ кубич. сажени, или 4,66 пуд. въ кубич. футѣ. Граниты, какъ сѣрый, такъ и красный, составляютъ отличный строительный матеріалъ; но сѣрый встрѣчается рѣже и цѣнится дороже, черный весьма рѣдокъ.

*Гнейсъ* состоитъ также изъ полеваго шпата, кварца и слюды, но этой послѣдней въ немъ несравненно больше чѣмъ въ гранитѣ; сложеніе его слоистое, онъ вывѣтривается и разрушается на слои, легко отдѣляющіеся одни отъ другихъ. Цвѣтъ его темносѣрый.

*Сіэнитъ*, камень чернаго цвѣта, состоитъ изъ полеваго шпата и роговой обманки; онъ плотнѣе гранита и составляетъ прочный строительный матеріалъ, но встрѣчается рѣдко

*Діоритъ*, горная порода весьма распространенная на Уралѣ, состоитъ изъ зеренъ альбита, бѣлыхъ, розовыхъ или зеленоватыхъ и роговой обманки чернаго или зеленовато-чернаго цвѣтовъ, иногда расположенныхъ слоями, какъ въ діоритовомъ сланцѣ. Примѣси къ діориту состоятъ изъ сѣраго кварца, слюды, магнитнаго желѣзняка и др. минераловъ. Діоритовый порфиръ есть плотная, сѣроватая или зеленоватая основная масса, съ разсѣянными по ней кристаллами альбита и обманки. Вѣсъ кубической сажени гнейса, сіэнита и діорита составляетъ отъ 1420 до 1780 пудовъ, или кубическаго фута отъ 4,14 до 5,19 пудовъ.

*Базальтъ*, плотная, однообразная горная порода темнаго цвѣта, въ которой иногда вкраплены другіе минералы; состоитъ изъ лабрадора, пироксена и магнитнаго желѣзняка; занимаетъ какъ бы средину между трахитомъ и вулканической лавой. Является въ видѣ конусовъ и куполовъ, которые всегда бываютъ разбиты вертикальными трещинами на правильныя пяти и шестигранныя призмы; поперечныя трещины дѣлаютъ эти призмы на суставцы, которые вывѣтриваясь принимаютъ шарообразный видъ. Въ Европейской Россіи базальтъ почти не встрѣчается, но находится въ Сибири на берегахъ Ангары; въ Богеміи близъ Эгра. Теулица и Карлсбада; на западныхъ берегахъ Шотландіи, гдѣ на островѣ Стаффѣ знаменитая Фингалова пещера вся состоитъ изъ базальтовыхъ пятигранныхъ призмъ. Базальтъ принадлежитъ къ числу самыхъ твердыхъ камней. Вѣсъ кубической сажени базальта составляетъ отъ 1612 до 1694 пуд., или вѣсъ куб. фута отъ 4,70 до 4,94 пудовъ.

*Порфиръ*, или пурпуровый камень, есть горная порода состоящая изъ однообразной основной массы и различной величины кристалловъ, совершенно сходныхъ съ нею по химическому составу. Порфиры бываютъ: *полевошпатовые*, состоящіе почти изъ одного полеваго шпата съ небольшимъ количествомъ кварца; *кварцево-полевошпатовые*, заключающіе въ себѣ

такъ много кварца, что онъ выдѣляется изъ основной массы зернами и кристаллами различной величины; *грюнштейновые*, изъ свѣтлозеленаго *оликоглаза* и темнозеленой роговой обманки. Порфиры выступили изъ расплавленнаго зерна земли чрезъ трещины гнейсовъ, гранитовъ и даже чрезъ трещины водной земной коры и образовали жилы, куполы и пласты. Порфиры очень тверды и отлично полируются, а потому еще древними употреблялись на различныя постройки. У насъ въ Олонецкой губернии есть порфиры, извѣстные подъ названіемъ Шокшенскаго камня; это самый лучший и самый твердый изъ нашихъ строительныхъ матеріаловъ. Въ Шокшѣ онъ добывается двухъ родовъ: темно-красный и розовый; первый тверже и принимаетъ лучшую полировку; изъ него сдѣлана часть пьедестала подъ памятникомъ Императора Николая на Маріинской площади въ С.-Петербургѣ и памятникъ Императора Наполеона I-го въ домѣ инвалидовъ, въ Парижѣ. Розовый порфиръ употребляютъ на Олонецкихъ чугунно-плавильныхъ заводахъ на обкладку горновъ въ доменныхъ печахъ, какъ чрезвычайно огнеупорную породу. Вѣсъ куб. сажени порфира отъ 1420 до 1660 пудовъ и слѣдов. куб. фута отъ 4,14 до 4,84 пуд.

*Глинистый сланецъ* состоитъ изъ слюды и кварца въ чрезвычайно тонкомъ видѣ, поэтому онъ очень мягокъ и нѣженъ и служитъ главнымъ образомъ въ формѣ оселковъ для точенія стальныхъ инструментовъ. Вѣсъ куб. сажени 1636 пуд. одного куб. фута. — 4,76 пуд.

*Песчаникъ* составляетъ мелкозернистую, разрушенную огнемъ породу, и связанную глинистымъ, известковымъ или кварцевымъ цементомъ; онъ почти всегда сопровождаетъ конгломераты и легко пропитывается водою. Но плотные песчаники весьма пригодны какъ строительный матеріалъ; напр. всѣ вѣншіе орнаменты готическаго Кёльнскаго собора высѣчены изъ плотнаго песчаника, который при вынутіи изъ карьеры довольно мягокъ, но затѣмъ на воздухѣ твердѣетъ. Съ глинистымъ цементомъ песчаникъ образуетъ точильный камень и грубые точильные бруски. Къ песчаникамъ принадлежатъ наши жерновые камни *Мячковскіе*, Московской губернии и Орловскіе, добываемые въ Орловской губернии, но которые хуже Мячковскихъ. Вѣсъ куб. сажени плотнаго песчаника отъ 1354 до 1439 пудовъ и одного кубич. фута отъ 3,95 до 4,20 пудовъ.

Что касается до *известняковъ*, то они бываютъ чрезвычайно разнообразны по качествамъ и отъ мягкаго мѣла доходятъ до литографическаго известняка, т.-е. до камня чрезвычайно ровнаго и мелкаго зерна и такой плотности, что онъ звенитъ подъ ударомъ молотка. Изъ оолитоваго известняка построены напр., всѣ важнѣйшія зданія Лондона. Весь строительный камень въ окрестностяхъ Парижа и почти во всей Франціи, известковый, говоритъ *Ронделе*. Изъ нашихъ известняковъ наиболѣе извѣстны: *Путиловская плита*, изъ которой сдѣланы всѣ тротуары Петербурга и гдѣ лучшіе сорта ея идутъ на ступеньки и площадки лѣстницъ; ею высланъ полъ церкви Смольнаго монастыря. *Старинскій мѣловой камень*, бѣлый, весьма мягкій и легко разрушающійся;

*Подольская плита*, желтовато-бѣлаго цвѣта, болѣе плотнаго сложенія, употребляется въ Москвѣ на ступеньки лѣстницъ, но недостаточно твердая. Вѣсъ куб. саж. плотнаго известняка отъ 1185 до 1580 пуд. и одного куб. фута отъ 3,16 до 4,60 пудовъ.

Самые тщательные опыты надъ различными камнями, какъ строительнымъ матеріаломъ, были произведены *Ронделе* (Rondelet) и описаны имъ въ его извѣстномъ сочиненіи: *Traité théorique et pratique sur l'art de bâtir*. Онъ произвелъ болѣе 800 опытовъ надъ 145 различными породами камней. Изъ этихъ опытовъ, между прочимъ, оказалось: 1) что во всѣхъ камняхъ, вѣсъ, крѣпость, твердость, свойство зерна, болѣе плотная сыпь, или щена, суть качества вытекающія однѣ изъ другихъ; такимъ образомъ въ камняхъ одного и того же рода, самые тяжелые, обыкновенно и самые крѣпкіе и твердые, или у которыхъ зерно самое мелкое и сыпь въ изломѣ самая плотная; 2) что камни, которыхъ цвѣтъ подходитъ ближе къ черному и синеватому, тверже чѣмъ сѣрые, а сѣрые тверже чѣмъ бѣлые или красноватые; и вообще чѣмъ цвѣтъ камня свѣтлѣе, тѣмъ менѣе его вѣсъ и тѣмъ онъ слабѣе; 3) чѣмъ зерно въ камнѣ однороднѣе и сыпь ровнѣе, тѣмъ камень крѣпче, хотя при неоднородности зерна камень и можетъ быть иногда тверже и тяжелѣе.

Вслѣдствіе давленія камни, разрушаются различнымъ образомъ въ зависимости отъ ихъ качества; мелко-зернистыя, съ плотною сыпью, и которые издають чистый звукъ при ударахъ, при разрушеніи раздѣляются на пластинки и иглы; самые жесткіе мгновенно разрушаются и обращаются въ порошокъ. Камни же крупно-зернистыя, съ сыпью неплотною, и которые при ударахъ даютъ звукъ глухой, при сильномъ давленіи, разрушаясь, раздѣляются на пирамиды, которыхъ основаніе составляютъ наружныя плоскости, или грани, а вершины сходятся въ центрѣ, гдѣ камень обращается въ порошокъ. При давленіи, противоположныя пирамиды, верхняя и нижняя, выжимаютъ тѣ, которыя расположены по окружности; эти послѣднія даютъ и вертикальныя трещины.

Черт. IX.  
• фиг. 112.

Всѣ роды камней, передъ моментомъ разрушенія или растрескиванія, чувствительно сжимались отъ давленія, по вертикальному направленію сжиманія. Это сжатіе было больше въ тѣхъ камняхъ, которые разрушались въ пирамиды. Жесткіе камни скорѣе трескаются, чѣмъ разрушаются при давленіи; мягкіе же скорѣе разрушаются, чѣмъ трескаются.

Крѣпость камней той же породы, почти пропорціональна кубу изъ ихъ удѣльнаго вѣса и почти пропорціональна площади ихъ основанія. Но вообще опыты показали: 1) что по физическимъ свойствамъ камней, какъ твердость, удѣльный вѣсъ, цвѣтъ, нельзя съ точностію судить о степени ихъ сопротивленія давленію и разрыву; 2) что въ той же карьерѣ, или каменоломнѣ, камни выломанные изъ верхней или изъ нижней части ломки, имѣютъ меньшую силу сопротивленія, чѣмъ вынутые изъ средней части; 3) что при однѣхъ и тѣхъ же геометрическихъ формахъ, сопротивленіе камней давленію или растяженію пропорціональны площадямъ поперечныхъ сѣченій; 4) что для одного и того

же камня наибольшее сопротивленіе оказывается тогда, когда камень имѣетъ форму куба; 5) что если степень сопротивленія куба принять за единицу, то сопротивленіе цилиндра, изъ того же камня, котораго основаніе есть вписанный кругъ въ основаніи куба, будетъ 0,80; такого же цилиндра, положеннаго на ребро—0,32 и шара вписаннаго въ кубъ—0,26; 6) что твердые камни очень мало уступаютъ давленію, т.-е. почти не сжимаются и вдругъ разрушаются, раздѣляясь на пластинки и иглы легко обращающіяся въ порошокъ; 7) что мягкіе камни, отъ давленія, въ первый моментъ разрушенія раздѣляются на пирамиды или конусы, основаніемъ которымъ служатъ верхнія и нижнія площади камня; 8) что каменные подпоры составленныя изъ частей, имѣютъ меньшее сопротивленіе противъ цѣльныхъ частей изъ того же камня и тѣмъ меньше, чѣмъ число составныхъ частей больше; 9) что въ обыкновенныхъ постройкахъ, кладку изъ правильно-тесаннаго камня не слѣдуетъ нагружать больше  $\frac{1}{10}$  того груза, который можетъ выносить неразрушающаяся этотъ родъ камня; въ кладкѣ же изъ камня неправильной формы, нагрузка не должна превышать  $\frac{1}{20}$  этого груза; 10) сопротивленіе камней разрыву при растяженіи, можно принять приблизительно въ  $\frac{1}{3}$  сопротивленія ихъ раздробленію при давленіи, и 11) сопротивленія камней одного рода и равной высоты, но съ сѣченіями прямоугольнымъ, квадратнымъ и круглымъ, равной площади, относятся какъ 703:806:917.

Сопротивленіе раздробленію, вслѣдствіе давленія, каменной кладки вообще тѣмъ болѣе, чѣмъ менѣе въ ней швовъ и чѣмъ ближе по своей формѣ она подходитъ къ кубу. Такъ по *Викà* (Vicat), если принять сопротивленіе цѣльнаго камня высотой  $h$  за единицу, то сопротивленіе кладки высотой  $h$  изъ двухъ камней равно 0,930; высотой  $2h$  изъ четырехъ рядовъ камней равно 0,861, и высотой  $4h$ , изъ восьми рядовъ камней, равно 0,834. По *Винклеру*, сопротивленіе раздробленію отъ давленія, въ пудахъ на каждый квадратный дюймъ площади сѣченія составляетъ для камней различныхъ породъ:

Базальта.	390 пуд.	Порфира.	290 пуд.	Слюдян. сланца.	325 пуд.
Гнейса.	340 „	Кварца . .	510 „	Роговика. . . .	470 „
Гранита .	315 „	Известняка.	200 „	Змѣевика . . . .	330 „
Діорита .	350 „	Песчаника .	275 „	Граувака . . . .	285 „
Сіэнита .	470 „	Лабрадора .	345 „	Мрамора. . . . .	155 „

Для прочнаго сопротивленія давленію, слѣдуетъ камень каждой породы нагружать не болѣе  $\frac{1}{10}$  груза, показаннаго въ этой таблмцѣ. Такимъ образомъ на каждый квадратный дюймъ площади гранитнаго камня можно класть грузъ не свыше 31,5 пуда; на квадр. дюймъ площади известняка 20 пуд. и т. п.

Такъ какъ при растяженіи сопротивленіе камня въ 8 разъ слабѣе чѣмъ при давленіи, то сопротивленіе разрыву, напр. гранита, будетъ  $\frac{315}{8} = 39,37$  пуд. на квадр. дюймъ площадк; для прочнаго же сопротивленія нужно полагать не болѣе  $\frac{1}{10}$  части груза; а потому въ тѣхъ мѣстахъ сооруженія, гдѣ гранитъ подвергается растяженію или пере-



лону, не слѣдуетъ его огружать болѣе какъ 3,9 пуд. на каждый квадратный дюймъ площади сѣченія.

Сопротивленіе камней стиранію, и слѣдовательно трудность ихъ обработки или распилки, выражается, по *Ронделе*, слѣдующими относительными цифрами:

Гранитъ древній . . . . .	1000	Гранитъ сѣрый Нормандскій.	800
„ зелен. Вогезскій.	952	Мраморъ голубой. . . . .	125
„ желто-зеленый. . . . .	923	Мраморъ бѣлый . . . . .	100
„ сѣрый. . . . .	889	Известнякъ. . . . .	87
„ Бретонскій . . . . .	857		

Камни неодинаково подвергаются разрушительному дѣйствию воздуха, воды и мороза; лучший способъ оцѣнки камней въ этомъ отношеніи, заключается въ наблюденіи степени порчи отъ этихъ вліяній разнаго рода камней въ старинныхъ строеніяхъ. Древніе никогда не употребляли камней въ постройку по вынутіи изъ карьеры прежде, пока они не пролежатъ на открытомъ воздухѣ два года; и только тѣ, которые оказывались прочными, поступали въ обтеску и кладку, оказавшіеся же непрочными, поступали въ буты или въ закрытыя части строенія. По наблюденіямъ *Викіа*, песчаники и известняки, т.-е. болѣе пористыя породы, лучше выдерживаютъ дѣйствіе мороза, чѣмъ плотныя и твердыя породы.

Вѣсъ кубическаго фута каменной кладки составляетъ:

Изъ гранита и бута — 4,15 пуд.; изъ песчаника — отъ 3,54 до 3,66 пуд.; изъ известняка — отъ 2,94 до 3,98 пуд.; изъ кирпича — отъ 2,54 до 2,94 пуд.

**25. Кирпичъ.**— За неимѣніемъ естественнаго камня, при постройкѣ водоспусковъ и основаній подъ ними, можно во многихъ случаяхъ пользоваться хорошо выработаннымъ и хорошо обожженнымъ кирпичемъ. Но для подводныхъ сооруженій кирпичъ долженъ быть непременно плотный и сильно обожженный. Относительно плотности, не слѣдуетъ употреблять въ гидротехническихъ сооруженіяхъ такъ-называемый у насъ *намоной*, или *слизвой* кирпичъ, т.-е. который дѣлается на столахъ въ формахъ для двухъ или четырехъ кирпичей, соединенныхъ въ одну, въ которыхъ глина выдвигается разомъ въ обѣ или четыре кѣтки и только сравнивается руками безъ всякаго давленія. Для подобнаго кирпича и глиняное тѣсто готовится съ бѣльшимъ количествомъ воды.

Для гидротехническихъ работъ слѣдуетъ всегда предпочитать кирпичъ *поднятый* или пресованный, при которомъ глина утаптывается въ формы ногою или искусственнымъ прессомъ, отчего и кирпичъ выходитъ несравненно плотнѣе и прочнѣе въ водѣ. При этомъ условіи нѣтъ надобности чтобы онъ былъ только *жельзнякъ*; но хорошо обожженный, красный, можетъ быть вполне пригоденъ; не слѣдуетъ только употреблять *алаго*, если кирпичъ сдѣланъ изъ красной глины, или вообще недостаточно обожженнаго.

Когда желаютъ употребить кирпичъ для этого рода сооруженій, то

его слѣдуетъ выдѣлать отдѣльно для этой цѣли. съ необходимой тщательностію, а не употреблять случайный кирпичъ, который можетъ оказаться весьма слабымъ въ водѣ и не соответствовать назначенію. Поэтому мы изложимъ здѣсь кратко способъ приготовленія хорошаго и прочнаго кирпича.

Тѣсто для хорошаго кирпича, по *Витрувію*, должно состоять изъ глинистой земли, бѣлой или красной, смѣшанной съ пескомъ; смѣсь признается годною для выдѣлки кирпича, если смоченная водою и вымятая руками, она липка и крѣпко пристаётъ къ рукамъ; хорошо принимаетъ отпечатки пальцевъ при сжиманіи и не образуетъ разрывовъ и трещинъ въ массѣ по краямъ, при углубленіи въ нее пальцевъ. Если замѣчаютъ что она не имѣетъ достаточной вязкости и мягкости, то прибавляютъ чистой глины, а въ противномъ случаѣ песку. При очень жирной глинѣ въ смѣсь употребляютъ равный ей объемъ песку; изъ тощей же иногда приходится выдѣлать излишній песокъ посредствомъ отмучиванія. Смѣсь должна быть по возможности очищена отъ камушковъ, а глина не должна заключать въ себѣ колчедановъ, т.-е. сѣристыхъ соединеній, и мергеля; иначе при обжиганіи, вслѣдствіе выдѣленія газовъ, кирпичъ можетъ имѣть внутри пустоты, или сплавляться въ нѣкоторыхъ частяхъ.

Для прочнаго кирпича слѣдуетъ глину выкапывать заблаговременно и дать ей прозимовать, или промерзнуть въ теченіе двухъ или по крайней мѣрѣ одной зимы, оставляя ее открытою для дождя и снѣга. Лучшее время для приготовленія кирпича, весна и осень, когда сырецъ просыхаетъ очень медленно. Самое важное условіе для полученія хорошаго кирпича, это чтобы смѣсь была особенно хорошо и сильно вымята, съ употребленіемъ лишь самага необходимаго количества воды, которая вообще по объему не должна превышать половины объема смѣси изъ глины и песка; такъ что на кубическій футъ смѣси не должно употреблять больше  $\frac{1}{2}$  куб. фута воды. Песокъ лучше употреблять овражный, чистый и не слишкомъ мелкій. Если глина была вынута на зиму, то она обыкновенно сама принимаетъ столько воды, что ея достаточно для мятя смѣси.

Мятые смѣси ногами, какъ это прежде всегда и дѣлалось, тѣмъ хорошо, что глина выминается совершеннѣе и всѣ маленькіе камушки и другія постороннія частицы, ощущаемые босыми ногами, выбрасываются изъ смѣси. При несогласіи рабочихъ мять глину ногами, слѣдуетъ устроить конный приводъ, для мятя смѣси старыми каменными жерновами, поставленными на ребро, на деревянномъ помостѣ. Такой приводъ самымъ простымъ образомъ можно устроить такъ: на лежахъ, врытыхъ вровень съ землею, накладывается изъ досокъ помостъ *A*; кругомъ помоста врываются въ землю четыре столба *B*, на верхніе шипы которыхъ кладутся на крестъ два бруса *C.C.* подпираемые отъ столбовъ подпорками *d*; противостоящіе столбы *B* врываются на разстояніи 12—14 аршинъ одинъ отъ другаго: высота ихъ надъ землею около 3 аршинъ и въ землѣ  $1\frac{1}{2}$  арш. *D* вертикальный валъ, толщи-

ною не менѣе 8 вершковъ, вращается на желѣзныхъ шипахъ; *E*—проходящій сквозь него брусъ, служащій осью для двухъ жернововъ *M*, поставленныхъ на ребро. Другой длинный брусъ *N*, проходящій также сквозь валъ *D*, съ валькомъ *n*, къ которому припрягается лошадь, приводящая въ движеніе валъ *D* вмѣстѣ съ жерновами *M*. Смѣсь изъ глины и песка кладется на деревянный помостъ *A*, и попадая подъ жернова, растирается и мнется ими.

Повторяемъ, что сильное и хорошее мяте смѣси изъ глины и песка, составляетъ одно изъ самыхъ важныхъ условий для хорошаго качества кирпича. Затѣмъ смятая глина формуется въ кирпичи въ деревянныхъ формахъ обсыпаемыхъ внутри, каждый разъ, предварительно мелкимъ пескомъ, чтобы сформованный кирпичъ легко выходилъ изъ формы не прилипая къ ея стѣнкамъ. При формовкѣ, масса въ формѣ должна быть по возможности сдавлена или убита пяткою ноги, ибо крѣпость кирпича много зависитъ отъ его плотности.

Размѣръ обожженного кирпича у насъ принимается обыкновенно въ 6 вершковъ длины, 3 верш. ширины и  $1\frac{1}{2}$  верш. толщины; но такъ какъ глина при высыханіи и обжиганіи сжимается, то обыкновенно формамъ внутри даютъ длину  $6\frac{1}{4}$  верш., ширину  $3\frac{1}{8}$  верш., а къ  $1\frac{1}{2}$  вершкамъ высоты прибавляютъ отъ  $\frac{1}{16}$  до  $\frac{1}{8}$  верш., такъ какъ ребра формы, отъ тренія о песокъ, скоро стираются отъ употребленія и уменьшаются въ высотѣ.

Вынутый изъ формы кирпичъ, такъ называемый *сырецъ*, долженъ быть очень хорошо просушенъ на вольномъ воздухѣ, прежде чѣмъ подвергнуть его обжиганію. Когда онъ нѣсколько просохнетъ, но еще совершенно не отвердѣетъ, его *правятъ*, т.-е. сглаживаютъ ребра и восстанавливаютъ форму, если онъ покривился при выниманіи изъ станка (формы). Сушка сырца должна производиться медленно, въ закрытыхъ сараяхъ, чтобы онъ во время сушки, не только не подвергался дѣйствию дождя, но также солнца и вѣтра.

Кирпичъ обжигается: 1) *въ напольныхъ печахъ*, т.-е. сложенныхъ поверхъ земли изъ самага обжигаемаго кирпича; или чаще, 2) *въ ямныхъ печахъ*, имѣющихъ форму квадрата или шестигольника, и состоящихъ изъ ряда очелковъ со сводами, въ которыхъ дѣлаются по нѣскольку отверстій. Эти печи предварительно выкладываются изъ алаго обожженного кирпича и на разбученныхъ сводахъ ихъ очелковъ, выравненныхъ сверху и представляющихъ ряды отверстій, насаживается сырецъ, и наконецъ, 3) въ большихъ, *непрерывно дѣйствующихъ печахъ*. Въ обыкновенныхъ, небольшихъ, ямныхъ печахъ, насаживается для выжиги за одинъ разъ отъ 25 до 50 тысячъ кирпичей; въ большихъ же до 300 тысячъ, которыя, относительно количества потребляемаго топлива, выгоднѣе малыхъ. Кирпичъ насаживается въ печь *ёлкой*, т.-е. ставится на ребрыкъ вкось и верхній рядъ на крестъ надъ нижнимъ рядомъ, оставляя промежутки для свободного выхода пара и прониканія жара. Кругомъ и сверху, уложенный такимъ образомъ кирпичъ, замазывается слоемъ глины толщиной около  $2\frac{1}{2}$  вершковъ, чтобы удерживать жаръ или

Черт. IX.  
фиг. 114.

ослаблять его, пробивая, по надобности, въ этомъ слоѣ глины отверстія.

Отъ зажженія огня первые 24 часа поддерживаютъ легкой жаръ; послѣ чего увеличиваютъ жаръ и поддерживаютъ увеличенный 36 часовъ. Затѣмъ, послѣ этихъ 60 часовъ перваго огня, увеличиваютъ его на сколько возможно и уже стараются поддерживать этотъ сильный огонь въ одинаковой мѣрѣ до самаго конца обжига, что продолжается еще отъ 48 до 60 часовъ, смотря по устройству печи, состоянію погоды, качеству и сухости дровъ.

По окончаніи обжига необходимо дать кирпичу остыть по возможности медленно, не снимая обмазку. Скорое остываніе дѣлаетъ кирпичъ хрупкимъ отъ давленія и дѣйствія мороза. Остываніе должно продолжаться отъ 7 до 10 дней. Кирпичу можно придать большую твердость, если по вынутіи его изъ печи, послѣ совершеннаго охлажденія, продержать нѣкоторое время въ водѣ и затѣмъ подвергнуть вторичному обжиганію.

Кирпичъ считается хорошимъ, если отъ удара издаетъ чистый звукъ, если въ изломѣ представляетъ ровное и плотное зерно и сложеніе, если въ теченіе зимы, подвергаясь дѣйствію дождя и мороза, не измѣняетъ своихъ качествъ и нисколько не разрушается. *Витрувій* не совѣтуетъ употреблять въ дѣло свѣжаго кирпича, но только тотъ, который послѣ выжиги пролежалъ не менѣе двухъ лѣтъ.

Изъ каждой печи кирпичъ выходитъ обожженнымъ не въ одинаковой степени и обыкновенно у насъ подраздѣляется на три вида: 1) сильно обожженный, *жельзный* или *полужельзный*, издающій высокий звукъ и употребляемый въ частяхъ гидротехническихъ сооружений непосредственно соприкасающихся съ водою; на фундаменты въ сырыхъ мѣстахъ и на цоколь, по недостатку или дороговизнѣ камня; 2) хорошо обожженный и звѣнящій, въ Петербургѣ по цвѣту *красный*. въ другихъ мѣстахъ бѣлый, желтоватый (въ Кіевѣ), бурый, годный для всякаго употребленія въ сухихъ мѣстахъ и въ закрытыхъ частяхъ гидротехническихъ сооружений, и 3) слабо обожженный, въ Петербургѣ по цвѣту *алый*, издающій глухой звукъ и употребляемый для кладки печей и въ неважныхъ постройкахъ.

Изъ ямныхъ печей, на 1000 штукъ кирпичей, приблизительно выходитъ: желѣзнаго и алаго по 250 штукъ и краснаго 500 шт. или немного болѣе.

На выдѣлку 1000 штукъ кирпича, указаннаго выше размѣра, требуется: глины песчаной или перемятой съ пескомъ 0,4 куб. саж.; песку на посыпку столовъ и станковъ (формъ) 0,05 куб. саж.; воды на мяте глины и смачиваніе станковъ—2,5 бочки (въ 40 вед.); дровъ сосновыхъ или еловыхъ отъ 0,33 до 0,45 куб. саж., при малыхъ печахъ больше, при большихъ меньше. На изготовленіе 1000 шт. кирпича потребно рабочихъ, кирпичедѣльцевъ: для выкидыванія 0,4 куб. саж. песчаной глины—0,8 человѣкъ; для мяте глины съ пескомъ—2 челов.; для рѣзки подпятнаго кирпича 1,71 челов.; для правки—0,33 челов.;

для насадки въ готовую печь—0,8 челов.; для обжиганія — 0,33, и для высадки изъ печи — 1,33 челов.; а всего на 1000 кирпичей—7,3 рабочихъ.

Средній вѣсъ 1000 кирпичей, указаннаго размѣра, составляетъ 250 пуд.

Для монументальныхъ или высокихъ сооружений, кирпичъ признается годнымъ только тотъ, который будучи положенъ плашмя не раздробляется отъ давленія въ 86<sup>1</sup>/<sub>2</sub> пудовъ на квадратный вершокъ, или въ 28 пудовъ на квадр. дюймъ. Сопротивленіе раздробленію хорошаго кирпича, по *Винклеру*, составляетъ 30 пуд. на квадр. дюймъ; сопротивленіе же раздробленію кievскаго кирпича, по *Паукеру*, составляетъ до 36 пуд. на квадр. дюймъ. Сопротивленіе раздробленію кирпичной кладки изъ хорошаго краснаго кирпича, составляетъ 24 пуд. на квадр. дюймъ, а изъ слабаго алаго—до 15 пуд. на квадр. дюймъ. Для прочнаго же сопротивленія слѣдуетъ принимать нагрузку не болѣе <sup>1</sup>/<sub>10</sub> до <sup>1</sup>/<sub>15</sub> означенныхъ выше чиселъ, смотря по качеству кирпича.

Для опредѣленія въ кубической сажени кладки числа кирпичей всякаго размѣра и при всякой толщинѣ шва, служатъ слѣдующія формулы: 
$$N = \frac{110592}{(a+d)(c+d)(b+\frac{1}{2}d)} \dots (I), \text{ или } N = \frac{592704}{(a+d)(c+d)(b+\frac{1}{2}d)} \dots (II),$$
 въ которыхъ  $N$ —число кирпичей, которыхъ длина  $a$ , ширина  $b$ , толщина  $c$ , и  $d$ —толщина горизонтальнаго между рядами и вертикальнаго между ложками шва. Сообразно съ размѣрами кирпичей и швовъ, измѣняется и количество раствора въ кладкѣ; означивъ объемъ каждаго кирпича чрезъ  $V = a \cdot b \cdot c$ ,—объемъ  $Q$  раствора, необходимаго на кубич. сажень кладки, выраженный въ кубич. саж., опредѣляется по формуламъ:

$$Q = \frac{117860 - N \cdot V}{110592} \dots (III), \text{ или } Q = \frac{631656 - N \cdot V}{592704} \dots (IV).$$

Когда величины  $a, b, c$  и  $d$  выражены въ вершкахъ, то служатъ для вычисленія  $N$  и  $Q$  формулы (I) и (III); когда же они выражены въ дюймахъ, то формулы (II) и (IV).

Напримѣръ, если  $a = 6$  вершк.,  $b = 3$  верш.,  $c = 1,5$  верш. и  $d = \frac{1}{4} = 0,25$  верш., то въ кубическую сажень кладки потребуется 3299 кирпичей, ибо  $a + d = 6,25$  верш.,  $c + d = 1,75$  и  $b + \frac{1}{2}d = 3,125$  верш., слѣдовательно  $N = \frac{110 \cdot 592}{6,25 \cdot 1,75 \cdot 3,125} = 3229$ . Такъ какъ  $V = 27$  куб. верш., а  $N = 3229$ , то  $Q = \frac{117860 - 27 \cdot 3229}{110592} = 0,28$  куб. саж.

На кладку кубической сажени, при всѣхъ размѣрахъ кирпича, потребно 3,9 каменщиковъ, кромѣ подносчиковъ.

**26. Растворы.**—Растворы должны быть разсматриваемы какъ искусственные камни, такъ какъ они могутъ приобрѣтать твердость и крѣпость камня и способствуютъ образованію каменныхъ массъ неопредѣленной величины и формы, крѣпко связывая между собою большое число малыхъ камней или кирпичей. Растворомъ называютъ обыкновенно смѣсь извести съ различными кремнекислыми или глинистыми веществами, каковы песокъ, мелкоистолченный обожженный кирпичъ; или смѣсь съ пескомъ искусственныхъ цементовъ, каковы: *портландскій*, *римскій*, *Роше* и др.; или смѣсь съ пескомъ естественныхъ це-

ментирующихъ веществъ, каковы: *пуццоланъ*, *санторинская земля*, *трассъ* и др.; или наконецъ смѣсь извести съ искусственными или естественными цементами и пескомъ. Если смѣсь эта хорошо сдѣлана, то она должна крѣпко прилипать къ камню или къ кирпичу и составлять съ ними какъ бы одно тѣло.

*Известь*. Известковые камни, изъ которыхъ получаютъ известь для растворовъ, состоятъ обыкновенно изъ углекислой извести (мѣль) съ примѣсью иногда глинозема, магнезии, кремнезема, гипса (сѣрнокислой извести) и окисей желѣза и марганца. Посредствомъ пережиганія известковыхъ камней, обращаютъ ихъ въ такъ называемую *негашеную известь*, или *кипльку*, имѣющую свойство входить въ тѣсное соединеніе съ песками и другими веществами, употребляемыми для образованія раствора. Пережиганіе известковыхъ камней производится въ кучахъ или въ печахъ. При обжиганіи въ кучахъ, камни складываютъ въ коническую кучу, въ нижней части которой оставляютъ пустое пространство, располагая камни сводомъ и притомъ большіе внизъ и ближе къ срединѣ, а меньшіе къ верху и къ окружности кучи; въ этомъ оставленномъ пространствѣ сожигаютъ горючій матеріалъ.

Для уменьшенія потери тепла, кучи обкладываютъ снаружи землею или дерномъ, а промежутки между камнями, внутри прокладываютъ или пересыпаютъ мелкимъ каменнымъ углемъ, если онъ имѣется подъ рукою, или мелкими сухими дровами. Такія кучи имѣютъ внизу діаметръ въ 18 футовъ, а сверху 12 футовъ; обжиганіе въ нихъ извести длится отъ 6 до 8 дней; но этотъ способъ обжиганія употребляютъ тогда, когда обжиганіе приходится дѣлать на мѣстѣ производства работъ, такъ какъ онъ требуетъ много топлива и при немъ известь неравномѣрно пережигается.

Но обыкновенно известковые камни обжигаются въ особыхъ высокихъ печахъ, имѣющихъ внутри форму эллипсоида съ круговымъ основаніемъ или форму конуса немного суживающагося къ верху. Тамъ гдѣ постоянно обжигается известь, печи устраиваютъ для непрерывнаго обжиганія, при которомъ тратится менѣе топлива. Во время обжиганія камни измѣняютъ нѣсколько разъ цвѣтъ и изъ темнаго и сѣраго переходятъ въ синеватый или зеленоватый и наконецъ въ бѣлый или красноватый. Для хорошаго обжига въ печахъ, необходимо поддерживать сильный и ровный огонь по крайней мѣрѣ 100 часовъ. Обжиганіе совершилось вполне, если на верху изъ печи показывается конусъ свѣтлаго пламени безъ всякаго признака дыма.

Для обжиганія известковыхъ камней въ кучахъ, въ которыхъ обыкновенно помѣщается не менѣе 8 куб. саж. камня, потребно дровъ, на каждую кубич. сажень известняка, отъ 2,5 до 3 куб. сажень; въ постоянныхъ же печахъ 1½ куб. саж. Если для обжиганія употребляется каменный уголь вмѣсто дровъ, то при обжиганіи въ печахъ его требуется отъ 60 до 70 пудовъ на каждую кубич. сажень камня.

Обжиганіе измѣняетъ составъ известковаго камня — извлекаетъ кристаллизационную воду и часть углекислоты. Потерю въ вѣсѣ камня послѣ обжиганія считаютъ отъ 48% до 55%, а въ объемѣ отъ 10 до 20%.

У заводчиковъ существуетъ мнѣніе, что сырые камни обжигаются скорѣе и въ этомъ предположеніи камни смачиваютъ передъ обжиганіемъ. Но это можетъ быть полезно лишь въ томъ случаѣ, если известнякъ довольно рыхлъ чтобы пропитаться водою; тогда вода, превращаясь отъ нагрѣванія въ пары, заставляетъ камень растрескиваться, что облегчаетъ выдѣленіе углекислоты <sup>1)</sup>.

Если обожженную известь, или кипѣлку, облить водою, то 100 частей ея принимаютъ около 32 частей воды и превращаются въ водную известь, или *гашеную*, называемую *пушонкой*. Известь при этомъ рассыпается, превращается въ порошокъ и принимаетъ гораздо болѣшій объемъ. При гашеніи извести важно чтобы она приняла возможно болѣшій объемъ; если смочить ее только тѣмъ количествомъ воды какое нужно для гашенія, а потомъ прибавить воды сколько нужно для *раствора*, то послѣдній чаще приметъ только отъ 2 до 2,5 разъ болѣшій объемъ противъ объема кипѣлки; если же сразу употребить все количество воды которое нужно для раствора, т.-е. въ три раза по вѣсу больше вѣса извести, то растворъ получить въ 3,5 раза болѣшій объемъ противъ объема кипѣлки.

Въ строительномъ отношеніи различаютъ два рода извести: *жирную* и *тощую*; первая, съ примѣсью равнаго съ ней количества песка, образуетъ жирный, долго не твердѣющій растворъ и при гашеніи увеличиваетъ свой объемъ до трехъ разъ; вторая же увеличиваетъ свой объемъ при гашеніи только въ  $1\frac{1}{5}$  разъ. Большая часть тощихъ известей имѣютъ драгоцѣнное, въ строительномъ отношеніи, свойство *твердѣть подѣ водою*, почему такіе сорта извести называются *гидравлическими*. Такъ какъ не всѣ тощія извести обладаютъ этимъ качествомъ, то *Вики* означаетъ подѣ гидравлическими известями только тѣ, которыя, обожженные обыкновеннымъ образомъ, въ короткое время отвердѣваютъ подѣ водою безъ всякой примѣси къ нимъ посторонняго вещества. Гидравлическія извести чаще, по обжигѣ, имѣютъ сѣрый, грязноватый цвѣтъ. Свойство гидравлической извести твердѣть подѣ водою, зависитъ отъ присутствія въ ней кремнекислой извести, которая въ соединеніи съ водою даетъ твердую массу.

Когда гидравлическая известь гашеніемъ приведена въ жидкій растворъ, то этотъ растворъ, отвердѣвая подѣ водою, выдѣляетъ часть сохранившейся въ немъ воды; напротивъ, она принимаетъ въ себя воду, если вмѣсто жидкаго раствора ее опускаютъ въ воду въ видѣ густаго тѣста. Когда только возможно, гидравлическую известь должно обжигать на мѣстѣ работъ и кипѣлку не гасить предварительно въ порошокъ, а обращать прямо въ тѣсто такой густоты, чтобы во время смѣшенія его съ пескомъ вновь воды не прибавлять. Когда хотятъ убѣдиться, имѣетъ ли известковый камень послѣ обжиганія свойство гидравлической извести, лучший способъ состоитъ въ томъ, что кусокъ такого

<sup>1)</sup> О способахъ обжиганія, въ окрестностяхъ С.-Петербурга, известей: тосненской, клязьмовской, путиловской, пудостской и гостиницкой, можно найти въ ст. г. Денна. Инженерный, Журналъ, № 2. 1861 г. Мартъ и Апрель.

камня пережигаютъ въ кузнечномъ горну, затѣмъ гашеніемъ образуютъ изъ него мягкое тѣсто, которое кладутъ въ сосудъ подъ чистую воду; если по прошествіи восьми или пятнадцати дней это тѣсто затвердѣетъ до такой степени, что противится давленію пальца, это признакъ что известь гидравлическая если же тѣсто остается мягкимъ, то это признакъ что известь обыкновенная. Только растворы изъ гидравлической извести, смѣшанной съ обыкновеннымъ пескомъ, могутъ служить при гидротехническихъ сооруженіяхъ.

Степень отвердѣванія гидравлическихъ известей испытываютъ помощью иглы *Викъ*, состоящей изъ металлическаго стержня въ  $\frac{3}{4}$  фунта вѣсомъ и  $\frac{1}{20}$  дюйма въ сторонѣ поперечнаго квадратнаго сѣченія на тонкомъ концѣ. Сквозь мягкое тѣсто эта игла проходитъ свободно отъ собственнаго вѣса; но на отвердѣвшемъ не оставляетъ никакого впечатлѣнія. Слабая гидравлическая известь твердѣетъ въ водѣ по прошествіи 15 дней, а чрезъ годъ получаетъ твердость сухаго мыла. Посредственная твердѣетъ чрезъ 4—6 дней, а чрезъ полгода имѣетъ твердость мягкаго камня не размываемаго водою. Сильная отвердѣваетъ въ 1—2 дня, чрезъ мѣсяцъ имѣетъ свойство твердаго камня и съ годами твердѣетъ еще болѣе.

Г. *Пето* представилъ въ слѣдующей таблицѣ классификацію известей:

Пропорціи по вѣсу.		ПОЛУЧАЕМОЕ ВЕЩЕСТВО.	Отличительныя свойства вещества.
Извести.	Глины.		
100	0	Весьма хорошая известь . . . . .	Не твердѣетъ въ водѣ.
90	10	Слабая гидравлическая известь . . .	По обжиганіи гасятся какъ и чистая известь и сверхъ того твердѣютъ въ водѣ.
80	20	Посредственная гидравлическ. известь	
70	30	Сильная гидравлическая известь . . .	
60	40	} Естественный цементъ . . . . .	Не могутъ гаситься, какова бы ни была степень обжига, но твердѣютъ въ водѣ одни.
50	50		
60	40		
70	30	} Известковая цемянка . . . . .	Не можетъ твердѣть въ водѣ одна безъ примѣси жирной или гидравлической извести.
80	20		
90	10		
100	0	Цемянка глинистая . . . . .	Тоже.

*Естественный цементъ* есть самая сильная гидравлическая известь; самъ онъ не гасится; но для этого его должно истолочь и смѣшать съ водою. Опушенный въ воду, чрезъ полчаса твердѣетъ такъ, что игла не производитъ на немъ никакого отпечатка. *Известковая и глинистая цемянки* имѣютъ то свойство, что по обожженіи не гасятся сами собою (хотя бы ихъ истолочь и смѣшать съ водою), а только въ смѣси съ жирною или гидравлическою известями. Въ этомъ случаѣ смѣсь эта даетъ сильную и отличную гидравлическую известь. (При обжиганіи



относительный вѣсъ известняка уменьшается на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$ , а объемъ на 10 и 20%). Для приготовления искусственной гидравлической извести, на 100 частей, по *вѣсу*, жирной извести, кладутъ 20 частей глины; на 100 частей простыхъ известей, достаточно 15 частей глины; а на 100 частей слабой гидравлической извести, достаточно 6 частей глины.

Для подводныхъ работъ хороши слѣдующіе пропорціи для растворовъ: 3 части жирной извести, 2 части толченаго кирпича, 3 части песку. Или: 2 части пуццоланы,  $1\frac{1}{2}$  части обыкновенной извести, 2 части песку (песокъ чистый, кварцевый, рѣчной). Или: 2 части искусственной пуццоланы, 1 часть извести (обыкновенной), 2 части песку. Или: 1 часть сильной гидравлической извести и 2 части песку. При составленіи гидравлическаго раствора, песокъ кладутъ частями въ известковое тѣсто и тщательно перемѣшиваютъ. Воду надобно прибавлять весьма осторожно и небольшими количествами, потому что разжиженный гидравлическій растворъ теряетъ много своихъ хорошихъ качествъ.

*Викъ* нашелъ способъ обращать обыкновенную известь въ гидравлическую. Для этого обыкновенную известь кипѣлку, обратившуюся въ порошокъ, въ сухомъ и закрытомъ мѣстѣ смѣшиваютъ съ нѣкоторымъ количествомъ глины, сѣрой или темной, или просто съ глиной отъ мелко истертаго обожженнаго кирпича, разбавляя смѣсь нѣсколько водою, чтобы образовать изъ нея густое тѣсто. Изъ этого тѣста готовятъ шары, которые просушиваютъ и затѣмъ до извѣстной степени обжигаютъ. Приличнымъ смѣшеніемъ, указываемымъ опытомъ, можно достигать такой степени отвердѣванія раствора подъ водою, которое равняется и даже превосходитъ лучшія естественныя гидравлическія извести. Обыкновенная очень жирная известь, требуетъ для этого около 0,2 объема глины на одинъ объемъ извести; среднія извести довольствуются 0,15 объема глины; извести же, имѣющія уже нѣкоторое гидравлическое свойство, довольствуются 0,1 и даже 0,06 объема глины.

Дѣло въ томъ, что если къ извести примѣшать не кристаллической кремневой кислоты (кремнеземъ), растворимой въ щелочахъ, то мало-по-малу образуется водное соединеніе извести съ кремневой кислотой, на которое вода не дѣйствуетъ, т.-е. получается *гидравлическій цементъ*, твердѣющій подъ водою. Еще быстрѣе чѣмъ чистая кремневая кислота, дѣйствуетъ примѣсь нѣкоторыхъ кремнекислыхъ соединеній глинозема, какъ напр. глины (которая есть соединеніе глинозема съ кремнеземомъ), окиси желѣза и щелочей, разлагаемыхъ соляной кислотой, выдѣляющей изъ нихъ кремневую кислоту въ видѣ студня.

Природа представляетъ иногда такія соединенія готовыми, какъ пуццоланъ, санторинская земля, трассъ; здѣсь вулканическій процессъ обусловилъ происхожденіе такихъ соединеній кремнезема, изъ которыхъ нѣтъ выдѣляется минеральными кислотами въ студенистомъ видѣ. Такъ железные шлаки, въ смѣси съ известью, даютъ гидравлическіе цементы, а также измельченный обожженный кирпичъ. Но известь и глина ~~не~~ ~~могутъ~~ быть прокаливаемы предварительно смѣшанными и не иначе ~~какъ~~ ~~въ~~ мѣстѣ, ибо только въ такомъ случаѣ происходитъ соединеніе из-

вести съ кремнеземомъ; притомъ это соединеніе возможно только въ присутствіи щелочей, которыя при высокой температурѣ вступаютъ въ соединеніе съ кремнеземомъ; а потому измѣненіе гораздо полнѣе, если прокалывать глину предварительно смѣшанную съ щелочами и съ известью.

Когда объяснилось отъ какихъ химическихъ процессовъ зависитъ способность гидравлической извести твердѣть подъ водою, то тѣмъ самымъ открылась возможность получать гидравлическую известь искусственно изъ такихъ известняковъ, которые даютъ обыкновенную жирную известь. Для этого къ известняку негидравлическому должно быть примѣшано кремнекислосое соединеніе, и глины служатъ въ этомъ случаѣ превосходнымъ матеріаломъ, особенно тѣ, которыя отдаютъ часть кремневой кислоты раствору ѣдлагаго кали.

Доброкачественность гидравлическаго известняка зависитъ отъ количества содержащихся въ немъ кремнекислыхъ соединеній, преимущественно глины; хорошій гидравлическій известнякъ содержитъ 20—30% глины и составляетъ тощую известь.

Гидравлическіе известняки находятъ вездѣ, гдѣ значительно развита такъ называемая юрская формація <sup>1)</sup>.

Вблизи Петербурга, известнякъ, находящійся въ Ладожскомъ уѣздѣ по берегамъ р. Волхова, между деревнями Дубовиками и Петропавловою, даетъ весьма хорошій гидравлическій цементъ. „Въ Волховскихъ порогахъ, говоритъ *А. П. Андреевъ*, ломается плита для приготовленія гидравлическаго цемента, изъ нея этотъ матеріалъ выходитъ превосходный. Толщина слоевъ волховской плиты разная, и намъ случалось видѣть куски ея болѣе 10 вершковъ толщины. Плитный кряжъ на Волховѣ появляется около Старой Ладogi и идетъ вверхъ по рѣкѣ за Гостинопольскіе и Пчевскіе пороги“ <sup>2)</sup>. Изъ этой извести готовится цементъ *Роше*, котораго заводъ находится на правомъ берегу р. Невы противъ Сапернаго лагеря. Цементъ *Роше* нельзя назвать искусственнымъ цементомъ: это просто хорошая гидравлическая известь, которая обжигается одна, безъ всякихъ примѣсей и затѣмъ мелко растирается подъ каменными бѣгунами. Она не такъ быстро твердѣетъ какъ цементы римскій и портландскій. *Римскій цементъ* также получается чрезъ обжиганіе известняковъ содержащихъ глину, при температурѣ, при которой они почти остекловываются; по обжиганіи ихъ размалываютъ въ муку и просѣиваютъ. Они могутъ быть прямо употреблены какъ цементъ, безъ другихъ примѣсей. *Портландскій цементъ* готовится изъ смѣси извести съ глиною; известь берется въ ѣдкомъ или углекисломъ видѣ (мѣль); глина особенно хороша такая, въ которой содержится много щелочей, какъ напр. глина устьевъ рѣкъ впадающихъ въ море. Можно также примѣшивать щелочи въ видѣ полеваго шпата, слюды, гранита и гнейса; въ смѣси на 3—4 пая основанія

<sup>1)</sup> Курсъ химической технологии Ильенкова, второе изданіе, дополненное Е. Андреевымъ. С.-Петербургъ, 1861 г., стр. 402—419 и *Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture par Borgnis*. Paris. 1823.

<sup>2)</sup> Ладожское озеро. А. П. Андреева. С.-Петербургъ, 1875 г., 1 ч., стр. 70.

(известки или щелочей), долженъ быть одинъ пай кислоты (кремнезема, глинозема или окиси желѣза). Матеріалы эти въ мелкомъ видѣ и часто съ примѣсью горючаго матеріала (каменноугольной мелочи), смѣшиваютъ съ примѣсью воды, формуютъ въ куски и обжигаютъ. Сходную съ этой смѣсь получаютъ во Франціи изъ 4 частей мѣла и 1 части глины; вмѣсто глины можно употреблять битый кирпичъ, битую глиняную посуду, доменные шлаки и т. п.

*Пуццоланомъ* называютъ естественный минералъ вулканическаго происхожденія, который находятъ въ большомъ количествѣ въ окрестностяхъ Неаполя, близъ города Пуццоло, и въ окрестностяхъ Рима. Это желѣзистая глина, смѣшанная съ кремнеземомъ и небольшимъ количествомъ известки, которая подвергалась дѣйствию высокой температуры. Смѣшанная съ известью, она даетъ растворъ быстро твердѣющій въ водѣ. Въ Тосканѣ также находятъ родъ пуццолана, но дѣйствіе котораго слабѣе и который *Витрувій* называлъ *carbuncula*.

*Санторинская земля* точно также вулканическаго происхожденія, получаемая съ острова Санторина, одного изъ Цикладскихъ острововъ Греческаго Архипелага. Вулканическій песчаникъ, извѣстный подъ названіемъ *Андернахскаго*, который въ Голландіи измельчаютъ на мельницахъ съ толчеями и въ измельченномъ видѣ называютъ *Трассомъ*, имѣетъ тотъ же составъ и такія же гидравлическія свойства какъ естественный пуццоланъ <sup>1)</sup>. Приведемъ здѣсь нѣсколько анализовъ Римскаго и Портландскаго цементовъ по обжиганіи.

Вещества, оказавшіяся въ составѣ цемента.	Римскій цементъ.		Разные образцы Портландскаго цемента.				
	Англійскій.	Гамбургскій.					
Глины . . . . .	9,97	9,05	2,20	—	3,18	—	0,37
Окиси желѣза . . . . .	13,41	22,3	5,30	12,00	6,69	1,92	5,50
Глинозема . . . . .	7,46		7,75	3,12	6,42	4,00	7,36
Известки . . . . .	40,41	41,81	54,11	43,16	60,43	62,23	54,40
Магnezіи . . . . .	3,38	0,78	0,75	—	—	—	0,86
Кали . . . . .	0,36	0,37	1,10	—	0,73	3,2	0,86
Натра . . . . .	—	—	1,66	—	—	—	1,78
Кремнезема . . . . .	13,66	19,21	22,23	27,00	22,21	22,22	23,72
Углекислоты . . . . .	—	—	2,15	7,66	0,35	6,43	2,80
Воды . . . . .	—	—	1,00				
Фосфорной кислоты . . . . .	—	—	0,75	—	—	—	—
Серной кислоты . . . . .	—	—	1,00	2,06	—	—	1,12

М. Герсевановъ. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. С.-Петербургъ, 1862 г., стр. 151—152. По отношенію цементовъ къ морскимъ сооруженіямъ.

Употребленіе естественныхъ пуццолановъ извѣстно съ глубокой древности. Извѣстнѣйшіе изъ естественныхъ пуццолановъ суть: собственно итальянскій пуццоланъ, трассъ, или вулканической рейнскій туфъ, и санторинская земля. Вотъ ихъ химическій составъ:

	Трассъ изъ Андер- наха.	Пуццоланъ изъ Чивита-Веккіи.	Санторинская земля.
Кремнезема . . . . .	0,570	0,445	0,674
Глинозема . . . . .	0,120	0,150	0,133
Извести . . . . .	0,026	0,088	0,032
Магnezіи . . . . .	0,010	0,047	0,015
Окиси желѣза . . . . .	0,050	0,120	0,049
Кали . . . . .	0,070	0,014	0,043
Натра . . . . .	0,010	0,040	0,040
Воды . . . . .	0,096	0,092	0,014

*Приготовленіе растворовъ.* Простой, негидравлическій цементъ, есть смѣсь гашеной извести съ водою и пескомъ. Для гашенія извести, если она жирна, берутъ около 3-хъ частей, *по объему*, воды противъ вѣса извести (или воды въ  $2\frac{1}{2}$  раза противъ извести по объему), при такомъ количествѣ воды получается растворъ въ видѣ густаго тѣста. Въ этомъ состояніи гашеная известь можетъ сохранить свои свойства необыкновенно долгое время, потому что слой углекислой извести, образующійся на поверхности, защищаетъ лежащія подъ нимъ части отъ дѣйствія углекислоты воздуха. Поэтому обыкновенно растворъ извести готовятъ заранѣе и сберегаютъ до употребленія, въ ямахъ, называемыхъ *творилами*, въ которыхъ стѣны и дно обиты деревянными досками. При употребленіи, къ раствору погашенной такимъ образомъ извести, прибавляютъ воды и песку и тщательнымъ перемѣшиваніемъ образуютъ однородную смѣсь.

Если эту смѣсь помѣстить между двумя кирпичами (или камнями), то вода мало-по-малу всасывается кирпичемъ; современемъ смѣсь приобрѣтаетъ такую же твердость какъ кирпичъ и, вслѣдствіе большаго съ нимъ сцѣпленія, связываетъ поверхности двухъ кирпичей, между которыми положена, точно также какъ клей связываетъ двѣ деревянные поверхности. Отвердѣваніе раствора между кирпичами начинается скоро, но потомъ продолжается постепенно и медленно, такъ что еще и чрезъ нѣсколько столѣтій не достигаетъ наибольшей величины. *Борнисъ* приводитъ, что *Альберти* указываетъ на найденное творило, въ которомъ известь была погашена 500 лѣтъ тому назадъ и она еще была мягка

и представляла хорошій растворъ. Легко убѣдиться, что медленное отвердѣніе зависитъ не отъ одного только высушиванія, но и отъ происходящаго въ растворѣ химическаго процесса; ибо если цементъ высушить искусственно, то получается легко растирающаяся въ порошокъ пористая масса. Но чтобы цементъ получилъ твердость камня, необходимо смѣшать известь съ пескомъ. Опыты показали, что частицы извести, растертой съ водой въ видѣ тѣста, имѣютъ гораздо слабѣйшее сцѣпленіе между собою, нежели съ частицами другаго вещества. Если между двумя камнями помѣстить тонкій слой известковаго тѣста, безъ примѣси песка, дать ему твердѣть и подвергать камни разрыву, то разрывъ никогда не происходитъ такъ, чтобы частицы цемента отдѣлились отъ камня, но всегда разрывъ происходитъ въ срединѣ известковаго слоя. Эти явленія объясняютъ роль песка въ составѣ цемента: частицы его, помѣщенные между известью, увеличиваютъ сцѣпленіе всего слоя. Примѣсь песка представляетъ еще ту выгоду, что онъ препятствуетъ сжиманію и растрескиванію массы при высыханіи.

Количество песка, прибавляемаго къ раствору извести, и его качество зависятъ отъ назначенія цемента и свойствъ извести; чѣмъ песокъ мельче, тѣмъ болѣе точекъ прикосновенія между нимъ и известью, но за то вся масса становится очень однородной и затрудняетъ дѣйствіе воздуха на внутреннія части способствующее отвердѣнію. Грубый, крупный песокъ, наоборотъ, оставляетъ между зернами слишкомъ большія пространства для извести, отчего связь дѣлается слабѣе. Вообще же мелкій песокъ употребляютъ въ растворъ назначаемый для штукатурки, гдѣ доступъ воздуха достаточный; средній песокъ — для кирпичной кладки; и крупный, хрящеватый, — для каменной кладки. На одну кубическую сажень густаго известковаго раствора, берутъ отъ трехъ до четырехъ кубическихъ саженей песка при жирной извести; при извести тощей — отъ одной до двухъ съ половиной кубич. саженей песка, потому что постороннія примѣси въ тощей извести дѣйствуютъ уже и сами какъ песокъ. Роль песка въ растворѣ, впрочемъ, преимущественно механическая и потому вмѣсто кварцеваго песка можно употреблять и слюдястый и известковый песокъ; но обыкновенно предпочитаютъ угловатый песокъ круглomu, вслѣдствіе большей поверхности перваго <sup>1)</sup>.

Къ гидравлической извести, какъ и къ обыкновенной, при употребленіи ея въ дѣло, всегда примѣшиваютъ песокъ, котораго роль та же что и въ обыкновенномъ цементѣ, т.-е. преимущественно и почти исключительно механическая; какъ уже сказали выше, онъ даетъ болѣшую связь частицамъ цемента и препятствуетъ слишкомъ сильному его сжатію; кромѣ того, если онъ содержитъ глину (какъ овражный песокъ), то послѣдняя съ свободной известью образуетъ цементъ. Чтобы гидравлическая известь имѣла хорошаго качества, необходимо чтобы составныя части ея были очень хорошо перемѣшаны. Напр., феканскій известнякъ *былъ обожженъ, потомъ измелченъ* и просѣянъ; получилась

<sup>1)</sup> Курсъ химической технологии Ильенкова.

масса, которая даже и чрезъ 13 мѣсяцевъ твердѣла слабо; другая часть того же известняка была *предварительно смолота*, порошокъ размѣшанъ, изъ него сформованы куски и *потомъ обожжены*; масса изъ этой части известняка затвердѣла хорошо и въ короткое время.

Другое условіе составляетъ хорошее обжиганіе. Оно должно быть равномернo, но не очень сильно; при сильномъ обжиганіи вода труднѣе впитывается и отвердѣваніе происходитъ труднѣе. Отъ сильнаго жара, въ гидравлическомъ известнякѣ перѣдко происходятъ неблагоприятныя измѣненія. Предварительное всасываніе воды гидравлической известью ускоряетъ послѣдующее отвердѣваніе; а потому не бесполезно приготовленной извести пролежать нѣкоторое время въ закрытомъ мѣстѣ; поэтому даже небольшого смачиванія водою нельзя бояться, лишь бы не было употреблено лишней воды.

Тощая гидравлическая известь (т.-е. содержащая не болѣе 24% глины) требуетъ такой примѣси песка, чтобы самая известь въ порошокѣ составила не менѣе  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  объема всей сухой массы. Излишка воды должно избѣгать, иначе известь отдѣляется отъ песка. Эту подготовку нужно дѣлать непосредственно предъ употребленіемъ раствора въ дѣло и во всякомъ случаѣ не должно давать массѣ высыхать, иначе цементъ портится.

Богатая гидравлическая известь (т.-е. съ бoльшимъ содержаніемъ глины) не гасится отдѣльно, а измельчается отдѣльно на мельницѣ и потомъ смѣшивается съ пескомъ и съ водою. Выше замѣчено, что полезно дать цементу время впитать въ себя воду; послѣ того не бесполезно пропустить его чрезъ рѣшето, чтобы отдѣлить комки и остекловавшіяся части; будучи потомъ смолоты, эти остатки даютъ очень хорошій, но медленно твердѣющій цементъ.

Гидравлическій цементъ составленный изъ обыкновенной *жирной извести съ гидравлическими примѣсями*, каковы пуццоланъ, трассы, цементы римскій, портландскій, Роше и т. п., еще болѣе, чѣмъ гидравлическая известь, нуждается въ предварительной обработкѣ во влажномъ воздухѣ; въ этой смѣси еще вовсе нѣтъ соединеній между известью, кремнеземомъ и глиноземомъ, а потому для образованія ихъ нужно болѣе времени. Эти гидравлическія примѣси, т.-е. естественные или искусственные цементы въ тѣсномъ смыслѣ, нужно употреблять не съ гидравлической, а съ жирной, обыкновенной известью; ибо съ гидравлической отвердѣваніе было бы очень неравномернo.

Что касается до состава примѣсей и гидравлическихъ цементовъ вообще, то наилучшей гидравлической известью будетъ всегда та, которая состоитъ *только изъ кремнезема и извести*, а потому и составы примѣсей должны приближаться по возможности къ этому типу. Гидравлическая известь содержащая глиноземъ, дешевле, но жирнѣе и оттого гораздо менѣе прочна. Превосходная гидравлическая известь получается обжиганіемъ двухъ частей кремня съ одной частью извести обыкновенной.

Обыкновенная очень жирная известь, смѣшанная съ порошкомъ только одного жженаго кирпича, даетъ лучшій результатъ чѣмъ средняя

гидравлическая известь съ такой же примѣсью; но если къ жженому кирпичу прибавить въ смѣсь половину песка, то гидравлическая известь уже имѣетъ перевѣсъ въ свою пользу передъ обыкновенной. По опытамъ *Викъ* обнаруживается такой законъ, что если извести расположить въ порядкѣ отъ самой жирной до самой тощей и сильно гидравлической, то параллельно подъ ними нужно расположить естественные и искусственные гидравлическіе цементы въ обратномъ порядкѣ, т.-е. начиная съ самыхъ сильныхъ или быстро твердѣющихъ, тогда находящіеся одинъ подъ другими вещества дадутъ въ смѣсяхъ наилучшіе результаты. Такъ что высшаго качества гидравлическія извести должны смѣшиваться преимущественно съ чистымъ кварцевымъ пескомъ, а обыкновенная очень жирная известь съ самымъ сильнымъ пуццоланомъ. Такимъ образомъ въ отношеніи вязкости, или силы сцѣпленія раствора, можно достигать одинаковыхъ результатовъ съ разнаго рода известью, чрезъ соответственное смѣшеніе известей разнаго качества съ пескомъ, искусственными цементами или пуццоланомъ; но не всѣ эти растворы будутъ одинаково сопротивляться дѣйствию воды. Только растворы изъ гидравлической извести не измѣняются подъ водою при непосредственномъ ея прикосновеніи. Поэтому только на эти части сооруженія и слѣдуетъ употреблять гидравлическую известь. Но въ гидротехническихъ сооруженіяхъ, по замѣчанію *Викъ*, есть много внутреннихъ частей, до которыхъ вода не можетъ проникать, если ихъ отъ этого предохраняетъ внѣшняя оболочка; поэтому въ такихъ частяхъ можно съ выгодой пользоваться растворомъ изъ обыкновенной извести.

Гидравлическіе цементы нужно употреблять въ довольно жидкомъ видѣ, чтобы воды было достаточно для отвердѣванія; камни, или вообще матеріалъ, который они должны связывать, лучше пористые, какъ кирпичъ и известняки, которые напередъ должны быть пропитаны водою. Для гашенія извести вода должна быть по возможности чистая, предпочтительно дождевая или рѣчная передъ колодезною, такъ какъ въ послѣдней чаще встрѣчаются соли и примѣси, которыя могутъ вредить качеству раствора. Что касается до самаго способа гашенія, то изъ опытовъ *Викъ* оказывается, что изъ трехъ способовъ: 1) предварительное гашеніе до состоянія порошка (пушонки); 2) погруженіе извести въ воду въ корзинахъ и 3) полное гашеніе сразу до надлежащей густоты раствора, — послѣдній способъ предпочтительнѣе втораго, а второю — перваго, для известей обыкновенныхъ, жирныхъ, среднихъ или тощихъ и для слабыхъ гидравлическихъ; и чѣмъ известь жирнѣе, тѣмъ предпочтительнѣе послѣдній способъ, но выгодное дѣйствиіе котораго уменьшается по мѣрѣ того, какъ известь тоще и гидравличнѣе; такъ что для сильныхъ гидравлическихъ известей, напротивъ, первый способъ предпочтительнѣе втораго, а второй — третьяго. *Викъ* полагаетъ, что способъ гашенія, избранный соответственно качеству извести, имѣетъ сильное вліяніе на качество раствора, что твердость его можетъ, въ известныхъ случаяхъ, увеличиться въ шесть разъ.

Относительно качества песка для растворовъ, то если растворъ

назначается для кладки, а не для штукатурки, то большинство строителей предпочитают овражный песок рѣчному. Изъ опытовъ *Ронделе* въ этомъ отношеніи оказывается: 1) что при томъ же качествѣ извести и при одинаковой пропорціи песка, растворъ съ овражнымъ пескомъ лучше, тверже и скорѣе высыхаетъ, чѣмъ съ рѣчнымъ; 2) что свѣжевынутый овражный песокъ и тотчасъ употребленный въ смѣсь, даетъ лучший растворъ, чѣмъ тотъ же песокъ отмытый и высушенный на солнцѣ; 3) что чисто кварцевые пески даютъ растворъ менѣе твердый и дольше не высыхающій, чѣмъ пески не чисто кварцевые; 4) что чѣмъ цвѣтъ песка темнѣе, тѣмъ растворъ изъ него лучше и 5) что растворъ лучше и сильнѣе твердѣетъ съ обыкновенной величины пескомъ, чѣмъ съ мелкимъ. Но всѣ эти качества песка относятся только до растворовъ изъ жирной извести; что же касается до раствора изъ извести гидравлической, то по опытамъ *Викà* чистый кварцевый песокъ для него предпочтительнѣе, а слѣдовательно и рѣчной овражному. Самый дурной песокъ для растворовъ, это песокъ морской, содержащій соли. Чѣмъ угловатѣе песокъ и сильнѣе хруститъ въ рукѣ, тѣмъ онъ лучше. Относительно крупности зерна, опыты *Викà* показали, что для сильныхъ гидравлическихъ известей, — лучше песокъ мелкій, затѣмъ смѣшанный изъ крупнаго съ мелкимъ и наконецъ крупный; для слабыхъ гидравлическихъ известей, — лучше смѣшанный, потомъ мелкій и хуже крупный; для известей обыкновенныхъ, жирныхъ и очень жирныхъ, наоборотъ, — лучше крупный, затѣмъ смѣшанный и хуже мелкій.

Обыкновенная жирная известь, доставляемая на работы не гашеною, т.-е. въ видѣ ѣдкой извести, или кипѣлки, какъ уже сказали выше, должна быть обрабаема гашеніемъ прямо въ известковое тѣсто такой густоты, какая необходима для составленія раствора. Только по необходимости допускается предварительное гашеніе кипѣлки въ порошокъ, или пушонку, обрабаемую затѣмъ въ тѣсто при приготовленіи раствора. Гашеніе извести — погруженіемъ въ воду въ корзинахъ, можно употреблять только тогда, когда на мѣстѣ гашенія имѣется прѣсный водоемъ, т.-е. рѣчка, озеро, прудъ, бассейнъ. А потому многіе искусные строители предпочитаютъ способъ указанный *Филибертомъ де Лормъ* (*Philibert de Lorme*), состоящій въ томъ, что устраиваютъ заранѣе нѣсколько большихъ творилъ, въ которыхъ можетъ разомъ помѣститься вся известь, назначенная для всѣхъ возводимыхъ въ томъ мѣстѣ строеній; насыпавъ известь въ творилы и разровнявъ ея поверхность, покрываютъ ее сверху слоемъ песка около 2 футовъ толщиною, а затѣмъ начинаютъ поливать водой песокъ постепенно, до тѣхъ поръ, пока и песокъ и лежащая подъ нимъ известь равномерно насытятся и известь совершенно растворится; при этомъ необходимо тотчасъ же засыпать пескомъ щели и отверстія, которыя образуются въ слоеъ песка.

Въ этомъ положеніи растворъ можетъ и долженъ оставаться долгое время. *Витрувій* требуетъ чтобы заготовленный растворъ простоялъ долгое время до употребленія съ тою цѣлю, что еслибы въ извести оказались куски не вполне обожженные, то съ теченіемъ времени они могутъ



раствориться также хорошо какъ и дожженные. Древніе законы, говорить *Плиній*, съ этой цѣлью, не дозволяли употреблять въ дѣло за-гашенную известь подь слоємъ песка равнѣ трехъ лѣтъ.

Известь, обыкновеннымъ образомъ замѣпанная въ творилѣ, теряетъ свои хорошія качества: 1) если ей дано было слишкомъ много воды; 2) если стѣны и дно творила поглощаютъ воду; 3) если известь не будучи достаточно прикрыта толстымъ слоємъ песку, остается долго подь непосредственнымъ дѣйствіемъ воздуха, дождя и солнца. Количество воды, нужное для гашенія обыкновенной извести и обращенія ея въ растворъ, какъ уже видѣли, зависитъ отъ качества и свойствъ извести. Въ практикѣ руководствуются слѣдующимъ расчетомъ: для гашенія одной кубической сажени ѣдкой извести, или кипѣлки, до состоянія только порошка, или пушонки, потребно воды отъ 10 до 20 сорокаведерныхъ бочекъ (ведро воды въ 30 фунтовъ); до состоянія густого тѣста, смотря по жирности извести, отъ 50 до 60 бочекъ; до жидкаго состоянія, въ особомъ ящикѣ, съ процѣживаніемъ сквозь сѣтку въ творило — отъ 55 до 65 бочекъ воды. Для обращенія кубической сажени пушонки, т.-е. извести, предварительно погашенной до состоянія порошка, въ тѣсто — отъ 20 до 30 бочекъ; до жидкаго состоянія, съ процѣживаніемъ сквозь сѣтку — отъ 30 до 40 бочекъ.

Пропорція составныхъ частей раствора зависитъ, какъ отъ способности известей принимать песку или цемянокъ большее и меньшее количество, такъ и отъ назначенія раствора на то или другое употребленіе. Въ практикѣ обыкновенно полагаютъ, что извести на одинъ объемъ тѣста могутъ принимать песку или цемянокъ: жирныя отъ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 4-хъ объемовъ, среднія — отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 2-хъ объемовъ и тощія — отъ 0 до 1 объема.

Изъ одной кубической сажени ѣдкой извести, или кипѣлки (т.-е. негашеной), при гашеніи ея до состоянія порошка или тѣста можно получить:

		Порошка кубич. сажень.	Тѣста кубич. сажень.
Изъ жирной извест- ки принимающей песку:	4 объема—до	3,00	до 1,80
	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " "	2,75	" 1,68
	3 " "	2,50	" 1,55
	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " "	2,33	" 1,47
Изъ средней прини- мающей песку:	2 " "	1,75	" 1,19
	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " "	1,50	" 1,05
Изъ тощей прини- мающей песку:	1 " "	1,15	" 0,83
	1/2 " "	1,11	" 0,82
	0 " "	1,05	" 0,80

Цементные растворы могутъ приготовляться безъ песка или съ примѣсью его: для Портландскаго до 4-хъ объемовъ песка на одинъ объемъ цемента въ порошокъ и для цемента Роше до двухъ объемовъ. При опредѣленіи количества матеріаловъ для составленія сложнаго раствора изъ жирной извести песка и цемента въ порошокъ, въ практикѣ

руководствуются правиломъ, что объемъ сложнаго раствора равенъ объему известкового тѣста, сложенному съ двумя третями объемовъ песка и цемента въ порошокъ. Напримѣръ, если на одну кубич. сажень раствора предполагается употребить песка 0,7 куб. саж. (объемъ  $B$ ), цемента въ порошокъ 0,35 куб. саж. (объемъ  $C$ ), то означая чрезъ  $A$  объемъ известковаго тѣста, имѣемъ: 1 куб. саж. раствора =  $A + \frac{2}{3}(B + C) = A + \frac{2}{3}(0,7 + 0,35)$ ; отсюда  $A = 1 - 0,7 = 0,3$  куб. саж. Пуццоланъ, санторинская земля и трассъ, назначаются въ количествѣ равномъ песку.

Объемъ воды назначается равнымъ  $\frac{1}{3}$  объема цемента +  $\frac{1}{12}$  объема песка. Напримѣръ, если растворъ составляется изъ одного кубич. фута цемента въ порошокъ и одного кубич. фута песка, то для обращенія ихъ въ тѣсто требуется  $\frac{1}{3} + \frac{1}{12} = \frac{5}{12} = \frac{5}{12}$  кубич. фут. или 0,96 ведра воды (1 куб. футъ = 2,31 ведра). Кубическій футъ португальскаго цемента въ порошокъ, той плотности какую онъ имѣетъ высыпанный въ ящикъ для приготовленія раствора, вѣситъ 2 пуд.; т.-е. изъ бочки 10-пудоваго вѣса (безъ тары) выходитъ цемента въ порошокъ 5 куб. фут. Той же плотности кубич. футъ цемента Роше вѣситъ 1,7 пуд. т.-е. 6-пудовый мѣшокъ (какъ въ продажѣ) заключаетъ цемента 3,53 куб. фута.

А потому количество цемента, песка и воды, для составленія одной кубич. сажени раствора, требуется:

Пропорція песка по количеству цемента въ порошокъ.	Португальскаго цемента.		Цемента Роше.		Песку.	Воды.
	Куб. фут.	Пудовъ.	Куб. фут.	Пудовъ.	Куб. саж.	Бочекъ.
При употребленіи цемента безъ песка . . . . .	500	1000	500	850	—	9,6
Полагая на одинъ объемъ цемента песку:						
$\frac{1}{2}$ объема . . . . .	336	672	336	572	0,48	7,18
1 " . . . . .	255	510	255	434	0,73	5,94
$1\frac{1}{2}$ " . . . . .	205	410	205	350	0,88	5,27
2 " . . . . .	172	344	172	292	0,98	4,82
$2\frac{1}{2}$ " . . . . .	140	280	—	—	1	4,24
3 " . . . . .	116	232	—	—	1	3,8
$3\frac{1}{2}$ " . . . . .	100	200	—	—	1	3,49
4 " . . . . .	88	176	—	—	1	3,27

Цементы въ сухомъ состояніи, въ видѣ порошка, перемѣшиваются съ пескомъ; для образованія же раствора вода приливается передъ самымъ употребленіемъ его въ дѣло. Вообще при гидравлическихъ рас-

творяхъ, какъ говорили выше, известь должна быть предварительно загашена и приведена въ состояніе тѣста; смѣсь ея съ пескомъ и съ цементами, и цементовъ съ пескомъ, безъ извести, дѣлается предварительно, на мѣстѣ производства работъ и притомъ это смѣшеніе, при большихъ сооружеиіяхъ, должно дѣлаться механически. Машинный способъ приготовленія гидравлическихъ растворовъ, прилающей имъ лучшее качество противъ ручнаго, долженъ предпочитаться послѣднему; если же растворъ требуется въ большомъ количествѣ, то и затрата на приобрѣтеніе машинъ окупится сбереженіемъ рабочихъ силъ. На одной мельницѣ, состоящей изъ пары чугунныхъ бѣгуновъ, или каменныхъ жернововъ, и чугуннаго или каменнаго поддона, или тарелки, можно приготовить въ теченіе лѣтнаго дня до  $1\frac{1}{2}$  куб. саж. раствора, при равныхъ объемахъ извести и песка, потому что въ жолобъ поддона, для смѣшенія заразъ, должно помѣщаться, извести въ видѣ тѣста и песку, количество достаточное на  $\frac{1}{8}$  куб. саж. раствора и такое перемѣшиваніе подъ бѣгунами каждой закладки можетъ повториться въ день 12 разъ. На одинъ объемъ известковаго тѣста, какъ уже знаемъ, песку кладется отъ 0 до 2-хъ объемовъ. Бѣгуны по жолобу поддона приводятся въ движеніе лошадьми или локомотивомъ, смотря по обширности работъ. Выработанная смѣсь обращается въ растворъ надлежащей густоты, чрезъ прибавленіе воды, передъ самымъ употребленіемъ раствора въ дѣло.

Но не слѣдуетъ никогда забывать, что въ растворѣ съ однимъ пескомъ, *обыкновенныя извести* почти нисколько не твердѣютъ подъ водою и если онѣ еще не были погашены постепенно въ воздухѣ, растворъ всегда останется мягкимъ. Тогда какъ *гидравлическія извести*, естественныя или искусственныя, имѣютъ способность: 1) однѣ, безъ примѣсей, твердѣть въ водѣ; 2) образовать въ смѣси съ пескомъ отличный растворъ, иногда лучше чѣмъ пуццоланъ, если известь очень гидравлична; 3) при этихъ свойствахъ, нѣсколько жирные растворы можно держать нѣкоторое время безъ боязни относительно затвердѣванія ихъ впоследствии; кромѣ того ихъ можно разбавить водою и вновь переработать, чего не допускаютъ растворы съ обыкновенной известью.

Отвердѣваніе только гидравлическихъ растворовъ совершается быстро; отвердѣваніе же обыкновенныхъ растворовъ въ кладкѣ, только сначала совершается до нѣкоторой степени быстро, а затѣмъ это отвердѣваніе продолжается постепенно и столь медленно, что оно еще продолжается чрезъ нѣсколько столѣтій. Оттого и кажется, при разломѣ старинныхъ каменныхъ зданій, что древніе растворы какъ будто бы были крѣпче. Они дѣйствительно болѣе отвердѣли и связь ихъ сдѣлалась крѣпче съ кирпичемъ или съ каменной кладкой, но лишь отъ дѣйствія времени.

Что касается до *сопротивленія растворовъ раздробленію отъ давленія*, то растворъ изъ жирной извести и песка, черезъ 14 лѣтъ, выдерживаетъ на каждый квадратный дюймъ стѣненія давленіе до 14 пудовъ не раздробляясь; т.-е. оказываетъ почти такое же сопротивленіе какъ слабая кирпичная кладка. Съ возрастаніемъ гидравлическихъ свойствъ

раствора, увеличивается его сопротивление. Растворъ изъ обыкновенной извести съ кирпичною цемянкою (т.-е. въ смѣси съ мелкорастертымъ обожженнымъ кирпичемъ) выдерживаетъ, по *Паукеру*, отъ 18 до 20 пудовъ; хорошій портландскій цементъ, затворенный безъ песка, чрезъ 2½ года выдерживаетъ, не радробляясь, давленіе на квадратный дюймъ до 60 пудовъ. Отъ прибавленія песка сопротивление цемента уменьшается.

По *Ронделе*, если принять начальное сопротивление раздробленію кирпичей положенныхъ на известковомъ растворѣ равнымъ 1000, то чрезъ промежутокъ 15 лѣтъ сопротивление этихъ растворовъ будетъ:

Раствора изъ жирной извести и рѣчнаго песка	=	1125.		
” изъ чистаго цемента	=	1250.		
” изъ цемента и песка	=	1111.		
” съ примѣсью толченаго песчаника	=	1011.		
” { съ при-	Римскаго.	=	1143.	
” { мѣсью		Сѣраго Неаполитанскаго	=	1333.
” { пуццо-		Бѣлаго.	=	1286.
” { лана.		Шотландскаго	=	1055.

*Сопротивленіе раствора разрыву* составляетъ, по *Ронделе*, вообще среднимъ числомъ около 1/3 сопротивленія раздробленію. Въ частности же, сопротивление разрыву относится къ сопротивленію раздробленія:

Для раствора изъ жирной извести и песка чрезъ 16 лѣтъ какъ	1 : 12
” ” ” гашеной извести . . . . .	1 : 9½
” ” съ кирпичной цемянкой. . . . .	1 : 7½
” ” съ пуццоланомъ и растворомъ древнихъ . . . . .	1 : 8

Растворъ изъ жирной извести и песка, чрезъ 14 лѣтъ, разрывается, при площади сѣченія въ одинъ квадратный дюймъ, отъ напряженія въ 1⅓ пудовъ. Известки *тосненская* и *ропиенская*, употребляемая въ Петербургѣ съ 1 до 2-хъ объемовъ песка, чрезъ 3 недѣли, выдерживаютъ при разрывѣ до 0.2 пуд. Хорошая гидравлическая известь, по *Паукеру*, напр.: портландскій цементъ, выдерживаетъ до 1 пуда, а чрезъ годъ до 6 пудовъ; отъ прибавленія песка сопротивление цемента разрыву также уменьшается. Цементъ *Роше*, чрезъ три недѣли, выдерживаетъ въ смѣси съ объемами песка,—однимъ—0.8, полуторнымъ—0,6 и двойнымъ—0,3 пуда.

Сдѣленіе каменной кладки съ бетоннымъ основаніемъ, смотря по качеству известковаго раствора, измѣняется отъ 0,4 до 5,5 пудовъ на квадратный дюймъ.

Качество известковаго раствора иногда опредѣляютъ по числу подымаемыхъ кирпичей, подлитыхъ на растворѣ; растворъ выдерживающій до 7 кирпичей, считается отличнымъ, хотя сопротивление его разрыву въ этомъ случаѣ доходитъ едва до 0,035 пуда, и потому такая проба выражаетъ развѣ только липкость раствора, такъ какъ хорошій растворъ, напр.: изъ цемента, можетъ при такой пробѣ оказаться худшихъ качествъ, сравнительно съ растворомъ изъ жирной извести.

**27. Бетонъ.**— Бетономъ называютъ смѣсь гидравлическаго раствора и щебня, т.-е. битаго камня величиною отъ 2 до 5 кубич. дюймовъ въ объемѣ. Если такую смѣсь всыпать въ огражденное пространство или форму, то отъ дѣйствія воды, а также и на воздухѣ, она отвердѣваетъ, принимая форму пространства въ которое всыпана и составляетъ однородную, цѣльную массу, представляющую достаточное сопротивление сжиманію, или давленію, а также дѣйствію воды и воздуха. Для составленія бетона необходимы матеріалы надлежащаго качества, въ соотвѣтственной пропорціи и хорошо между собою смѣшанные. Гидравлическіе растворы нами уже разсмотрѣны; что же касается до каменнаго щебня, то лучшимъ считается щебень изъ гранита, базальта, известняковъ, преимущественно же изъ твердыхъ породъ, хорошо сопротивляющихся дѣйствію воды и воздуха. Щебень, именно битый камень, угловатый и съ свѣжимъ изломомъ, предпочитается хрящу, хотя и битому, но у котораго останутся нѣкоторыя поверхности гладкими, препятствующими хорошему соединенію раствора съ камнемъ. Щебень долженъ быть хорошо прогрохоченъ, а хрящъ изъ карьеръ долженъ быть промытъ для отдѣленія присташихъ землистыхъ частицъ. Битый обожженный кирпичъ или кирпичный щебень, можетъ также служить хорошимъ матеріаломъ для бетона, но передъ употребленіемъ въ бетонъ, его нужно погрузить на нѣсколько минутъ въ воду, иначе онъ сильно втягиваетъ воду изъ раствора.

Количество раствора, необходимое для составленія бетона, опредѣляется тѣмъ условіемъ, чтобы растворъ наполнилъ собою всѣ промежутки между неправильно битымъ щебнемъ, облѣпилъ бы совершенно каждый отдѣльный камень и составилъ бы такимъ образомъ съ щебенкой цѣльную, плотную массу. Чтобы опредѣлить объемъ промежутковъ для даннаго щебня, наполняютъ этимъ щебнемъ, предварительно смоченнымъ водою, сосудъ опредѣленной емкости, напр. обрѣзъ изъ бочки или кадку, и затѣмъ въ тотъ же сосудъ наливаютъ въ щебенку воду до тѣхъ поръ, пока она совершенно покроетъ щебень. Объемъ влитой воды будетъ равенъ объему промежутковъ между щебнемъ и слѣдовательно равенъ объему раствора.

Чтобы получить бетонъ совершенно непроницаемый для воды, *Клоделъ* совѣтуетъ найденный такимъ образомъ объемъ для раствора увеличить на  $\frac{1}{4}$  часть; при устройствѣ же изъ него основаній, или фундаментовъ на сушѣ, нужно только чтобы бетонъ былъ несжимаемъ, а потому здѣсь количество раствора можетъ быть равно или даже немного меньше опредѣленнаго объема промежутковъ. Для щебня разной величины, но не превышающей двухъ дюймовъ, *Клоделъ*, для разныхъ случаевъ, указываетъ слѣдующую пропорцію смѣсей раствора и щебня для образованія бетона: 1) для ростверковъ и резервуаровъ, подверженныхъ сильному давленію воды, на одну кубическую сажень бетона полагать: раствора—0,55 куб. саж., щебня—0,77 куб. саж.; 2) для гидравлическихъ сооружений и водосточныхъ трубъ: раствора—0,52 куб. саж., щебня—0,78 куб. саж.; 3) для каналовъ, устоевъ мостовъ, набе-

режныхъ и т. п. раствора—0,48 куб. саж., щебня — 0,84 куб. саж.; 4) для фундаментовъ строеній въ грунтахъ сырыхъ и пльвучихъ: раствора—0,45 куб. саж., щебня—0,90 куб. саж., и 5) для массивовъ подъ фундаменты и фундаментовъ въ сухомъ грунтѣ: раствора отъ 0,20 до 0,38 куб. саж. и щебня—1 куб. саж. Вообще, когда бетонъ долженъ прямо погружаться въ воду, то количество раствора увеличивается.

Бетонъ готовится, или ручною работою, или машинною; въ первомъ случаѣ всѣ части бетона перемѣшиваются рабочими на деревянномъ помостѣ посредствомъ лопатъ, трезубыхъ желѣзныхъ вилъ, желѣзныхъ граблей и трамбовокъ; во второмъ же случаѣ растворъ смѣшивается съ щебнемъ въ вращающихся на оси бочкахъ или нарочно для этого устроенныхъ длинныхъ, на оси вращающихся ящикахъ, въ которыхъ, отъ вращенія, растворъ перемѣшивается съ щебнемъ. Для хорошей выработки бетона, при ручной обработкѣ, за одинъ разъ не перемѣшиваютъ массу болѣе одного куб. фута бетона. Это количество, определенное многими опытами, не должно быть увеличиваемо, въ противномъ случаѣ не достигается совершенное перемѣшивание и увеличиваются расходы.

Работа бетона производится подъ навѣсомъ, на деревянномъ помостѣ смачиваемомъ водою. На каждую закладку для смѣшиванія, матеріалы всыпаются по определенной мѣрѣ объема. Сначала насыпаютъ слой щебня и на немъ сверху разравниваютъ слой раствора, потомъ опять слой щебня и сверху опять слой раствора и т. д., пока не насыпятъ всю закладку на одинъ кубическій футъ бетона. Тогда начинаютъ перемѣшивать щебень съ растворомъ лопатами и уколачиваютъ массу трамбовками; потомъ граблями изъ кучи снова разгребуть въ слой, и этотъ слой опять перемѣшиваютъ лопатами въ кучу и трамбуютъ, повторяя эту операцію до тѣхъ поръ, пока щебень хорошо перемѣшается съ растворомъ и когда каждый отдѣльный кусокъ щебня совершенно облепится растворомъ. Обыкновенно матеріалы и работы располагаются такъ, чтобы перемѣшиваніе, подносъ и относъ матеріала шли непрерывно. Тутъ же готовится и гасится известь, затѣмъ смѣшивается съ пескомъ и готовится растворъ; далѣе растворъ смѣшивается съ щебнемъ для образованія бетона, который, чрезъ небольшой промежутокъ времени, относится или отвозится на тачкахъ въ мѣсто погруженія и лучше если ссыпается съ нѣкоторой высоты, ибо тогда улегается плотнѣе.

Количества воды, извести, песка и щебня для приготовленія бетона, чаще относятся между собою по объему, какъ числа: 1 : 1 : 2 : 4; т.-е., что объемы воды и извести почти равны между собою, объемъ песка вдвое, а щебня вчетверо болѣе противъ объемовъ воды или извести. Такъ какъ изъ всѣхъ этихъ матеріаловъ гидравлическая известь обходится всего дороже, то вездѣ, гдѣ это возможно, употребляютъ *тощій бетонъ*, т.-е. съ меньшимъ количествомъ извести противъ другихъ матеріаловъ.

Такъ напр., при устройствѣ каменнаго водоспуска въ Сестрорѣц-

комъ оружейномъ заводѣ, г. *Гаусманъ* для заполнения промежутковъ между круглыми сваями, въ кессонахъ, образованныхъ шпунтовыми линиями подъ понурнымъ поломъ и водоспускомъ, употребилъ бетонъ, составленный по объему, изъ 5 частей хряща, или крупнаго лахтинскаго песка, 1-й части мелкаго, мѣстнаго песка, 2-хъ частей гашеной волховской извести и 3-хъ частей щебня, пополамъ, гранитнаго и кирпичнаго. По произведеннымъ имъ опытамъ, на одну кубич. сажень такого бетона, требовалось всѣхъ этихъ матеріаловъ болѣе  $1\frac{1}{2}$  куб. саж., не считая воды; а именно: хряща 235 куб. фут., щебня 150 куб. фут., мелкаго песка 50 куб. фут., и гашеной извести 100 куб. фут. Приготовление этого бетона, или смѣшиваніе составныхъ его частей, а также и опусканіе его въ промежутки между сваями, производилось помощію обыкновенныхъ бочекъ и восьмиугольныхъ барабановъ, сквозь оба дна которыхъ пропущена была желѣзная ось, опиравшаяся концами на двѣ подставки и оканчивавшаяся двумя рукоятками, дѣйствуя на которыя, рабочіе приводили бочки и барабаны въ вращательное движеніе. Въ бочку или барабанъ сперва насыпались матеріалы въ надлежащей пропорціи и наливалась вода; затѣмъ отверстіе бочки или барабана закрывалось и они приводились въ движеніе. Для хорошаго смѣшенія требовалось сдѣлать отъ 80 до 100 оборотовъ; послѣ чего отверстіе, обращенное внизъ, открывалось и бетонъ выбрасывался прямо на мѣсто, такъ какъ бочки и барабаны устанавливались на помость прямо надъ кессонами, въ которые долженъ былъ сваливаться бетонъ.

Для того чтобы бетонъ быстро твердѣлъ подъ водою, нужно чтобы при перемѣшиваніи смѣсь была сколько возможно гуще и лишь бы дозволяла хорошее перемѣшиваніе. Жидкая смѣсь твердѣетъ медленно и остается всегда слабою; слишкомъ же густая вбираетъ разомъ много воды, и чрезъ это также можетъ сдѣлаться слабою. Опыты *Викъ* показали: 1) что излишекъ извести въ бетонѣ замедляетъ его отвердѣваніе; пропорція смѣси, при которой затвердѣваніе дѣлается быстрѣе, даетъ наиболѣе твердый и прочный бетонъ; 2) что сильныя пуццоланы въ смѣси съ обыкновенною известью твердѣютъ въ бетонѣ быстрѣе, чѣмъ въ смѣси съ гидравлической известью; но при пуццоланахъ слабыхъ, отвердѣваніе происходитъ быстрѣе съ известями гидравлическими; 3) что гашеніе извести погруженіемъ, или гашеніе разомъ въ растворъ, содѣйствуетъ быстрѣйшему отвердѣванію бетона, чѣмъ предварительное гашеніе въ порошокъ.

По опытамъ *Ронделе*, растворъ брѣпче пристаетъ къ нѣкотораго рода камнямъ и лучше къ неровной поверхности, чѣмъ къ гладкой. Онъ полагаетъ, что сила прилипанія раствора къ камнямъ составляетъ среднимъ числомъ 26 фунтовъ на 1 квадратный дюймъ и возрастаетъ отъ времени.

Бетонъ, приготовленный изъ матеріаловъ хорошихъ качествъ, взятыхъ въ надлежащей пропорціи и перемѣшанныхъ наилучшимъ образомъ, можетъ замѣнить каменную кладку, какъ на сушѣ, такъ и подъ водою, не говоря уже о кирпичной; но бетонная кладка обходится до-

роже кирпичной. Кирпичная, отъ дѣйствія воды или отъ частыхъ переходовъ отъ сухости къ сырости и обратно, размокаетъ и выкрашивается; бетонная же, при тѣхъ же условіяхъ, отъ времени пріобрѣтаетъ только большую твердость и прочность. При цѣльности и однородности ея массы, ея осадки гораздо равномернѣе каменной и кирпичной кладки. Такъ что бетонъ считаютъ отличнымъ строительнымъ матеріаломъ, какъ на открытомъ воздухѣ, такъ и подъ водою и потому употребляютъ: на сушѣ — для возведенія основаній и фундаментовъ. стѣнъ, сводовъ, эскарповыхъ одеждъ, половъ и проч.; въ гидравлическихъ сооруженіяхъ—при устройствѣ плотинъ, водоспусковъ, прочныхъ перемычекъ, подводныхъ фундаментовъ, мостовыхъ, устоевъ, доковъ. шлюзовъ и т. п. Поэтому мы скажемъ здѣсь нѣсколько словъ и относительно самаго производства работъ изъ бетона, какъ на сушѣ, такъ и въ водѣ.

Первое условіе для прочности бетонной кладки заключается въ томъ, чтобы бетонъ употреблять въ дѣло по прошествіи нѣкотораго времени послѣ его приготовленія, въ которое онъ не успѣетъ отвердѣть и высохнуть, а только масса его сдѣлается способною лучше твердѣть. Для каждаго рода бетоновъ время это слѣдуетъ опредѣлить предварительнымъ опытомъ. Если бетонъ будетъ допущенъ до отвердѣнія на воздухѣ, то лучше его опять передѣлать, т.-е. разбить, прибавить раствора, снова перемѣшать и выдѣлать части которыя очень окрѣпли; онѣ въ раздробленномъ видѣ могутъ идти въ приготовленіе другаго бетона.

При производствѣ работъ на сушѣ, стараются распределить бетонъ по всему протяженію кладки, сразу слоемъ около трехъ дюймовъ толщиною; для лучшей связи слоевъ, слѣдующій такой же толщины слой кладутъ на предыдущій пока онъ еще недостаточно отвердѣлъ. Съ тою же цѣлю (лучшей связи между слоями), ихъ трамбуютъ деревянной трамбовкой, но не сильно; главная цѣль трамбованія,—чтобы сплотить слои и придать въ нихъ камнямъ болѣе устойчивое положеніе. Бетонную работу слѣдуетъ прикрывать отъ дѣйствія солнца и дождя. Такъ какъ растворъ бетона гидравлическій, который для отвердѣванія требуетъ воды и сырости, то слѣдуетъ покрывать кладку смоченными въ водѣ рогожами, или умѣренно, изъ леекъ, спрыскивать поверхность водою. Но сильный дождь, пока растворъ не отвердѣлъ, можетъ вымывать растворъ. При кладкѣ бута, если стѣнки грунта во рвѣ хорошо держатся не обваливаясь, бетонная кладка ведется прямо въ земляномъ рвѣ; въ противномъ случаѣ, а равно при возведеніи изъ бетона фундаментовъ и стѣнъ, дѣлаются временныя досчатые стѣнки или разборные ящики, между которыми набивается бетонъ, и которыя оставляются на мѣстѣ пока бетонъ достаточно не отвердѣетъ, а затѣмъ вынимаются и разбираются. Если при этомъ, для скрѣпленія формъ или досчатыхъ стѣнокъ, были положены поперечныя брусья, то таковыя. по разборкѣ формъ, или ящичковъ, выбиваются изъ отвердѣвшаго бетона, а отверстіе ими образованное забивается бетономъ.



При производствѣ бетонныхъ работъ въ водѣ, точно также даютъ бетону пролежать нѣкоторое время, послѣ его изготовленія, до употребленія въ дѣло. Въ Тулонѣ, напр., опытъ указалъ, что бетону, приговоренному съ растворомъ изъ пуццоланъ, полезно пролежать до 6 часовъ послѣ изготовленія передъ погруженіемъ въ воду, а приготовленному изъ тейльской извести—2 часа. Грунтъ, на который ложится бетонъ подъ водою, долженъ быть очищенъ отъ ила: если же этотъ грунтъ размываемъ, то его вынимаютъ до болѣе прочнаго слоя. Тѣ мѣста гдѣ погружается бетонъ, ограждаются шпунтовыми линиями или перемычками. Для предупрежденія размытія бетона водою во время погруженія, это погруженіе дѣлается посредствомъ особоустроенныхъ воронокъ, или закрытыхъ ящичковъ, такъ что масса бетона прикасается съ водою когда ляжетъ уже на мѣсто. Бетонная масса въ водѣ не трамбуется, а лишь нажимается и сглаживается посредствомъ чугунныхъ катковъ.

При погруженіи должно обращать особенное вниманіе на удаленіе известковаго молока, которое образуется во время прикосновенія бетона съ водою; осаждаясь, оно образуетъ особую прослойку въ бетонѣ, препятствующую прочной связи всей массы. При текучей водѣ, съ этой цѣлю, оставляютъ отверстіе въ кессонахъ или перемычкахъ, въ которые погружается бетонъ; чрезъ эти отверстія известковое молоко уносится теченіемъ. Въ стоячей водѣ, если не глубоко, осадокъ его соскабливаютъ лопатами съ поверхности кладки; при глубокой же водѣ, известковое молоко стараются направить къ одному мѣсту кессона, откуда его выкачиваютъ насосами.

Наконецъ изъ бетона формуется искусственные камни, которые имѣютъ большое значеніе, такъ какъ имъ можно придавать желаемые размѣры и форму. Во многихъ случаяхъ и даже съ выгодой они могутъ замѣнить естественные камни. Напримѣръ, въ Александріи (въ Пиемонтѣ) изъ бетона готовятъ угловые камни для зданій. По формѣ камня дѣлаютъ углубленіе въ землѣ, сглаживаютъ стѣнки этого углубленія и въ него накладываютъ и легко утрамбовываютъ бетонъ; затѣмъ засыпаютъ его сверху слоемъ земли въ футъ толщиною. Въ такомъ положеніи оставляютъ бетонъ три года; въ это время онъ медленно и плотно твердѣетъ; тогда вынимаютъ готовой формы камень, не требующій никакой обдѣлки, и употребляютъ въ дѣло.

При готовомъ гидравлическомъ растворѣ, а также предварительно разбитомъ и прогрохоченномъ щебнѣ, на приготовленіе кубической сажени бетона ручнымъ способомъ, состоящимъ, какъ уже видѣли, въ перемѣшиваніи раствора съ щебнемъ или глышомъ на платформѣ, посредствомъ лопатъ и гребковъ, съ уколачиваніемъ массы чугунными пестами или деревянными трамбовками и подноскою матеріаловъ съ состоянія до 40 сажени—полагается, по урочному положенію: камень щиковъ 1, рабочихъ 16; гидравлическаго раствора, смотря по крупности камня или щебня,—отъ 0,37 до 0,40 куб. саж.; мелкаго камня или щебня 1 куб. саж. При машинномъ производствѣ количество рабочихъ силъ уменьшается отъ 15 до 25 %.

На кладку одной кубич. саж. бетона съ подноскою его (готоваго) на разстояніе 40 саж. при кладкѣ на сушѣ: каменщиковъ 1, рабочихъ 6, бетона 1,05 куб. саж.; при кладкѣ въ водѣ на глубинѣ до одной сажени:—каменщиковъ 1, рабочихъ 8, бетона 1,12 куб. саж. На каждый аршинъ глубины, сверхъ одной сажени, на каждую куб. саж. бетонной кладки прибавляютъ каменщиковъ 0,5, рабочихъ 1. При погруженіи бетона между сваями, въ зависимости отъ разстоянія между ними, количество рабочихъ силъ слѣдуетъ увеличивать отъ 10 до 15% <sup>1)</sup>).

---

1) *Borgnis*. Traité élémentaire de construction. Paris. 1823. I v. in 4°.  
*Claudel*. Formules, tables etc. 4° édit. Paris. 1857.  
*Карловичъ*. Основанія и фундаменты.  
*Недзялковскій*. Собраніе таблицъ и формулъ.

## ГЛАВА IX.

### ДЕРЕВО КАКЪ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРІАЛЪ.

**28. Дерево вообще.**—Если мы нѣсколько пространно изложили свойство растворовъ, каменныхъ матеріаловъ и бетоновъ, то именно въ виду того, что лѣса у насъ въ средней Россіи уничтожаются, можно сказать, съ ужасающей быстротой; цѣнность древеснаго матеріала въ этихъ мѣстностяхъ удвоилась и утроилась въ какіе-нибудь 20—30 лѣтъ; въ южной и юго-восточной Россіи уже давно ощущается недостатокъ, не только въ деревѣ какъ строительномъ матеріалѣ, но даже какъ въ топливѣ; только еще сѣверная и въ особенности сѣверо-восточная Россія до сихъ поръ богата превосходными породами строеваго лѣса, но и тамъ, въ особенности на Уралѣ, уже довольно давно началась беспощадная его вырубка. Въ виду такого положенія древеснаго матеріала, желательно, насколько возможно, ознакомить каждому съ каменными матеріалами и способами возведенія изъ нихъ различныхъ построекъ, въ особенности же съ употребленіемъ ихъ при возведеніи плотинъ и водоспусковъ, въ которыхъ замѣна, до нѣкоторой степени, деревяннаго матеріала каменнымъ, можетъ представить значительныя выгоды, какъ въ отношеніи прочности самыхъ сооружений, такъ и въ отношеніи ихъ долговѣчности.

Около 10-ти лѣтъ тому назадъ общее пространство лѣсовъ въ Европейской Россіи составляло 172.418.000 десятинъ, или 43.3<sup>1</sup>/<sub>10</sub> всѣхъ земель вообще; изъ этого числа казенныхъ, или государственныхъ лѣсовъ, считалось 94.774.600 десятинъ. Мы уже выше замѣтили, что подобной лѣсистости не представляетъ ни одно государство Европы. Лѣсная площадь въ Европейской Россіи на 2000 квадратныхъ миль больше чѣмъ все пространство Франціи, Австріи, Пруссіи и Великобританіи, вмѣстѣ взятыхъ. Но распределеніе лѣсовъ въ Россіи крайне неблагоприятно: около <sup>2</sup>/<sub>3</sub> общаго ихъ пространства приходится на долю сѣверо-восточной Европейской Россіи, въ которой рѣки текутъ на сѣверъ и откуда сбытъ лѣса въ центральную Россію крайне затруднителенъ. Такъ изъ всѣхъ казенныхъ лѣсовъ до 80.000.000 десятинъ на-

ходятся лишь въ сѣверо-восточныхъ губерніяхъ; къ югу же лѣса постепенно рѣдѣютъ и въ самыхъ южныхъ губерніяхъ они занимаютъ лишь  $\frac{1}{50}$  часть всей поверхности. Однимъ словомъ, у насъ встрѣчается почти сплошной лѣсъ на пространствахъ десятковъ милліоновъ десятинъ и совершенное его отсутствіе на площадяхъ равныхъ по величинѣ Франціи.

Относительно распространенія и распредѣленія различныхъ породъ лѣса, можно сказать, что въ самыхъ общихъ чертахъ въ сѣверной части Европейской Россіи преобладаютъ хвойныя породы, а въ южной—лиственныя. Между хвойными, преобладающее значеніе имѣетъ *сосна*, потому *ель*, особенно въ губерніяхъ: Архангельской, Олонецкой, Вологодской, Пермской, Вятской и Костромской. Кромѣ того, въ нѣкоторыхъ частяхъ этихъ губерній встрѣчается и *сибирскій кедръ*, какъ напр. въ южной части уѣзда Мезенскаго, восточной Вологодской губерніи и въ сѣверныхъ уѣздахъ Пермской и Вятской губерній, который вдоль Уральскаго хребта и по берегамъ р. Печоры, достигаетъ особенно значительныхъ размѣровъ. *Лиственница*, а также *пихта*, растутъ въ губерніяхъ Архангельской (южной части), Вологодской, Пермской, Вятской, Костромской и сѣверной части Уфимской. Въ средней части Печорскаго края преобладаетъ лиственница, особенно по берегамъ рѣкъ, имѣющая отличныя качества въ строительномъ отношеніи. Въ южной и юго-западной части этого края уже начинаетъ преобладать сосна, которая въ Архангельской губерніи занимаетъ половину всего лѣснаго пространства, также какъ въ сѣверной и сѣверо-западной части губерніи Олонецкой; въ южной же части этой губерніи, болѣе населенной, уже много ея истреблено подсѣчнымъ хозяйствомъ и приготовленіемъ сухоподстоя, такъ что здѣсь уже болѣе ели и пространство сосны составляетъ лишь  $\frac{1}{3}$  противъ пространства, занимаемаго елью, тогда какъ въ губерніяхъ Архангельской и Вологодской ель занимаетъ второе мѣсто послѣ сосны. Въ губерніяхъ Пермской, Вятской и Костромской, господствующая порода ель и затѣмъ уже сосна и пихта; и между ними встрѣчаются лиственныя породы: береза, осина, ольха, рябина, но еще рѣдко липа, дубъ, кленъ, вязъ.

Господство сосны продолжается и далѣе къ западу, въ губерніяхъ Петербургской, Новгородской, Прибалтійскихъ и западныхъ; и къ востоку въ губерніяхъ Нижегородской и Казанской. Въ двухъ послѣднихъ губерніяхъ это господство ограничивается только сѣверными ихъ частями: по мѣрѣ того, какъ почва къ югу становится тучнѣе, къ хвойнымъ породамъ примѣшиваются ольха и тополь, а въ южныхъ частяхъ уже преобладаетъ лиственный лѣсъ: дубъ, липа, вязъ, кленъ, тополь. Въ губерніяхъ западныхъ: С.-Петербургской, Новгородской, Прибалтійскихъ, Псковской, Тверской, Витебской, Смоленской, Могилевской, Минской, Виленской и Ковенской продолжается преобладаніе ~~сосны~~ ели. Первая занимаетъ возвышенныя песчаныя почвы, вторая суглинистыя и низменныя. Есть признаки, что въ прежнее время сосна была здѣсь господствующею породою, но выборочная рубка, преимущественно сосноваго

лѣса, какъ для хозяйственныхъ потребностей, такъ и для сбыта, особенно въ западныхъ губерніяхъ, была причиною, что эта порода вытѣснялась и замѣнялась еловымъ и березовымъ насажденіями. Въ смѣси съ елью и сосною и отдѣльными насажденіями, особенно въ юго-западныхъ изъ этихъ губерцій, встрѣчаются береза, осина, ольха, рябина, дубъ и липа; и рѣже: ясень, вязъ, ильмъ, клень, берестъ, грабъ.

Въ Гродненской губерніи чисто еловыя насажденія уже рѣдки. Въ Минской оканчивается господство сосны; далѣе на югъ она доходитъ только до Новогородскаго и Острожскаго уѣздовъ Волынской губерніи и Суражскаго Черниговской; въ Кіевской же уже почти не встрѣчается. Въ лѣсахъ Подольской, Бессарабской (области), Херсонской и Екатеринославской губерній, преобладаніе получаетъ дубъ, занимающій сплошныя насажденія; и только въ Бессарабіи и Подоли, по западной полосѣ вдоль границы, встрѣчается *букъ*. Въ землѣ войска Донскаго, губерніяхъ степныхъ, къ сѣверу отъ Новороссійскихъ, т.-е. Харьковской, Полтавской, Воронежской, Курской, Тамбовской и ниже-волжскихъ, при господствѣ дуба и другихъ лиственныхъ породъ, появляется къ сѣверу опять и сосна. Въ Рязанской и Тамбовской губерніяхъ господство дуба продолжается только въ южныхъ уѣздахъ, а въ сѣверныхъ уже опять сосна и ель. Эти же породы вмѣстѣ съ лиственными составляютъ главныя насажденія губерній Калужской, Орловской, Черниговской, Московской и Владимірской. Вообще предѣлъ распространенія сосны опредѣляетъ довольно близко границу преобладаній хвойныхъ и лиственныхъ породъ <sup>1)</sup>.

Изъ всѣхъ произрастающихъ въ Европейской Россіи лѣсныхъ породъ, въ строительномъ отношеніи, смотря по мѣстностямъ, играютъ главную роль: *сосна, ель, дубъ и лиственница*; всѣ другія породы употребляются, или за недостаткомъ этихъ главныхъ, или на особня, болѣе мелкія части нѣкоторыхъ сооружений. Такъ напр. на сваи можетъ быть употребляема черная ольха; березовыя доски съ пользой могутъ быть употребляемы на ободы зубчатыхъ мельничныхъ колесъ и другія мелкія подѣлки, но только въ сухомъ мѣстѣ; клень идетъ на кулачья и цѣвки въ зубчатыхъ колесахъ и т. п.

Что же касается до употребленія дерева при устройствѣ плотинъ и водоспусковъ, то главнымъ образомъ на это дѣло идутъ только четыре вышеуказанныя породы и притомъ ель употребляется только за неимѣніемъ сосны, дуба и лиственницы. Но наиболѣе распространеннымъ въ сѣверной и всей средней Россіи строительнымъ матеріаломъ слѣдуетъ признать сосну, не только вслѣдствіе обширной занимаемой ею лѣсной площади, но и какъ превосходнаго строительнаго матеріала; за нею по обширности употребленія слѣдуетъ ель. Лиственница, какъ строительный матеріалъ, до средней Россіи не доходитъ; въ лѣсахъ средней Россіи ея нѣтъ; она растетъ тамъ лишь въ садахъ; поэтому

<sup>1)</sup> Объясненія къ хозяйственно-статистическому атласу Европейской Россіи. Изданіе четвертое. И. Вильсона. С.-Петербургъ, 1869 г., стр. 478—489.

употребленіе ея ограничивается сѣверо-восточною частію Россіи. Дубъ замѣняетъ собою, по преимуществу, всѣ строительные матеріалы въ южной Россіи; если тамъ употребляютъ сосну, то лишь сплавленную по рѣкамъ, и особенно по Днѣпру, изъ другихъ мѣстностей.

Всѣ названныя нами выше породы деревьевъ, плотныя по всей своей толщинѣ, какъ вообще всѣ древесныя породы растущія на сѣверѣ и въ умѣренныхъ климатахъ, называются *наружно-растущими* (exogenous), потому что ежегодное приращеніе ихъ толщины происходитъ снаружи; (къ *внутренно растущимъ* (endogenous), принадлежатъ пальмы, бамбуки, камыши и т. п.). Всѣ деревья наружно-растущія представляютъ въ поперечномъ своемъ разрѣзѣ множество концентрическихъ слоевъ, состоящихъ изъ древесныхъ волоконъ, пересѣченныхъ радіусами, исходящими изъ центра. Эти радіусы представляютъ поперечныя древесныя сосуды, или трубочки, называемыя *мозговыми*.

Поры, или мелкія отверстія, замѣчаемыя между концентрическими слоями дерева, представляютъ поперечныя сѣченія продольныхъ древесныхъ сосудовъ, состоящихъ изъ тончайшихъ трубочекъ, которыхъ стѣнки составляютъ древесныя волокна. Въ продольныхъ и поперечныхъ сосудахъ обращаются соки, служащіе для образованія и произрастанія дерева, которое обозначается ежегодно наружнымъ приращеніемъ одного изъ концентрическихъ слоевъ, называемыхъ поэтому *годовыми слоями*.

Вертикальныя волокна, составляющія стѣнки древесныхъ сосудовъ и годовые слои, вмѣстѣ съ мозговыми сосудами, представляютъ правильно переплетенную ткань, составляющую самую полезную часть дерева, называемую *древесиною*.

По наружной формѣ листьевъ, деревья раздѣляются на *лиственные* и *хвойныя*. Къ лиственнымъ породамъ принадлежатъ всѣ тѣ деревья, которыя весною покрываются листьями, опадающими осенью, какъ напр. дубъ, береза, букъ, ясень, ольха, липа, тополь и т. п. Хвойныя деревья имѣютъ на себѣ вмѣсто листьевъ иглы, которыя остаются на деревѣ и зимою. Къ этому роду принадлежатъ: кедръ, сосна, ель, пихта; лиственницу также причисляютъ къ хвойнымъ, такъ какъ она имѣетъ иглы, а не листья, хотя и теряетъ эти иглы зимою, какъ лиственные породы листь.

Въ плотныхъ лиственныхъ деревьяхъ, какъ напр. береза, кленъ, липа и др., мозговые сосуды для простаго глаза бываютъ вовсе незамѣтны, но помощію микроскопа ихъ легко можно усмотрѣть. Во многихъ деревьяхъ изъ этой породы, какъ въ дубѣ, кленѣ, сладкомъ каштанѣ и др., продольныя сѣченія мозговыхъ сосудовъ представляютъ листообразный видъ. Тогда они проходятъ составъ дерева не въ видѣ радіальныхъ трубочекъ, а имѣютъ форму широкихъ сплещенныхъ каналовъ, расположенныхъ между группами поръ. При такой формѣ поперечныхъ сосудовъ, на продольномъ разрѣзѣ дерева бываютъ видны лоснящіеся пятна, разнообразныя узоры которыхъ придаютъ особенную красоту поверхности дерева. Въ хвойныхъ деревьяхъ сѣченія мозговыхъ

сосудовъ представляются прямыми линиями, правильно расположенными поперекъ продольныхъ волоконъ дерева.

Отъ формы и устройства клѣтчатки, образуемой продольными и поперечными сосудами, зависитъ достоинство древесины какъ строительнаго матеріала; а качество соковъ, обращающихся въ сосудахъ, имѣетъ большое вліяніе на прочность дерева. Вообще крупные годовые слои съ большими промежутками всегда служатъ признакомъ дурнаго качества. Напротивъ того, тонкіе слои, раздѣленные едва замѣтными порами, показываютъ достоинство дерева. При этихъ признакахъ нужно обращать вниманіе на удѣльный вѣсъ, который въ хорошемъ деревѣ той же породы бываетъ болѣе нежели въ дурномъ.

Кромѣ волокнистыхъ веществъ древесина заключаетъ въ своихъ порахъ вещества, изъ которыхъ состоитъ древесный сокъ, находящійся въ естественномъ видѣ или въ разложеніи. Эти вещества бываютъ водянистыя, клейкія, смолистыя, кислотныя и красильныя, смотря по породѣ дерева. Обыкновенно считаютъ, что дерево тотчасъ по срубкѣ заключаетъ въ себѣ отъ 0,37 до 0,48 жидкихъ частицъ, смотря по степени его плотности; и чрезъ годъ по срубкѣ вѣсъ этихъ частицъ составляетъ еще отъ 0,20 до 0,25 вѣса всего дерева.

Наружный слой дерева, находящійся непосредственно подъ корою и состоящій изъ мягкихъ, еще не совершенно окрѣпшихъ волоконъ, называется *заболонь*. Въ сосудахъ заболони преимущественно обращаются и отлагаются нисходящіе соки дерева во время его роста. Заболонь, или *бѣлокъ*, мягче остальной древесины, свѣтлѣе цвѣтомъ и бываетъ въ срубленномъ деревѣ наполнена множествомъ растительныхъ веществъ, которыя подвергаются скорой порчѣ отъ гніенія, также отъ червей и насѣкомыхъ. Поэтому дерево съ заболонью никакъ не должно допускать въ капитальное строеніе. Величина заболони зависитъ отъ породы деревьевъ, ихъ возраста и отъ почвы на которой онѣ произрастаютъ. Въ ели заболонь едва замѣтна; въ дубѣ отношеніе толщины ея къ диаметру дерева составляетъ около 0,073, а въ соснѣ около 0,1. Если же сосна растетъ на мѣстахъ болотистыхъ или затопаемыхъ весенними водами, то заболонь ея составляетъ около половины толщины дерева. Напротивъ того, въ горной, или рудовой соснѣ, растущей на мѣстахъ возвышенныхъ, слои бываютъ тоньше и толщина заболони иногда не превосходитъ одного дюйма въ самомъ толстомъ деревѣ. Вообще, чѣмъ болѣе заболонь въ той же породѣ дерева, тѣмъ оно хуже, потому что содержитъ въ себѣ меньшую часть полезной древесины и представляетъ менѣе крѣпости. Деревья, которыя растутъ на свѣжей, но не сырой почвѣ, которыя открыты на сѣверъ или востокъ, расположены на срединѣ свата, считаются лучшими; онѣ имѣютъ болѣе полную и плотную древесину, имѣютъ болѣе упругость и дольше сохраняются <sup>1)</sup>).

<sup>1)</sup> Теорія и практика кораблестроенія. Руководство для изученія корабельной архитектуры. М. М. Окунева. Ч. II, отд. IV, стр. 377 и слѣд. С.-Петербургъ, 1867 г., выпускъ V.

Время и способъ рубки, а равно сохраненіе дерева послѣ рубки до употребленія въ дѣло, имѣютъ значительное вліяніе на прочность и крѣпость дерева. *Витрувій* совѣтывалъ рубить лѣсъ въ теченіе зимы; причемъ за нѣсколько времени до рубки совѣтывалъ дѣлать глубокіе надрубъ кругомъ у комля, для освобожденія дерева отъ сока который броженіемъ можетъ портить древесину. Опыты *Дюгамеля* также указываютъ на предпочтеніе зимней рубки; изъ своихъ опытовъ онъ нашель, что дерево срубленное лѣтомъ вѣситъ на  $\frac{1}{6}$  меньше, чѣмъ срубленное зимою. Разницу въ вѣсѣ онъ приписываетъ меньшему количеству сырости въ почвѣ лѣтомъ; но при этомъ въ деревьяхъ, срубленныхъ въ іюнѣ и іюлѣ онъ нашель достаточную крѣпость и прочность. Что же касается до предварительныхъ надрубовъ дерева, то опыты *Дюгамеля* и *Бюффона* подтверждаютъ ихъ пользу; но эти наблюдатели признають, что еще полезнѣе, предварительно рубки, снимать кору, чѣмъ дѣлать надрубъ, потому что при снятіи коры дерево еще почти годъ растеть и движеніе соковъ продолжается въ заболони, отчего она значительно затвердѣваетъ. Въ Германіи и въ Англіи, говоритъ *Борнисъ*, принято снимать весною кору съ дерева, которое предназначено въ рубку зимою. Изъ опытовъ *Бюффона* оказалось: 1) что вѣсъ дуба, у котораго была предварительно снята кора, превосходилъ на  $\frac{6}{100}$  вѣсъ дуба, у котораго кора не была предварительно снята; 2) крѣпость перваго относилась къ крѣпости втораго какъ 81:74; 3) заболонь облущеннаго вѣсила нѣсколько менѣе заболони необлущеннаго, крѣпость же ихъ относилась какъ 28:25.

У насъ деревья рубятся обыкновенно въ началѣ зимы, т.-е. въ октябрѣ и ноябрѣ, когда растительная ихъ сила находится въ бездѣйствіи: притомъ по первому снѣгу вывозка лѣса наиболѣе удобна. Наши крестьяне хорошо знаютъ, что *меженный* лѣсъ, т.-е. вырубленный лѣтомъ, легче зимняго <sup>1)</sup>. При меженной рубкѣ, срубивъ дерево, немедленно очищаютъ его отъ коры на всемъ пространствѣ предполагаемаго къ отрубѣ бревна, но самаго бревна не отрубають, а оставляють срубленное дерево съ макушкой до тѣхъ поръ, пока иглы на хвойномъ лѣсѣ пожелтѣють. По объясненію крестьянъ (по крайней мѣрѣ у насъ въ Смоленской губерніи), при этомъ способѣ рубки макушка вытянетъ всѣ соки изъ бревна, которое сдѣлается отъ этого суше и плотнѣе. Но однако и у насъ существуетъ общее мнѣніе, что дерево зимней рубки прочнѣе лѣтней. И при зимней рубкѣ слѣдуетъ какъ можно менѣе времени оставлять дерево въ корѣ и лучше всего немедленно же очищать съ срубленнаго бревна кору; чрезъ это соки дерева скорѣе испаряются и не портятъ его; въ деревѣ же, оставленномъ въ корѣ, очень быстро образуются червоточины. Но ни одно дерево негодно къ употребленію въ томъ состояніи, въ которомъ оно срублено, потому что хотя тогда и не замѣчается ясно обращеніе соковъ внутри

<sup>1)</sup> Дерево, срубленное зимою, тяжелѣе срубленнаго лѣтомъ. Разница эта у лиственныхъ породъ доходитъ до 8%, а у хвойныхъ до 5%.



древесины, но тѣмъ не менѣе, посредствомъ волосныхъ сосудовъ, дерево удерживаетъ въ себѣ соки и находится въ сыромъ состояніи. Срубленные деревья тотчасъ должны быть вывезены изъ лѣсу и расположены на сухомъ мѣстѣ, такъ чтобы каждое изъ нихъ могъ свободно охватывать воздухъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ, чтобы онѣ не подвергались дѣйствію солнца и вѣтра. Бревна должны лежать не непосредственно на землѣ, а на подкладкахъ, иначе трава и сырость быстро развиваютъ гніеніе въ свѣже срубленномъ деревѣ. По замѣчанію *Дюамеля*, комли бревенъ, кряжей и брусевъ, въ складахъ должны лежать выше, нежели ихъ вершины. Бревна, предназначенныя къ употребленію въ формѣ брусевъ, слѣдуетъ обтесать скорѣе, такъ какъ въ этомъ видѣ они лучше просыхаютъ и сохраняются.

Постепенное просушиваніе при свободномъ притокаѣ воздуха, съ отсутствіемъ сильнаго сквознаго вѣтра, составляетъ одно изъ наиболѣе вѣрныхъ средствъ для доставленія дереву прочности. *При плотничныхъ работахъ дерево не должно быть употребляемо въ дѣло прежде двухъ лѣтъ, послѣ его вырубки; это наименьшее время просушки для плотничнаго лѣса.* Для столярнаго же лѣса требуется не менѣе четырехъ лѣтъ естественной просушки. Значительное время, потребное для естественной просушки дерева, заставило искать другихъ средствъ, которыя дали бы возможность произвести то же дѣйствіе въ болѣе короткое время. Но для нашихъ цѣлей мы не будемъ говорить о сушеніи дерева горячимъ воздухомъ или горячимъ паромъ, а скажемъ лишь о сушеніи дерева водою, которое можетъ быть примѣнимо въ большомъ видѣ при гидротехническихъ сооруженіяхъ. Просушка водою заключается въ погруженіи бревенъ въ воду тотчасъ по срубкѣ ихъ, но не болѣе какъ на двѣ недѣли; послѣ чего ихъ должно просушивать на свободномъ воздухѣ. *Эвелингъ* совѣтуетъ употреблять для этой цѣли текучую воду и продержавъ въ ней означенныя для просушки дерева, по вынутіи изъ воды, выставить ихъ стоймя и подвергнуть дѣйствію солнца и вѣтра. Этимъ способомъ свѣжевыпиленные доски просыхаютъ до такой степени, какъ будто бы онѣ въ теченіе многихъ лѣтъ подвергались естественной просушкѣ на воздухѣ. Этотъ способъ сушки предохраняетъ дерево отъ червотчины, коробленія и вообще измѣненія формы при употребленіи его, какъ внутри зданій, такъ и на открытомъ воздухѣ. Но весьма вредно для качества дерева, если оно погружается въ воду не вполнѣ, а только частію; а потому этого не слѣдуетъ допускать. Деревья назначаемыя на кораблестроеніе, предпочитаютъ погружать въ соленую воду; назначаемыя же на построеніе жилыхъ зданій, погружаются въ прѣсную воду. Напримѣръ мачовыя деревья въ Англіи держатъ закрытыми въ илъ на морскомъ берегу, послѣ чего онѣ лучше сохраняются и не теряютъ отъ времени своей гибкости. *Дюамель*, изъ многочисленныхъ опытовъ, нашелъ необходимымъ столярный лѣсъ погружать въ воду на нѣкоторое время и потомъ уже просушивать; чрезъ это онъ менѣе коробится и не подвергается трещинамъ, но нѣсколько теряетъ въ крѣпости и теряетъ болѣе въ вѣсѣ чѣмъ при высыханіи на открытомъ воздухѣ подъ навѣсами.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ производятъ пареніе, вареніе, копченіе и поверхностное обугливаніе дерева съ различными цѣлями, преимущественно для столярнаго и корабельнаго дѣла. По опытамъ *Гукера* пареное дерево просыхаетъ скорѣе нежели вареное, упругость или гибкость дерева чрезвычайно возрастаетъ во время процесса варенія или паренія, который употребляютъ для обшивныхъ досокъ въ кораблестроеніи для того, чтобы имъ дать погибъ. У насъ плотники парятъ доски, для сгибанія ихъ при построеніи рѣчныхъ судовъ и барокъ, обжигая ихъ снизу стружками, а сверху поливая водою или накидывая на нихъ снѣгъ. Пареніе досокъ, съ цѣлью сгибанія, этимъ способомъ идетъ весьма успѣшно. Вареніе и пареніе дерева употребляется также для его смягченія и удобнѣйшаго разрѣзанія, какъ напр. при приготовленіи клепокъ для бочекъ и боченковъ. Существуетъ старинное убѣжденіе, что копченіе дерева способствуетъ увеличенію твердости и прочности его; этимъ способомъ могутъ уничтожиться всякія сѣмяна зародышей грибовъ или насѣкомыхъ и копченая поверхность дерева отвращаетъ зарожденіе ихъ и на будущее время. Обугливаніе поверхности дерева можно допускать какъ предохранительное средство отъ гніенія только тогда, когда дерево уже предварительно высушено; въ противномъ случаѣ, т.-е. когда дерево свѣжее, обугливаніе скорѣе принесетъ вредъ и ускоритъ зарожденіе гнили, препятствуя испаренію влажности и древесныхъ соковъ, точно также какъ и окраска сыраго дерева.

Съ того момента какъ дерево срублено, оно теряетъ свою органическую жизнь и изъ него начинается испареніе соковъ, а съ тѣмъ вмѣстѣ высыханіе и сжиманіе сосудовъ содержавшихъ въ себѣ эти соки. Дерево надлежащимъ образомъ высушенное, становится крѣпкимъ, вязкимъ и упругимъ: но оно не удерживаетъ постоянно этихъ свойствъ при всѣхъ тѣхъ состояніяхъ, въ которыхъ можетъ находиться. Постоянная сухость или постоянная влажность и въ особенности частая перемѣна этихъ состояній и дѣйствія теплоты, воздуха и воды, имѣютъ большое вліяніе на измѣненіе внутренняго его состава и прочности.

Дерево находящееся постоянно въ сухомъ мѣстѣ и поглощающее влажность только изъ воздуха въ сырую погоду, можетъ существовать 700, 800 и болѣе лѣтъ. Деревяныя сосновыя стропилы въ базиликѣ Св. Павла близъ Рима, существуютъ болѣе десяти вѣковъ, такъ какъ были поставлены въ 816 году и до сихъ поръ хорошо сохранились. По свидѣтельству *Плинія*, балки въ храмѣ Аполлона въ Утикѣ изъ Нумидійскаго кедра, существовали въ теченіе 1178 лѣтъ. Старинныя двери первой базилики Св. Петра въ Римѣ, изъ кипариса, существовали 550 лѣтъ и были еще въ хорошемъ состояніи когда ихъ замѣнили бронзовыми. Ящики съ египетскими муміями, сдѣланные изъ явора, или платана (*sycomore*), находящіеся въ музеяхъ и которыхъ дерево еще хорошо сохранено, существуютъ болѣе 3000 лѣтъ. Но и въ сухомъ состояніи время производитъ значительное измѣненіе въ свойствахъ дерева: оно постепенно теряетъ свою вязкость и упругость, становится хрупкимъ и ломкимъ и вслѣдствіе того уже не можетъ прочно выно-

силь дѣйствіе разрывающихъ, сжимающихъ и сгибающихъ силъ; хотя въ состояніи покоя, безъ ударовъ и сотрясеній, можетъ оставаться весьма долгое время безъ поврежденія.

Равнымъ образомъ, дерево совершенно погруженное въ воду, можетъ долго въ ней сохраняться. Мы уже говорили, что въ естественномъ состояніи дерево заключаетъ въ себѣ различныя вещества, изъ которыхъ нѣкоторыя растворимы въ водѣ; а потому послѣ того какъ вода извлечетъ изъ дерева всѣ растворимыя ею частицы, оно можетъ оставаться въ ней погруженнымъ неопредѣленное время не получая дальнѣйшаго измѣненія въ своемъ составѣ. Но если послѣ долгаго пребыванія въ водѣ дерево будетъ вынуто и высушено, то оно становится ломкимъ и теряетъ свои естественныя свойства.

Дерево не потому плаваетъ на водѣ, что древесина его удѣльно легче воды, говорить *Ляйэаль*, а потому, что оно переполнено порами, содержащими воздухъ; отъ продолжительнаго всасыванія, вода проникаетъ въ поры, дерево пропитывается водою и тонетъ. На большой глубинѣ въ морѣ, подъ сильнымъ давленіемъ, дерево пропитывается водою внезапно, какъ это мы уже приводили выше. Въ землѣ, особенно глинистой, дерево долго и хорошо сохраняется; въ пескѣ же, въ который могутъ проникать вода и воздухъ, дерево портится скорѣе. Всего же лучше сохраняется погребенное въ торфѣ, какъ и вообще всѣ органическія вещества. Такъ при очисткѣ озера отъ торфяной массы, намъ случилось вынуть небольшой срубъ изъ осинового дерева (служившій когда-то для мочки пенъки), этотъ срубъ пролежалъ въ торфѣ покрытомъ водою не менѣе какъ отъ 150 до 200 лѣтъ и оказался еще довольно крѣпкимъ; сосновая же труба, отъ бывшаго винокуреннаго завода, лежавшая въ томъ же торфѣ подъ водою не менѣе 100 лѣтъ, оказалась совершенно свѣжею и вполне годною для дальнѣйшаго употребленія. Въ Англии изъ дубоваго дерева, лежавшаго не менѣе 1000 лѣтъ въ землѣ на островѣ Шерри (Sherry) и подверженнаго по вынутіи просушкѣ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, была сдѣлана мебель; когда дерево было распилено на бруски и тонкія доски, то онѣ еще усыхали и коробились, такъ дерево было прочно и свѣжо. Какъ въ водѣ, такъ и въ землѣ, особенно хорошо сохраняются лиственница, дубъ и сосна; ель портится скорѣе. Но всѣ эти породы, и въ особенности дубъ, очень скоро портятся отъ частаго перехода отъ сухости къ влажности и обратно, подвергаясь гніенію; лиственница въ этомъ отношеніи прочнѣе остальныхъ трехъ породъ.

Извѣстно, что при частыхъ переходахъ отъ мокроты къ высыханію, дерево теряетъ значительную часть своего вѣса, потому что при каждой просушкѣ образуется новая часть растворимыхъ веществъ и которая дѣлается растворимою вслѣдствіе своего разложенія. Это разложеніе называется гниlostію; гниlostь, или гниль, быстро развивается на открытомъ воздухѣ, хотя прикосновеніе его не составляетъ для того существенной необходимости. Главнымъ дѣятелемъ при разложеніи дерева является вода. По мѣрѣ развитія гнили, изъ дерева отдѣляются газообразныя

вещества и преимущественно газы углекислый и водородный. Древесные волокна долго сопротивляются перемѣнѣ своего состоянія, но составъ ихъ разрушается разлагаясь на новые элементы, которые смѣшиваются съ веществами болѣе способными къ перемѣнѣ своего состоянія и переходятъ въ броженіе. Заболонь скорѣе подвергается гнилости нежели древесина, потому что въ ней заключается болѣе сахаристыхъ веществъ наклонныхъ къ броженію.

Въ деревѣ различаютъ два рода гнили: мокрую гниль и сухую гниль; главное различіе между ними состоитъ въ томъ, что въ первой изъ нихъ всѣ газообразные продукты улетучиваются, а во второй—большая часть этихъ продуктовъ образуетъ между собою новое соединеніе—губчатое вещество на подобіе грибовъ. Мокрая гниль образуется преимущественно отъ переходовъ отъ влажности къ сухости и обратно; сухая же гниль отъ того, что соки дерева, заключенные внутри, не имѣютъ возможности испариться и приходятъ въ броженіе. Непроницаемая поверхность (напр. окраска масляной краской сыраго дерева) жаръ и сырость, составляютъ главныя причины сухой гнили.

Надлежащая степень сухости дерева, при употребленіи его въ постройку, составляетъ лучшее средство противъ его гніенія отъ какой бы причины оно ни происходило. Много предлагалось искусственныхъ средствъ для предохраненія дерева отъ гнили: напр. напитываніе дерева растворами желѣзнаго купороса, сулемы, хлористаго цинка; солями другихъ металловъ или креозотомъ; хотя эти средства и предохраняютъ дерево отъ гніенія въ большей или меньшей степени, но обходятся дорого и потому въ большомъ видѣ непримѣнимы. Морская, т.-е. соленая вода, найдена дѣйствительною для очищенія дерева отъ зародившейся сухой гнили; для этого нужно дерево, уже съ зародышами грибовъ, затопить въ соленой водѣ на нѣсколько мѣсяцевъ. Англійское судно Eden, находившись 18 мѣсяцевъ подъ водою, очистилось такъ, что не осталось ни малѣйшихъ слѣдовъ начинавшейся въ немъ сухой гнили. Дерево напитанное растворомъ обыкновенной поваренной соли, значительно предохраняется отъ гніенія. Большіе деревянные столбы, поддерживающіе крыши соляныхъ копей въ Венгріи и постоянно напитываемые солью, не оказываютъ ни малѣйшей гнилости въ теченіи многихъ столѣтій. Также деревянные суда, употребляемыя для перевозки и храненія соленой рыбы, служатъ весьма долго, безъ малѣйшаго признака зародженія гнили. Въ такъ называемомъ Соляномъ городѣ, въ С.-Петербургѣ, перестроенномъ въ Технической и Сельско-Хозяйственный музей, переводы изъ сосноваго лѣса подъ полами, пролежавшіе около столѣтія и сильно просолившіеся, оказались столь свѣжими и прочными, что имъ отдано преимущество передъ новыми. Но употребленіе соляныхъ растворовъ для напитыванія дерева можетъ быть допущено только тамъ, гдѣ не происходитъ вреда или неудобства, если дерево находится постоянно въ мокромъ состояніи, такъ какъ соль сильно втягиваетъ влажность изъ воздуха.

Замѣтимъ еще, что негашеная известь, при содѣйствіи сырости,

сильно способствуетъ разложенію дерева, вслѣдствіе извлеченія изъ него углекислоты; поэтому долгое пребываніе дерева въ непосредственномъ соприкосновеніи съ известковымъ растворомъ, при содѣйствіи сырости, весьма вредно для его прочности и часто производитъ быстрое гніеніе. Но дерево въ сухомъ состояніи не повреждается отъ дѣйствія сухой извести.

Дерево, какъ строительный матеріаль, въ сравненіи съ камнемъ и кирпичемъ, имѣетъ то преимущество, что оно легче и менѣе хрупко; легче въ перевозкѣ и въ работѣ; можетъ быть употребляемо въ строеніяхъ въ положеніяхъ горизонтальномъ, вертикальномъ и наклонномъ, такъ какъ хорошо сопротивляется и давленію и растяженію. Но невыгоды его заключаются въ опасности отъ огня, въ скорой порчѣ при переходѣ отъ сырости къ сухости и обратно, и въ измѣненіяхъ въ объемѣ и формѣ отъ вліянія холода и тепла, вслѣдствіе чего даетъ трещины, перекашивается, ссыхается и разбухаетъ и наконецъ строенія изъ него недолговѣчны.

Если деревянныя строенія не предохранены надлежащимъ образомъ отъ вліянія непогодъ, то рѣдко могутъ прослужить болѣе 25-ти лѣтъ. Въ деревянныхъ, сухихъ строеніяхъ, у насъ въ средней Россіи, прежде всего страдаютъ части обращенныя на сѣверъ и западъ. Въ ставахъ же, или водоспускахъ, долѣе сохраняются части и стѣны находящіяся въ водѣ, землѣ или постоянной сырости; тѣ же части, которыя подвержены частымъ переходамъ отъ сухости къ сырости и обратно, подвергаются быстрому гніенію. Хотя сырость и составляетъ существенный элементъ для развитія гнилости въ деревѣ, но постоянная мокрота при низкой температурѣ предохраняетъ дерево отъ ея развитія. Такъ напр. въ трюмахъ кораблей, около того мѣста гдѣ скопляется вода, никогда не загниваетъ; также хорошо сохраняется внѣшняя сторона наружной обшивки прикасающаяся съ водою, въ то время какъ внутренняя сторона досокъ оказывается иногда совершенно сгнившею.

Долговѣчность дерева въ строеніяхъ, при различныхъ условіяхъ его помѣщенія, выражается, по *Пфейлю*, слѣдующими *относительными* числами:

Помѣщеніе дерева:	На открытомъ воздухѣ.	Подъ водою.	Въ совершенно сухомъ мѣстѣ.
Дубъ (безъ заболони). . . . .	100	100	100
Вязъ . . . . .	90	90	100
Лиственница . . . . .	85	80	95
Сосна, старая, смолистая . . . . .	85	80	90
Сосна въ возрастѣ около 80 лѣтъ . . . . .	75	70	75
Ель зрѣлая . . . . .	60	50	65
Ясень . . . . .	64	—	—
Букъ, вленъ, грабъ . . . . .	60	70	50
Осина . . . . .	50	—	95
Ольха . . . . .	40	100	38
Береза . . . . .	40	—	38
Тополь, липа . . . . .	30	—	35

Долговѣчность, при обыкновенныхъ условіяхъ, считается *въ мостахъ*, для дуба—40, для сосны—20 лѣтъ; *въ жилыхъ строенияхъ* или въ закрытыхъ и сухихъ мѣстахъ, для дуба—100, для сосны—70, для ели отъ 30 до 50 лѣтъ. Долговѣчность желѣзнодорожныхъ шпалъ на нашихъ дорогахъ, еловыхъ и сосновыхъ отъ 3-хъ до 5-ти лѣтъ, дубовыхъ до 6 лѣтъ; на германскихъ дорогахъ:

изъ дуба . . .	отъ 10 до 14 лѣтъ;	изъ ели	отъ 4 до 5 лѣтъ.
„ лиственницы „	9 „ 10 „	„ пихты „	4 „ 5 „
„ сосны. . . . „	7 „ 8 „	„ бука „	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ 3 „

**29. Дерево какъ строительный матеріалъ.**—Какъ уже видѣли, главнымъ древеснымъ строительнымъ матеріаломъ у насъ считается сосна, ель, дубъ и только частію лиственница. Разсмотримъ теперь подробнѣе качества этихъ породъ дерева въ строительномъ отношеніи:

*Сосна.* Въ породѣ сосенъ ботаники считаютъ болѣе 50 различныхъ видовъ подъ общимъ названіемъ *Pinus*. Изъ нихъ для насъ, въ строительномъ отношеніи, особенно важны: *желтая сосна* (*Pinus silvestris*) и *красная, смолистая сосна* (*Pinus resinosa*). Первая, по своей прочности, упругости и крѣпости, считается лучшею изъ всѣхъ сосновыхъ породъ. Она въ изобиліи растетъ въ средней Россіи и достигаетъ огромныхъ размѣровъ, а потому по преимуществу употребляется на мачтовые деревья, которыя черезъ Ригу и Одессу отпускаются за границу. Въ Англіи эта сосна получила названіе Рижской сосны и по превосходнымъ своимъ качествамъ цѣнится столь высоко, что за одностветное дерево, длиною до 75 фут. и въ діаметрѣ на трехъ саженьяхъ отъ комля въ 26 дюймовъ (около 15 вершковъ), платится до 1500 р. сер. Красная, или смолистая сосна, въ разрѣзѣ имѣетъ красноватый или розоватый цвѣтъ; годовые слои въ разрѣзѣ краснѣе и крупнѣе чѣмъ у желтой сосны и между ними замѣтны смолистыя частицы. У насъ эта порода называется *горною*, или *рудовою сосною*, и растетъ въ сѣверной полосѣ на мѣстахъ возвышенныхъ. Она отличается своею крѣпостью и прочностью во всѣхъ капитальныхъ постройкахъ, *но особенно прочностъ ея велика въ подводныхъ сооруженіяхъ.* Диаметръ приводитъ видѣнный имъ сваи изъ этой сосны подъ старой церковью, находившіяся въ землѣ нѣсколько столѣтій: снаружи онѣ нѣсколько сопрѣли, но середина ихъ была совершенно здорова и сохранила свой цвѣтъ и смолистый запахъ.

*Бѣлая сосна* имѣетъ въ разрѣзѣ крупныя годовые слои, блѣдно-желтоватаго цвѣта и большую заболонь. Она растетъ скоро на мѣстахъ потопляемыхъ весеннею водою и обыкновенно называется *мандовою*; она не крѣпка и на прочныя сооруженія не годится.

Г. *Гомилевскій* дѣлаетъ слѣдующее различіе между *рудовою* и *мандовою* соснами <sup>1)</sup>. Мѣста возвышенныя съ каменистой почвой, заселен-

<sup>1)</sup> В. І. Гомилевскій. „Съ крайняго сѣвера Европейской Россіи“. Журналъ сельскаго хозяйства и лѣсоводства. Сентябрь, 1878 г. стр. 86 и слѣд.

ныя сосной, называются *селами*, сосновое же дерево, произрастающее на сельгахъ, носить названіе *рудоваго*. Тѣ же мѣста, гдѣ сосна растеть съ елью или въ смѣси съ другими древесными породами, хотя бы она здѣсь рѣшительно господствовала, называются *мяндовищами*, сама же сосна на такихъ мѣстахъ получаетъ названіе *мяндовой*, или *мяндошной*.

Мяндовищи, т.-е. мѣста, гдѣ растеть мяндовая сосна, характеризуются почвою сравнительно плодородною, низменною и смѣшанностью древесныхъ породъ. Различіе между рудовою и мяндовою сосною не ботаническое, а техническое и зависитъ отъ различія физическихъ свойствъ древесины той и другой. Мяндовая сосна растеть скорѣе рудовой и потому годовые слои ея, въ среднемъ выводѣ, вдвое шире, нежели у рудовой сосны. Древесина мяндовой сосны бѣловатая и рыхлая, скоро гибнетъ и повреждается насѣкомыми. Сравнивая толстомѣрныя сосны рудовой и мяндовой разности, при толщинѣ ихъ въ 6, 7 и 8 вершковъ на высотѣ 10 аршинъ, приходилось всегда убѣждаться, что мяндовая сосна достигаетъ такого размѣра 90—130 годами раньше нежели рудовая. Физическая крѣпость рудовой сосны относится къ таковой же мяндовой какъ 1:0,75 и даже какъ 1:0,50; долговѣчность же въ постройкѣ рудовой въ 4—5 разъ продолжительнѣе, чѣмъ мяндовой, и еще болѣе чѣмъ у сосны среднихъ губерній. Въ строеніяхъ изъ рудовой сосны въ сѣверныхъ уѣздахъ Олонецкой губерніи, нижніе вѣтви, прикасающіеся непосредственно къ землѣ, существуютъ не мене 150 лѣтъ.

Но изъ этого не слѣдуетъ заключать, говорить г. *Гомилевскій*, что мяндовая сосна сѣверныхъ мѣстностей доставляетъ абсолютно негодный строевой матеріалъ. Мяндовая сосна этихъ мѣстностей, по своей добротности и свойствамъ, стоитъ гораздо выше сосны среднихъ губерній, напр. Кіевской сосны; къ этой послѣдней, по своимъ качествамъ, мяндовая сосна относится точно также, какъ къ ней относится рудовая. Но рудовая по преимуществу требуется за границу и тамъ цѣнится на 100—150% выше мяндовой.

Въ первой половинѣ своей жизни сосна растетъ гораздо быстрѣе нежели во второй, а потому отлагаетъ и болѣе широкіе слои древесины. Отъ 50—80 лѣтъ сосна растетъ медленнѣе прежняго, однако все еще довольно сильно и равномерно. Чѣмъ старше становится дерево, тѣмъ болѣе и болѣе наполняется смолой центральная часть древесины и дерево приобретаетъ тогда большую крѣпость и цѣнность. Въ возрастѣ же жердняка, сосна имѣетъ поздраватую и слабую древесину, въ которой очень мало смолы и заболонь не отличается отъ сердцевинной части. Въ свойственныхъ ей мѣстностяхъ и грунтѣ, въ средней и западной Россіи, она достигаетъ полнаго развитія въ 150 лѣтъ и бываетъ тогда до 16 саженей вышины и отъ 1½ до 2 арш. толщины. Живеть болѣе 300 лѣтъ. Въ сѣверо-восточномъ краѣ Европейской Россіи и до сихъ поръ попадаются въ лѣсахъ еще отдѣльныя сосны старѣе 350 лѣтъ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Землемера. Лѣсъ, стр. 310. Примѣчаніе редактора-переводчика (г. Арнольда).

Въ сѣверныхъ нашихъ лѣсахъ, самое большое число мачтовыхъ деревь срубается въ возрастѣ отъ 200 до 250 лѣтъ. По счету слоевъ на 10 доставленныхъ къ адмиралтейству мачтовыхъ деревьяхъ, только три оказались моложе 200 лѣтъ, а именно 160, 170 и 190 лѣтъ; остальные 7 деревь были: 205, 215, 224, 225, 240, 247 и 348 лѣтъ. Изъ нихъ самое старое дерево имѣло у комля діаметръ 32 дюйма, а длину до верхняго отруба 63 фута; самое же молодое дерево въ комлѣ имѣло діаметръ въ 28 дюймовъ, а длину до верхняго отруба въ 70 футовъ.

Ростъ сосны въ сѣверныхъ губерніяхъ совершается несравненно медленнѣе, чѣмъ въ среднихъ. Изъ 327 модельныхъ деревьевъ, исчисленныхъ таксаціонной партіей въ 1876 году, въ лѣсныхъ дачахъ Повѣнецкаго и Кемскаго уѣздовъ, опредѣлились, говорить г. *Гомилевскій*, слѣдующія наибольшія и наименьшія данныя:

	Рудовая сосна. Средніе выводы изъ 237 модельныхъ деревьевъ.		Мяндовая сосна. Средніе выводы изъ 89 модельныхъ деревьевъ.	
	наибольшій.	наименьшій.	наибольшій.	наименьшій.
Возрастъ . . . . .	319 лѣтъ	285.	229.	164.
Толщина на высотѣ груди.	13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> верш.	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> верш.	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> верш.	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> верш.
” ” ” 10 арш.	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> .	6.	11.	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> .
Высота дерева. . . . .	71 фут.	70,5 фут.	68 фут.	65 фут.

Относительно медленности роста сосны въ этихъ высокихъ широтахъ, г. *Гомилевскій* замѣчаетъ: „Въ первой молодости, какъ рудовая, такъ и мяндовая сосны мало отличаются въ ростѣ и въ 10 лѣтъ достигаютъ высоты нерѣдко 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> — 3 фут. Съ 10-лѣтняго возраста и до 70—100 лѣтъ, сосновые деревья достигаютъ высоты 26—28 футовъ и не болѣе 3-хъ дюймовъ толщины на высотѣ груди челоуѣка. Съ 70—100-лѣтняго возраста ростъ сосны, какъ въ высоту, такъ и въ толщину, совершается энергичнѣе и, съ большими или меньшими колебаніями надъ среднимъ ежегоднымъ приростомъ, продолжается такимъ образомъ до 150 — 225 лѣтъ. Послѣ этого возраста приростъ дерева въ высоту скоро превращается, вершина дерева обругляется, а приростъ въ толщину становится до того ничтожнымъ, что на одномъ дюймѣ помѣщается ширина 60—80 годичныхъ слоевъ, толщина которыхъ у деревь перешедшихъ возрастъ 300 лѣтъ, буквально не превышаетъ толщины листа писчей бумаги <sup>1)</sup>).

Можно безошибочно сказать, что сосна а также и ель въ средней Россіи, (по крайней мѣрѣ у насъ, въ южной части Смоленской губерніи) достигаетъ той же высоты и толщины въ половинное число лѣтъ. Ибо въ мѣстностяхъ Повѣнецкаго и Кемскаго уѣздовъ, о которыхъ говорить г. *Гомилевскій*, *молоднякомъ* считаются насажденія 75—100 лѣтъ, а *средневозрастными* — 150—200 лѣтъ; у насъ же *молоднякъ* считается для сосны и ели отъ 30—50 лѣтъ, а *средневозрастный*

<sup>1)</sup> Здѣсь всѣ наименьшія цифры относятся къ мяндовой, а наибольшія—къ рудовой соснамъ.



отъ 75—100 лѣтъ. Намъ даже случалось встрѣчать сосны въ возрастѣ отъ 100—120 лѣтъ, имѣвшія на высотѣ груди человѣка толщину въ 1 аршинъ (28 дюймовъ), а въ возрастѣ 50 лѣтъ около 5—6 вершковъ толщиною.

Изъ другихъ разновидностей, такъ называемая *черная*, или *австрійская сосна*, произрастающая въ одной юго-восточной части Германіи, доживаетъ до 500 и 600 лѣтъ. Изъ всѣхъ Европейскихъ деревьевъ она наиболѣе богата смолою; она тяжелѣе и прочнѣе другихъ породъ, особенно же цѣнится для приготовленія водопроводныхъ трубъ. Съ нею имѣетъ большое сходство *Крымская сосна*. Самое же величественное дерево изъ всѣхъ хвойныхъ породъ это *Новозеландская сосна* (Джтшагага Australis), достигающая до 4 футовъ въ діаметрѣ и до 170 фут. высоты; она употребляется въ Англіи на мачты.

Ни у одной лѣсной породы древесина не бываетъ такъ различна по добротѣ и прочности какъ у сосны; такъ бѣлая сосна, съ толстыми годовичными слоями, произрастающая въ средней Россіи, во всѣхъ отношеніяхъ хуже ели. На всѣ сколько-нибудь капитальныя сооруженія у насъ идетъ только желтая или красная сосна, какъ-то, на сооруженія мостовыя, на сваи, на стѣны, переводы, балки, стропилы жилыхъ зданій, на половыя доски, на закладныя и оконныя рамы въ домахъ и т. п. Гдѣ только возможно, для устройства ставовъ, или водоспусковъ, хорошую сосну всегда слѣдуетъ предпочесть ели и даже дубу.

Всѣ куб. фута Рижской, желтой сосны среднихъ губерній, по *Барлову*, составляетъ отъ 29 до 40 фунтовъ.

Среднимъ числомъ . . . . .	Удѣльный вѣсъ.	Всѣ куб. фута въ пудахъ.
Сосны сухой . . . . .	0,47	0,81
„ полусухой . . . . .	0,55—0,65	0,95—1,12
„ свѣжей . . . . .	0,91	1,57

Крѣпость же ея при разрывѣ вдоль волоконъ простирается на квадратный дюймъ сѣченія отъ 175 до 350 пудовъ.

Въ сосновомъ рудовомъ лѣсѣ утоненіе ствола къ вершинѣ составляетъ  $\frac{1}{3}$  вершка на погонную сажень, или составляетъ около  $\frac{1}{144}$  его длины.

*Ель* (Abies). Это дерево достигаетъ у насъ значительныхъ размѣровъ; высота ели иногда бываетъ болѣе 150 футовъ а толщина до 4 футовъ. Ель живетъ до 300 лѣтъ. Относительно ели (Abies excelsa) сѣверныхъ губерній (до 67° сѣв. шир.) г. *Гомилевскій* замѣчаетъ: „Ель представляетъ мало аналогіи въ своемъ ростѣ съ сосною; въ первое столѣтіе своей жизни она сильно отстаетъ въ ростѣ отъ сосны; если сосна къ 75—100-лѣтнему возрасту достигаетъ до 28—30 фут. высоты, то къ тому же возрасту ель не бываетъ выше 17—18 фут., при толщинѣ 2,3 дюйма на высотѣ груди человѣка. Съ 75—100-лѣтняго возраста ростъ ели въ высоту идетъ успѣшнѣе; она быстро догоняетъ сосну и къ 175—200-лѣтнему возрасту перерастаетъ сосну, если не всегда въ толщину, то всегда въ высоту. Если сосна къ 285—319-лѣтнему возрасту

достигаетъ высоты 70,5—71 фута, то къ тому же возрасту ель (нормально растущая) вырастаетъ въ 76—78 и до 80 футовъ.

Въ среднихъ губерніяхъ ростъ ели идетъ одинаково и ровно; въ молодости, до 30—50 лѣтъ, сосна ее перегоняетъ въ ростѣ, но затѣмъ ростъ сосны замедляется и къ 150 лѣтамъ ель перегоняетъ сосну и въ высотѣ и въ толщинѣ.

Древесина ели въ разрѣзѣ представляетъ тонкіе и плотные слои бѣлаго цвѣта съ едва замѣтною заболонью; въ строительномъ отношеніи, т.-е. въ смыслѣ прочности и крѣпости, ель уступаетъ соснѣ и лиственницѣ. У насъ, въ Смоленской губерніи, ель, растущая на возвышенныхъ и сухихъ мѣстахъ, слабѣе и скорѣе портится, чѣмъ растущая на сыроватыхъ, но не болотныхъ почвахъ.

Древесина ели отличается легкостью и упругостью; на сухомъ воздухѣ она скоро трескается, но въ водѣ, по плотности своей, не такъ скоро намокаетъ и потому употребляется на подводную обшивку рѣчныхъ судовъ, преимущественно предъ сосною; *Ф. Х. Майеръ* предпочитаетъ хорошую ель соснѣ для устройства вододѣйствующихъ колесъ. Въ постоянно сыромъ состояніи она держится довольно хорошо, такъ какъ достаточно смолиста; до 20—30 лѣтъ ель растетъ тихо и потому жерднякъ изъ молодой ели и молодой лѣсъ смолистѣе и прочнѣе въ этомъ возрастѣ сосноваго, особенно въ водѣ. Поэтому на стлань подъ ставы употребляютъ молодую ель преимущественно предъ сосною. Но въ водоспускахъ, гдѣ нѣкоторыя части попеременно бываютъ, то сухими, то мокрыми, ель, при толщинѣ бревень отъ 7 и болѣе вершковъ, не выдерживаетъ болѣе 15—20 лѣтъ, кромѣ стѣны постоянно обращенной къ водѣ, и потому въ этомъ возрастѣ и въ этихъ частяхъ сосна предпочтительнѣе ели. Полный возрастъ ели въ среднихъ губерніяхъ около 100 лѣтъ; сѣмяна же она начинаетъ приносить рѣдко ранѣе 50 лѣтъ.

*Пихта* (*Abies picea*), или серебристая ель, достигаетъ высоты отъ 130 до 150 футовъ, даетъ значительное количество смолы и имѣетъ желтоватый цвѣтъ древесины. Наша сѣверная пихта, по качествамъ своимъ, лучше обыкновенной ели, менѣе трескается и болѣе прочна при употребленіи въ строеніяхъ. Стволъ пихты, во всѣхъ возрастахъ гораздо болѣе приближается къ цилиндрической формѣ, чѣмъ стволъ ели, или какъ у насъ выражаются, она менѣе *захвостовата*; такъ что четыре пихтовыхъ ствола содержатъ столько же древесной массы, сколько пять еловыхъ той же длины и того же діаметра въ нижнемъ концѣ. Есть пихты, возрастъ которыхъ считаютъ отъ 450 до 500 лѣтъ. Сибирская пихта не достигаетъ размѣровъ обыкновенной и живетъ около 200 лѣтъ. Кромѣ обыкновенной ели, въ лѣсахъ Европейской Россіи растутъ еще и *ель сибирская* (*Picea abovata*), но только въ сѣверо-восточномъ краѣ и попадаетъ рядомъ съ обыкновенною.

Кубическій футъ сухой ели вѣситъ отъ 25 до 32 фунтовъ; крѣпость ея въ разрывѣ, по направленію волоконъ, отъ 200 до 300 пудовъ на квадратный дюймъ сѣченія (по Барлову).

	Удѣльный вѣсъ.	Вѣсъ куб. фута въ пудахъ.
Ель сухая . . . . .	0,47	0,81
„ полусухая . . . . .	0,5—0,6	0,86—1,04
„ свѣжая . . . . .	0,79	1,37
„ пропитанная водою.	0,86	1,49
„ Новой Англии . . .	0,55	0,95

*Лиственница* принадлежитъ также къ породѣ хвойныхъ деревьевъ, но отличается отъ нихъ тѣмъ, что каждую осень сбрасываетъ съ себя иглы, подобно листовнымъ деревьямъ. *Обыкновенная лиственница* (*Abies Larix*), особенно растущая въ Альпійскихъ горахъ, есть собственно Европейская лиственница, которой въ лѣсахъ Россіи вовсе нѣтъ; а у насъ въ сѣверо-восточной части дико растетъ *лиственница Сибирская* (*Larix Sibirica*), которая даже по ботаническимъ признакамъ мало отличается отъ обыкновенной и которую многіе признаютъ лишь за разновидность. Но во многихъ мѣстахъ средней Россіи у насъ еще разводятъ обыкновенную; повидимому, она прежде дико росла въ лѣсахъ Литвы. Вообще, какъ та, такъ и другая, достигаютъ болѣе громаднхъ размѣровъ нежели сосна. Древесина ея, желтовато-бурого цвѣта, съ тонкими прямыми слоями, проникнута въ изобиліи смолистымъ веществомъ, изъ котораго получается терпентинъ.

Лиственница, по своимъ размѣрамъ и качествамъ, представляетъ превосходный строительный матеріалъ; кряжи лиственницы средней величины бываютъ длиною 45 футовъ и 33 дюйма въ діаметрѣ; по прочности она превосходитъ всѣ другія строевыя деревья въ сооруженияхъ всякаго рода; она не подвергается червоточинѣ и возгорается труднѣе другихъ породъ. Предоставленная вліянію воздушныхъ перемѣнъ, она выдѣляетъ изъ себя терпентинъ, которымъ покрывается поверхность брусевъ, почему они долгое время сохраняются отъ гнилости; въ закрытыхъ же мѣстахъ долговѣчность ея еще болѣе. Въ Англии давно признали ея превосходныя качества для кораблестроенія; для той же цѣли теперь французскіе порты снабжаются лиственницей, доставляемой съ устья р. Печоры.

Собственно родину обыкновенной лиственницы составляютъ Альпы, на высотѣ между 2500 и 4500 до 5000 футовъ надъ уровнемъ моря. Ниже 2000 футовъ она уже является искусственно разведенною; но здѣсь она рѣдко достигаетъ глубокой старости и не имѣетъ тѣхъ высокихъ качествъ какъ горная, которой наша сѣверная однако ни чѣмъ не уступаетъ. Она любитъ каменистую, свѣжую, но не мокрую, глубокую почву и известковыя горнокаменные породы. Возрастъ и величина, какихъ можетъ достигать лиственница, смотря по мѣстостоянію ея, весьма различны. *Вессели*, который подробно изучилъ лиственницу въ Австрійскихъ Альпахъ, говоритъ, что она въ этомъ отношеніи можетъ поспорить съ елью; что 400-лѣтніе стволы въ 150 фут. длины и 4 фута толщины вовсе не рѣдкость, и что даже случалось срубить еще болѣе высокіе 600-лѣтніе стволы. Въ нижнихъ же частяхъ горъ, а тѣмъ болѣе въ долинахъ, лиственница достигнувъ 30 — 50 лѣтъ уже ослабѣ-

васть въ ростѣ и въ 60—80 лѣтъ почти достигаетъ до наибольшаго возраста, но посредственной величины. Древесина Альпійской лиственницы обладаетъ большою крѣпостью и необыкновенно прочна, особенно въ подводныхъ постройкахъ, гдѣ, по словамъ *Вессели*, ей нѣтъ конца.

*Ф. Х. Майеръ* (полн. собр. соч., т I, стр. 105) говоритъ, что лиственница растетъ во многихъ мѣстахъ Оренбургской губерніи въ большомъ количествѣ, и что тамошнія крестьянскія избы по бѣльшей части срублены изъ лиственницы. *Г. Полежаевъ* сообщаетъ, что лиственница встрѣчается и вблизи Оренбурга въ лѣсахъ гг. Пашковыхъ. Свидѣтельствомъ тому, что Европейская лиственница прежде жила въ лѣсахъ Литвы, служатъ нѣкоторыя сохранившіяся до-нынѣ постройки изъ лиственничнаго лѣса; какъ напр. костель въ Слуцкѣ, построенный въ 1419 году; въ Пултусскомъ уѣздѣ Варшавской губерніи, въ дер. Обрыте, князя Горчакова, существовалъ еще до 1849 г. приходскій костель изъ лиственницы, построенный въ 1242 г.; въ лѣсахъ Царства Польскаго кое-гдѣ еще и теперь попадается лиственница. Во многихъ деревняхъ въ Савойѣ и Дофинѣ дома выстроенные изъ лиственницы, стоятъ совершенно здоровыми по 300 лѣтъ („Лѣсъ“, Россмеслера).

Опытовъ надъ крѣпостью русской лиственницы до сихъ поръ произведено не было; но полагаютъ, что она должна выдерживать большее сопротивленіе при растяженіи, нежели лиственница Шотландская, надъ которой *Барловъ* производилъ испытанія и напелъ: вѣсъ кубическаго фута сухой лиственницы отъ 29 до 40 фунтовъ; крѣпость въ разрывахъ на квадратный дюймъ отъ 150—325 пудовъ.

*Дубъ*. Въ умѣренныхъ климатахъ растутъ обыкновенно два вида дуба: *лѣтній дубъ* (*Quercus pedunculata*) и *зимній дубъ* (*Quercus robur*). У перваго желуди на длинныхъ стебелькахъ, а у втораго безъ примѣтнаго стебля. У насъ бѣльшею частію встрѣчается только лѣтній дубъ. Какъ дерево, зимній дубъ отличается тѣмъ, что имѣетъ обыкновенно болѣе низкій, сдавленный ростъ; относительно мѣста произростанія, зимній дубъ требуетъ болѣе гористую мѣстность и можетъ даже расти на скалистой почвѣ, но конечно не достигая въ этомъ случаѣ большихъ размѣровъ. Уже достаточно незначительной возвышенности, даже нѣскольکو соть футовъ надъ равниною, чтобы зимній дубъ замѣнилъ собою лѣтній. Область обитанія зимняго дуба заключается почти въ однѣхъ границахъ съ областью лѣтняго, съ тою разницею, что тамъ, гдѣ лѣтній растетъ въ равнинѣ, зимній является на возвышенностяхъ. Между прочимъ, зимній дубъ постоянно двумя недѣлями позже лѣтняго распускаетъ листь и не достигаетъ такой глубокой старости, какъ лѣтній. У насъ зимній дубъ встрѣчается только въ лѣсахъ западной части Имперіи, въ губерніяхъ Могилевской, Минской, Виленской; на югѣ р. Днѣпръ составляетъ границу зимняго дуба; хотя отдѣльными экземплярами онъ встрѣчается въ губерніяхъ Пензенской и Саратовской: но растетъ въ низовьяхъ Волги, въ Крыму и на Кавказѣ.

Что касается до возраста и размѣровъ лѣтняго дуба, то изъ многочисленныхъ примѣровъ необыкновенно толстыхъ дубовъ, самый поразитель-

тельный экземпляр растетъ близъ Сентъ, во Франціи, въ департаментѣ Нижней Шаранты, по дорогѣ въ Козъ; при высотѣ 64 фут., у него нижній діаметръ составляетъ 26 фут. 9 дюймовъ (11,46 арш.); пять футъ выше—діаметръ его 23 фут.; гдѣ начинается первый толстый сукъ—діаметръ ствола 6 фут. 4 дюйма. Внутри ствола находится пустое мѣсто отъ 10 до 12 футовъ ширины и 9 футовъ вышины. Этому дубу приписываютъ возрастъ въ 2000 лѣтъ. Въ началѣ нынѣшняго столѣтія находился еще живымъ дубъ, извѣстный въ цѣлой Литвѣ подъ именемъ „Баублис“, въ Ковенской губерніи, въ 20 верстахъ отъ города Россіень, въ имѣніи Бордзякъ, на горѣ называемой Вишневою (Вишню-Калнасъ). Дубъ этотъ въ 1811 году отъ старости обрушился; пень Баублиса имѣлъ на мѣстѣ отруба діаметръ въ 15 футовъ; явственныхъ слоевъ сосчитано болѣе 700, а прибавивъ тѣ слои, которые, по дупловатости дерева не могли быть сосчитаны, по приблизительной оцѣнкѣ полагали этому дубу болѣе 1000 лѣтъ. Въ Англіи самый толстый дубъ находится въ Йоркширѣ; онъ имѣетъ діаметръ у комля въ 25 футовъ<sup>1)</sup>.

Въ Россіи прежде славился Казанскій дубъ, росшій въ губерніяхъ Казанской и частію въ Вятской, но въ настоящее время въ этихъ губерніяхъ большею частію остался дубовый лѣсъ растущій на мѣстахъ затопляемыхъ весеннею водою, отчего въ разрѣзѣ дубовыхъ кряжей изъ этихъ лѣсовъ замѣчаются коричневые круги, дѣлающіе ихъ, по дурному

1) Въ самой южной оконечности Смоленскаго уѣзда, въ лѣсной дачѣ сельца Шаталова, которая прежде изобилвала дубовымъ насажденіемъ, 30 лѣтъ тому назадъ, мы нашли среди сплошнаго еловаго лѣса, въ которомъ ели были толщиною отъ 1 до 1½ арш. въ нижнемъ отрубѣ, группу изъ семи старыхъ дубовъ. Изъ которыхъ одинъ особенно поражалъ своимъ величественнымъ видомъ. Стволъ его безъ сучьевъ, почти цилиндрической, возвышался до 60 футовъ и затѣмъ слѣдовала широкая вѣтвистая крона, въ то время еще достаточно хорошо покрывавшаяся листьями. Но стволъ былъ уже въ нѣкоторыхъ мѣстахъ покрытъ губками, грибами и длиннымъ зеленоватымъ мохомъ (лишайникомъ, принадлежащимъ къ роду *usnasa barbata* или *usnasa longissima*). Послѣ срубки этого дуба дула въ немъ не оказалось, хотя древесина уже во многихъ мѣстахъ заразилась гнилью. Въ самомъ низу онъ былъ еще крѣпокъ и на 3 футахъ отъ земли пень его имѣлъ въ діаметрѣ 7½ футовъ; въ этомъ мѣстѣ отруба мы насчитали въ немъ ясныхъ 700 слоевъ, но ближе къ корѣ, на толщинѣ отъ 1 до 1½ дюймовъ, слои были уже такъ тонки и такъ сляпались между собою, что счесть ихъ не было возможности. Такимъ образомъ этому дубу было болѣе 700 лѣтъ. Остальные въ этой группѣ дубы, имѣли на высотѣ груди человека діаметръ около 2 аршинъ и по счету слоевъ отъ 400 до 500 лѣтъ; нѣкоторые изъ нихъ были еще совершенно свѣжи и въ полной силѣ. О количествѣ дуба въ то время въ этихъ мѣстахъ можно судить по тому, что нѣкоторыя цѣлыя крестьянскія усадьбы, иногда даже съ конопляниками, были обвѣсны сплошнымъ дубовымъ тыномъ изъ колотыхъ дубовыхъ досокъ вбитыхъ стоймя въ землю. Дубовые столбы длиною 6 аршинъ, толщиною до 10 вершковъ, можно было безъ труда купить за 5<sup>4</sup> коп. штуку; дубовыя доски длиною отъ 3 до 4 аршинъ, шириною до 12 вершковъ и толщиною отъ 2½ до 3 вершковъ, можно было купить за 30 и даже за 20 коп. штуку. Большой водоспускъ въ сельцѣ Иггаловѣ былъ весь срубленъ только изъ дубоваго лѣса. Въ настоящее время, спустя лишь 30 лѣтъ, кое гдѣ можно найти дубовые столбы вышеозначенной мѣры, но уже не дешевле 3 рублей за штуку, притомъ они сдѣлались почти рѣдкостью; о дубовыхъ же тынахъ остались лишь однѣ воспомнанія—остатки ихъ были куплены на паркетъ. Лесеный лѣсъ былъ дешевле дубоваго, а теперь его нигдѣ нельзя достать въ окрестностяхъ.

качеству, уже негодными на кораблестроение. Тогда какъ въ первую четверть настоящаго столѣтія лѣса этихъ мѣстностей снабжали по преимуществу нашъ флотъ превосходнымъ дубовымъ матеріаломъ. Артиллерійское вѣдомство дѣлало свои заготовки дуба въ губерніяхъ Киевской и Подольской, но въ настоящее время тамъ дубъ истребленъ на дрова свеклосахарныхъ заводовъ. Западная полоса Россіи изобиловала дубовыми деревьями, которыхъ большая часть сплавлялась по Нѣману и Вислѣ для сбыта за границу; въ Англіи этотъ дубъ извѣстенъ подъ названіемъ Данцигскаго. Изъ Смоленской губерніи дубъ, въ формѣ *ванчесовъ* и *малья* (мальё), отправлялся главнымъ образомъ въ Ригу, также для сбыта за границу, гдѣ и извѣстенъ подъ названіемъ Рижскаго. Но съ уничтоженіемъ дубовыхъ лѣсовъ отправка дѣлается все менѣе значительною. Для кораблестроенія, превосходныхъ качествъ дубъ растетъ еще на южномъ берегу Крыма и на восточномъ берегу Чернаго моря <sup>1)</sup>.

При хорошемъ качествѣ дерева, поперечный разрѣзъ дуба бываетъ блѣдножелтаго цвѣта съ тонкими слоями, безъ всякихъ между ними разрывовъ и трещинъ. Толстые слои съ большими промежутками и блѣдно-коричневый или красноватый цвѣтъ разрѣза, служатъ признакомъ дерева низкаго качества. Если же въ разрѣзѣ замѣчаются коричневые пятна и круги, значитъ дерево непрочное и заражено гниlostью на корнѣ. Круговая трещина, примѣчаемая въ разрѣзѣ бруса, доказываетъ, что дерево имѣетъ такъ называемую *облупу* на значительной части своей длины и можетъ быть употреблено только на доски.

Дубовые брусья хорошихъ свойствъ служатъ весьма долго, особенно въ подводныхъ сооруженіяхъ или сваяхъ. Были примѣры, что дубъ пролежавъ болѣе 100 лѣтъ подъ водою не утрачивалъ своихъ качествъ. Въ постоянно сухомъ состояніи онъ также долговѣченъ; при занятіи русскими войсками восточнаго берега Чернаго моря въ 1834 году, въ Пизундѣ былъ открытъ древній христіанскій храмъ, построенный за 600 лѣтъ назадъ и въ немъ найдены дубовыя балки совершенно неповрежденные.

Изъ другихъ породъ особенно замѣчательны по своимъ качествамъ Сѣверо-Американскіе дубы: *бѣлый дубъ* (*Quercus alba*), котораго стволъ достигаетъ высоты 70 и 80 футовъ и *живой дубъ* (*Quercus vivens*), такъ названный по чрезвычайной своей долговѣчности; это наилучшая порода изъ всѣхъ дубовъ на свѣтѣ, которыхъ натуралисты насчитываютъ до 150 различныхъ видовъ, растущихъ преимущественно въ средней полосѣ сѣвернаго полушарія.

<sup>1)</sup> Чтобы дать понятіе о быстротѣ роста дуба въ южной части Смоленскаго уѣзда, приведемъ размѣры трехъ дубовъ, въ селѣ Шаталовѣ, растущихъ свободно на садовой почвѣ, слѣдовательно съ полнымъ и свободнымъ развѣтвленіемъ. Два дуба посажены нами лично желудями въ тотъ же день, ровно 30 лѣтъ тому назадъ и растущіе почти рядомъ; діаметръ перваго (съ корою) на  $\frac{1}{2}$  аршина отъ земли 10.34 верш. (окружность 32,5 верш.) высота 6 саж.; втораго—діаметръ 9,4 верш. (окружность 29,5 верш.) высота 7 сажений. Третьему дубу 100 лѣтъ. діаметръ его 19,25 верш. (окружность съ корою 60,5 верш.) высота около 12 сажений.

Дубъ находитъ себѣ употребленіе во всѣхъ возрастахъ: въ молодости, по гибкости своей, на ободья и полозья, а въ зрѣломъ возрастѣ и особенно по прочности, какъ на сушѣ, такъ и на водѣ, для всѣхъ возможныхъ сооружений и подѣлокъ. Молодой дубъ, особенно нижняя часть ствола, удачно высушенный, бываетъ необыкновенно твердъ и крѣпокъ; но въ этомъ возрастѣ его легко ведетъ, или коробитъ. При этомъ замѣтимъ, что въ дубѣ, какъ и въ другихъ породахъ деревь, древесина взятая изъ нижней части ствола всегда тяжелѣе и крѣпче чѣмъ взятая изъ середины высоты ствола; и вообще вѣсъ и крѣпость дерева уменьшаются снизу вверхъ и въ сучьяхъ они менѣе чѣмъ въ серединѣ ствола. Въ молодомъ возрастѣ, нижніе края дуба идутъ на разныя орудія требующія твердости и крѣпости, на кулачья, или зубцы колесъ, на цѣвки шестерень и въ особенности на тѣ, которыя работаютъ вмѣстѣ съ чугунными шестернями или зубцами; въ этомъ случаѣ, по мнѣнію *Ф. Майера*, молодой дубъ изъ нижнихъ кражей несравненно прочнѣе другихъ породъ.

Старый дубъ, напротивъ, гораздо мягче молодаго, но за то очень стоекъ, т.-е. мало коробится. Но дубъ, по большой своей тяжести и притомъ гибкости, менѣе другихъ породъ годенъ для употребленія на балки и перемѣты.

	Удѣльный вѣсъ.	Вѣсъ кубическаго фута въ пудахъ.
Дубъ сухой . . . . .	0,68	1,18
„ полусухой . . . . .	0,70—0,95	1,21—1,64
„ свѣжій . . . . .	0,90—1,10	1,56—1,90
„ пропитанный водою.	1,12	1,94
„ Африканскій. . . . .	0,98	1,69
„ Адриатическій . . . . .	0,99	1,71
„ Канадскій . . . . .	0,87	1,50

Крѣпость дуба при разрывѣ вдоль волоконъ около 197 пудовъ на квадратный дюймъ.

*Ольха*. Если мы здѣсь скажемъ нѣсколько словъ объ ольхѣ, подразумѣвая только такъ называемую *черную ольху* (*Alnus glutinosa*), то лишь потому, что многіе писатели удостовѣряютъ о ея прочности въ подводныхъ сооруженияхъ, между тѣмъ какъ она, по своей древесинѣ, скорѣе относится къ мягкимъ породамъ. Такъ напр. г. *Окуновъ* говорить: „черная ольха весьма обыкновенное дерево во всѣхъ странахъ Европы, растетъ не выше 40 футовъ; оно имѣетъ чрезвычайную прочность подъ водою. Знаменитый мостъ Ріальто, въ Венеціи, построенъ на ольховыхъ сваяхъ, равно какъ и многія строенія въ Равеннѣ и въ другихъ городахъ Италіи. По качеству своему сохраняться подъ водою, ольха употребляется на подводныя основанія, водопроводныя трубы и другія гидравлическія работы. Древесина ея плотная, красноватаго цвѣта“. *Францъ Майеръ* также говоритъ, что ольховое дерево подъ водою не подвержено глѣнію. *Росмеслеръ* говоритъ: „Древесина ольхи очень прочна

въ водѣ, но не на сушѣ.... особенно же высоко цѣнится ольха на подводныя постройки, на колодезные срубы и водопроводныя трубы“. Инженеръ *Борнисъ* говоритъ: „ольха подѣ водою очень долговѣчна и потому пригодна на сваи въ болотистыхъ мѣстахъ; изъ нея дѣлаютъ водопроводныя трубы“. Дерево это, растущее при рѣкахъ и ручьяхъ, слишкомъ хорошо извѣстно, чтобы о немъ распространяться. Мы скажемъ здѣсь только о наружномъ отличіи черной ольхи отъ бѣлой (*alpinus incana*). У черной ольхи въ зрѣломъ возрастѣ кора темная, растреснувшаяся; листь на концѣ притупленный и низъ листа шероховатый; она образуетъ часто древесный стволъ достаточной длины безъ сучьевъ и довольно цилиндрической формы. У бѣлой ольхи кора свѣтло-сѣрая и большею частію гладкая, безъ трещинъ; конецъ листа заостренный; низъ листа, какъ и верхъ, гладкій и блестящій; стволъ чаще суковать и захвостовать.

Быстрый ростъ черной ольхи въ молодости, очень скоро слабѣетъ, послѣ чего она приростаетъ медленно; но не смотря на это, при благоприятныхъ условіяхъ, ольха лѣтъ до 80—100 продолжаетъ приростать и стволъ ея достигаетъ размѣровъ отъ 2 до 3 футовъ въ поперечникѣ и до 80 футовъ высоты, причемъ онъ становится довольно цилиндрическимъ.

*Вѣсъ различныхъ древесныхъ матеріаловъ.* Хотя мы выше привели вѣсъ различныхъ породъ дерева, но такъ какъ въ древесныхъ породахъ, растущихъ въ различныхъ мѣстностяхъ, встрѣчается въ этомъ отношеніи большое разнообразіе, то здѣсь приведемъ этотъ вѣсъ, по *урочному положенію* (изданія 1869 года), въ которомъ онъ опредѣленъ опытами по преимуществу для нашихъ породъ:

*Вѣсъ кубическаго фута дерева въ полусухомъ состояніи въ пудахъ:*

1. Дубъ . . . . .	1,21—1,64	6. Вязъ и Илемъ	1,07	11. Ель . . . . .	0,86—1,04
2. Букъ . . . . .	1,33	7. Сосна . . . . .	0,95—1,12	12. Лиственница	0,99
3. Береза . . . . .	1,23	8. Ива . . . . .	1,04	13. Тополь . . . . .	0,85
4. Кленъ . . . . .	1,21	9. Ольха . . . . .	1,02	14. Пихта . . . . .	0,81
5. Ясень . . . . .	1,19	10. Липа . . . . .	1	15. Осина . . . . .	0,74

Въ хвойныхъ породахъ сухое дерево легче полусухаго на  $12\frac{1}{2}\%$  до  $15\%$ ; свѣже срубленное тяжелѣе полусухаго отъ 30 до  $40\%$ ; а намокшее въ водѣ тяжелѣе полусухаго на 50 до  $60\%$ . Въ лиственныхъ породахъ сухое дерево легче полусухаго отъ 3 до  $5\%$ ; свѣжее, только что срубленное, тяжелѣе полусухаго на 25 до  $30\%$ ; пролежавшее нѣкоторое время въ водѣ тяжелѣе полусухаго на 50 до  $60\%$ . Ниже мы приводимъ вѣсъ сосновыхъ полусухихъ бревенъ въ пудахъ, при размѣрахъ наибаче употребляемыхъ. Вѣсъ же сосноваго бревна, размѣры котораго не находятся въ таблицѣ, опредѣляется по слѣдующей формулѣ:  $P = 0,13 \cdot m \cdot d^3 (1 + 0,4 \cdot m) (1 + 0,133 \cdot m)$ , въ которой  $P$ —искомый вѣсъ бревна въ пудахъ;  $d$ —толщина его въ отрубѣ (въ верхнемъ) въ вершкахъ;  $m = \frac{l}{d}$ , гдѣ  $l$ —длина бревна въ саженихъ. Вѣсъ бревна всякой другой породы лѣса получится: умножая число



таблицы на отношеніе вѣса кубическаго фута той породы къ вѣсу кубическаго фута полусухой сосны. Такимъ образомъ для опредѣленія вѣса березовыхъ краяей, числа таблицы должно умножить на  $\frac{1,23}{1,12} = 1,098$ ; а для лиственницы—на  $\frac{0,99}{1,12} = 0,884$ , гдѣ 1,23 пуд. есть вѣсъ кубическаго фута березы; 0,99 пуд. вѣсъ куб. фута лиственницы; а 1,12 пуд. вѣсъ куб. фута полусухой сосны. Напримѣръ, чтобы опредѣлить вѣсъ намочшаго въ водѣ дубоваго края, длиною 3 саж., толщиною 9 верш., котораго куб. футъ въ полусухомъ состояніи вѣситъ 1,64 пуд., должно число 35,65 пуд. взятое изъ таблицы для сосны и соотвѣтствующее размѣрамъ дубоваго края, умножить на отношеніе  $\frac{1,64}{1,12} = 1,464$  и произведеніе увеличить въ  $1\frac{1}{2}$  раза, такъ какъ намочшій крайъ на 50% тяжелѣе полусухаго; а потому этотъ искомый вѣсъ будетъ:

$$35,65 \cdot 1,464 \cdot 1,5 = 78,285 \text{ пудовъ.}$$

**Вѣсъ основныхъ полусухихъ бревенъ въ пудахъ. Вѣсъ куб. фута  
принять въ 1,12 пуда.**

Толщина бревень въ отрубѣ въ вершкахъ.	Длина бревенъ въ саженьяхъ.								
	1.	1 $\frac{1}{4}$ .	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
4	2,29	3,61	5,04	8,30	12,09	16,43	21,46	27,12	33,49
4,5	2,83	4,45	6,16	10,00	14,48	19,48	25,35	31,93	39,00
5	3,51	5,43	7,59	12,28	17,55	23,56	30,22	37,65	46,17
5,5	4,20	6,48	8,94	14,26	20,43	27,24	35,36	43,67	53,00
6	4,76	7,72	10,56	17,00	23,90	31,88	40,80	49,83	60,49
6,5	5,67	8,95	11,99	19,11	26,99	35,34	44,98	55,43	66,40
7	6,59	10,16	13,97	21,91	30,86	40,58	51,31	64,79	77,26
7,5	7,65	11,84	16,04	25,62	35,45	46,69	59,22	72,42	86,03
8	8,82	13,32	18,30	28,70	40,27	52,83	66,39	80,95	96,72
8,5	9,81	14,95	20,36	31,85	44,45	58,37	72,64	88,69	105,13
9	10,84	16,07	22,71	35,65	49,19	64,10	80,48	97,68	115,91
10	13,83	21,14	28,72	44,68	62,14	80,46	99,75	121,03	143,64
11	16,03	24,70	33,32	51,38	71,62	92,64	114,90	138,41	163,17
12	19,20	29,24	39,89	61,76	84,26	109,05	135,90	162,39	190,92

Вѣсъ основныхъ брусевъ получается по формулѣ:  $P = 0,166 \cdot s \cdot l$ ; въ которой  $s$ —площадь поперечнаго сѣченія бруса выраженная въ квадратныхъ вершкахъ;  $l$ —длина бруса въ саженьяхъ; а  $P$ —искомый вѣсъ

въ пудахъ. Вѣсъ брусевъ изъ лѣса другихъ порогъ опредѣляется по вѣсу сосноваго, умножая этотъ вѣсъ на отношеніе вѣсовъ кубическаго фута искомой породы лѣса и сосны.

Вѣсъ погонной саж. сосноваго накатника: толщиною	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> верш.	= 0,83 пуд.
" " " " " "	3 "	= 1,2 "
" " " " " "	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	= 1,63 "
" " " соснов. или еловыхъ жердей "	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	= 0,3 "
" " " " " "	2 "	= 0,53 "
" " " " " "	1 "	= 0,14 "

Вѣсъ погонной сажени чистыхъ, обрѣзанныхъ сосновыхъ, полусушыхъ досокъ.

Ширина въ дюймахъ.	Толщина досокъ въ дюймахъ.							
	1/2.	1.	1 1/2.	2.	2 1/2.	3.	3 1/2.	4.
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
7	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52
8	0,22	0,43	0,65	0,86	1,10	1,29	1,50	1,72
9	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96
10	0,27	0,54	0,81	1,10	1,35	1,62	1,90	2,16
11	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40
12	0,33	0,66	0,99	1,33	1,65	1,98	2,31	2,64

Полубрѣзныя и получистыя доски легче обрѣзныхъ: первая на 5, а вторыя на 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

**30. Величина сопротивленія дерева въ различныхъ случаяхъ.** — Дерево какъ строительный матеріалъ, въ формѣ бревень, брусевъ и досокъ, при употребленіи въ дѣло, подвергается различнымъ образомъ дѣйствию на него давленій и силъ, которымъ оно должно оказывать *прочное*, т.-е. неопредѣленно долгое сопротивленіе. Древесина каждой породы дерева имѣетъ извѣстную степень *упругости* и *твердости*, проявляющихся различнымъ образомъ въ зависимости отъ того, въ какомъ направленіи въ стволѣ дерева дѣйствуетъ на него сила или давленіе.

Деревянный брусъ можетъ быть подвергнутъ *растяженію вдоль* (а) или *поперекъ его волоконъ* (b) или подвергнутъ *сжиманію также вдоль* (с) или *поперекъ* (d) его волоконъ (фиг. 115). При растяженіи брусъ можетъ удлиниться на нѣкоторую величину; при сжиманіи же можетъ укоротиться также на нѣкоторую величину, вслѣдствіе *упругости*, свойственной всѣмъ твердымъ тѣламъ. Если по прекращеніи растяженія или сжатія, т.-е. когда сила растягивающая или сжимающія перестанетъ

дѣйствовать, брусъ снова приметъ совершенно свою первоначальную длину и будетъ, при повтореніи опытовъ, послѣ растяженія или сжатія, постоянно возвращаться къ первоначальной своей длинѣ, то это значить, что *сила упругости дерева*, чрезъ сжатіе или растяженіе, не была въ немъ нарушена и волокны древесины не потеряли никакого измѣненія въ своей силѣ и упругости. Если же растяженіе или сжатіе будутъ столь велики, что дерево удлиняется или укорачиваясь, вслѣдствіе ихъ дѣйствія, уже не возвращается къ первоначальной своей длинѣ, то это значить, что уже превзойденъ *предѣлъ упругости* свойственной этому дереву. Если растяженіе или сжатіе дѣйствовали на дерево очень короткое время, то дерево чаще возвращается къ своей первоначальной длинѣ; но если растяженіе или сжатіе дѣйствовали хотя и съ тѣмъ же напряженіемъ, но продолжительное время, то дерево, при извѣстной величинѣ напряженія растяженія или сжатія, чаще уже не возвращается къ своей первоначальной длинѣ. Слѣдовательно дерево способно оказывать *большее сопротивленіе* растяженію или сжатію, которыя дѣйствуютъ на него лишь короткое время, и *меньшее сопротивленіе*—если онѣ дѣйствуютъ на него продолжительное или неопредѣленное время. Наибольшее сопротивленіе, которое дерево можетъ вынести въ первомъ случаѣ не превосходя предѣла упругости, называется *предѣломъ временнаго его сопротивленія*, а во второмъ случаѣ, — *предѣломъ прочнаго его сопротивленія*.

Обыкновенно для дерева, какъ и для камня, величина предѣла прочнаго сопротивленія принимается въ  $\frac{1}{10}$  противъ величины временнаго. Всѣ цифры для сопротивленія дерева выражаются количествомъ пудовъ на квадратный дюймъ площади сѣченія бревна или бруса въ томъ или другомъ направленіи.

Если мы будемъ увеличивать силу растягивающую брусъ или давленіе сжимающее его, то при извѣстной величинѣ силы или давленія брусъ можетъ *разорваться* или *раздробиться*.

Брусъ можетъ лежать концами свободно на двухъ подпорахъ и подвергаться давленію по срединѣ (e) (фиг. 116); или концы бруса могутъ быть врублены или задѣланы въ стѣнѣ и онъ подверженъ давленію по срединѣ (f) (фиг. 117). Въ томъ и другомъ случаѣ давленіе или грузъ дѣйствующій на брусъ, можетъ быть распределенъ равномерно (какъ въ балкахъ) или неравномерно по всей длинѣ бруса или сосредоточенъ на одной какой либо точкѣ его длины. Или брусъ можетъ быть укрѣпленъ однимъ концомъ въ стѣнѣ, а на другой его конецъ, свободный, можетъ дѣйствовать грузъ (g) (фиг. 118) или этотъ грузъ можетъ быть распределенъ равномерно или неравномерно по всей длинѣ бруса. Во всѣхъ этихъ случаяхъ брусъ можетъ оказать большее или меньшее сопротивленіе *излому* или, *перелому*, и притомъ сопротивленіе временное или прочное. Во всѣхъ положеніяхъ (e, f, g) брусъ можетъ дать прогибъ; иногда требуется чтобы брусъ h не могъ давать прогиба болѣе данной, опредѣленной величины. напр. s, которая называется *стрѣлкой прогиба* (h), (фиг. 119). Поэтому брусъ можетъ оказывать временное или прочное сопротивленіе прогибу, или сгибанію.

Черт. IX.  
• фиг. 116 и 117.

Черт. IX.  
• фиг. 118.

Черт. IX.  
• фиг. 119.

Черт. IX.  
• ил. 120.

Далѣе, брусъ можетъ находиться въ такомъ положеніи (при врубкахъ бруса въ брусъ), что сила, или давленіе дѣйствующее на него, можетъ отдѣлится отъ него часть  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , ( $J$ ) по направленію волоконъ, отколоть, или *сколоть* эту часть въ плоскости,  $ab$ . А потому дерево можетъ оказать также временное или прочное сопротивленіе *скалыванію*.

Черт. IX.  
• ил. 121.

Валь въ гидравлическихъ колесахъ, съ которыми онѣ вращаются, чаще дѣлается деревянный, дубовый или сосновый, цѣльный или составной. На этомъ же валь обыкновенно укрѣпляется кулачное или гребенчатое колесо, которое передаетъ движеніе исполнительнымъ механизмамъ. Въ этомъ положеніи валь подвергается *крученію* и если передаваемая имъ механическая работа значительна, то при большей длинѣ его и малой степени сопротивленія волоконъ, если діаметръ его не имѣетъ надлежащей величины, эти волокна, вслѣдствіе скручивающей силы, могутъ принять столь косвенное расположеніе, что предѣлъ ихъ упругости можетъ быть нарушенъ; валь можетъ дать тогда продольныя трещины и разрушиться отъ скручиванія. Такъ напримѣръ, если въ спокойномъ состояніи вертикальные соотвѣтственные діаметры вала были  $ab$  и  $a'b'$ , то при крученіи, если діаметръ  $a'b'$  сохранить свое прежнее положеніе, то діаметръ  $ab$  можетъ принять положеніе  $cd$  или даже  $ef$ ; и тогда наружные волокна дерева, вмѣсто того чтобы сохранить свои направленія  $aa'$  и  $bb'$ , искривятся винтообразно и примутъ направленія  $ca'$   $db'$  или  $ea'$  и  $fb'$ ; уголъ же  $aoc$ , или  $a'oe$ , будетъ выражать величину крученія. Продольныя волокна древесины вала примутъ и внутри его такое же косвенно-искривленное направленіе. Поэтому той или другой породы дерево можетъ оказать большее или меньшее *сопротивленіе скручиванію* и также временное или прочное.

Такимъ образомъ дерево, въ зависимости отъ его положенія, можетъ оказать, какъ строительный матеріалъ, *временное или прочное сопротивленіе вытягиванію, сжатію, разрыву, раздробленію* (вдоль или поперекъ волоконъ) *излому, прогибу, скалыванію и крученію*.

Приводя ниже цифры сопротивленія дерева въ различныхъ указанныхъ выше случаяхъ, мы попутно приведемъ и цифры сопротивленія, въ соотвѣтственныхъ случаяхъ, для желѣза, чугуна и стали, такъ какъ иногда эти матеріалы могутъ употребляться при устройствѣ плотинъ.

1) *Сопротивленіе вытягиванію и сжатію*. Прежде всего замѣтимъ, что сжать брусъ по длинѣ волоконъ на нѣкоторую величину или раздробить его этимъ сжиманіемъ, возможно лишь тогда, когда длина бруса не будетъ превышать 10 разъ наименьшаго размѣра его поперечнаго сѣченія (а для камня 12 разъ и для металловъ 5 разъ). Иначе брусъ скорѣе согнется и переломится, чѣмъ укоротится или раздробится.

Опыты показали, что сила  $P$ , способная вытянуть или сжать брусъ на величину  $d$ , пропорціональна этой величинѣ  $d$ , пропорціональна площади  $A$  поперечнаго сѣченія бруса и обратно пропорціональна первоначальной длинѣ  $l$  бруса. Такъ что эту силу можно изобразить формулой:  $P = E \cdot A \cdot \frac{d}{l}$ . Здѣсь  $E$  есть численный коэффициентъ, опредѣляемый опытомъ и зависящій

отъ свойства матеріала бруса, силы и характера его упругости; его обыкновенно называютъ *коэффициентомъ упругости*. Если бы мы допустили, что брусъ можно было бы вытянуть или сжать на всю первоначальную его длину  $l$ , тогда  $d$  было бы равно  $l$  и  $\frac{d}{l} = 1$ ; если бы для величины  $A$  мы приняли бы одинъ квадратный дюймъ, принимаемый нами за единицу площади сѣченія, тогда и  $A=1$ , а слѣдовательно въ этомъ случаѣ будетъ  $P=E$ . Отсюда видно, что коэффициентъ упругости, при вытягиваніи и сжатіи бруса, выражаетъ собою силу, которая въ состояніи вытянуть или сжать брусъ, съ сѣченіемъ равнымъ единицѣ площади, на величину равную его первоначальной длинѣ, если бы это было возможно сдѣлать не нарушая предѣла упругости матеріала. На основаніи опытовъ, коэффициентъ упругости  $E$ , какъ при вытягиваніи, такъ и при сжатіи (хотя для сжатія онъ еще недостаточно опредѣленъ) для всякаго дерева, среднимъ числомъ, принимаютъ одинъ и тотъ же, а именно  $E=50.000$ . Для желѣза  $E=720.000$ , для чугуна  $E=350.000$  и для мягкой стали  $E=800.000$ .

2) *Сопротивленіе разрыву и раздробленію*. Опыты показываютъ, что это сопротивленіе не зависитъ отъ длины бруса и почти прямо пропорціонально площади поперечнаго сѣченія.

Прочное сопротивленіе дерева разрыву принимаютъ обыкновенно отъ 32 до 40 пудовъ на каждый квадратный дюймъ площади сѣченія, или среднимъ числомъ въ 35 пудовъ. А прочное сопротивленіе раздробленію—отъ 18 до 24 пудовъ, или среднимъ числомъ въ 21 пудъ. Прочное сопротивленіе для желѣза (полосоваго), смотря по качеству, принимаютъ отъ 240 до 320 пудовъ при разрывѣ (всегда на квадратный дюймъ площади сѣченія), а при раздробленіи — отъ 200 до 240 пудовъ. Для литой стали, въ томъ и другомъ случаѣ, въ два раза больше противъ желѣза; а для чугуна, смотря по качеству, отъ 80 до 100 и до 120 пудовъ при разрывѣ и отъ 500 до 600 при раздробленіи. Слѣдующая таблица даетъ болѣе подробныя указанія.

РОДЪ МАТЕРІАЛА.	Временное сопротивленіе		Предѣлъ упругости при		Коэффициентъ упругости при вытягиваніи и сжатіи.
	разрыву.	раздробленію.	вытягиваніи.	сжатіи.	
	пудовъ.	пудовъ.	противъ идущихъ	предѣльныхъ чиселъ.	
Лиственница . . . . .	440	220	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	50,000
Сосна рудовая . . . . .	400	200	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	50,000
Ель рудовая . . . . .	380	190	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	50,000
Пихта . . . . .	320	160	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	47,000
Дубъ . . . . .	320	210	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	47,000
Желѣзо полосовое. . . . .	1240	1000	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$	{ 770,000 при разрывѣ. { 640,000 при сжатіи. { 360,000 } тоже. { 340,000 } 800,000
Чугунъ . . . . .	435—600	3000	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
Сталь обыкновенная . . . . .	2500	2500	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	

По опытам *Вертейма* и *Шевандье*, коэффициентъ упругости дерева, при вытягиваніи вдоль волоконъ, зависитъ отъ возраста дерева, качества почвы, мѣста его произростанія; вообще этотъ коэффициентъ тѣмъ менѣе, чѣмъ дерево болѣе отклоняется отъ зрѣлаго возраста и тѣмъ болѣе, чѣмъ суше была почва и чѣмъ болѣе дерево было открыто дѣйствию сѣверныхъ вѣтровъ. Коэффициентъ упругости мало измѣняется съ временемъ рубки дерева, т.-е. будетъ ли оно срублено въ полномъ соку или зимою, и почти не зависитъ отъ толщины древесныхъ слоевъ, исключая ели, для которой онъ тѣмъ болѣе, чѣмъ дерево тонкослойнѣе. Изъ своихъ опытовъ они заключили, что предѣлъ упругости, т.-е. то наибольшее напряженіе волоконъ, при которомъ упругость матеріала только что еще не нарушается и пропорціональность удлиненія растягивающей силѣ еще сохраняется, для дерева почти не существуетъ, такъ какъ оно постоянно сохраняетъ способность удлиняться и тѣмъ больше, чѣмъ оно сырѣе; съ другой стороны, эта пропорціональность удлиненія сохраняется тѣмъ дольше, чѣмъ дерево суше и въ этомъ смыслѣ предѣлъ упругости для полусухаго дерева можетъ доходить до  $\frac{1}{3}$  величины временнаго сопротивленія разрыву, а для дерева, хорошо высушеннаго паромъ, почти равняется этому сопротивленію.

Такъ какъ намъ лично извѣстна та тщательность, съ которою *Вертеймъ* производилъ свои опыты и наблюденія (хотя большею частію надъ деревьями растущими во Франціи) и тѣ точныя приемы при производствѣ опытовъ въ большомъ видѣ, въ которыхъ онъ былъ руководимъ совѣтами г. *Понселе*, то мы приведемъ здѣсь таблицу составленную имъ и г. *Шевандье* на основаніи этихъ опытовъ.

Таблица величинъ предѣла упругости при вытягиваніи и временнаго сопротивленія разрыву главнѣйшихъ породъ дерева, по опытамъ *Вертейма* и *Шевандье*.

РОДЪ ДЕРЕВА.	Удельный вѣст. Вѣсъ кубич. фута въ пудахъ.		Вытягиваніе вдоль волоконъ (продольное).				Вытягиваніе поперекъ волоконъ.		Скалываніе.	
			Удлиненіе на предѣла упругости $\frac{a}{L}$ .	Коэффициентъ упругости.	Временное сопротивленіе растяженію.	Временное сопротивленіе разрыву.	Коэффициентъ упругости.	Временное сопротивленіе растяженію.	Коэффициентъ упругости.	Временное сопротивленіе скалыванію.
Береза . . . . .	0,812	пуд. 1,40	0,00162	39300	пуд. 64	пуд. 170	3194	пуд. 32,4	6112	пуд. 41,9
Букъ . . . . .	0,823	1,42	0,00236	38600	91	140	10620	31,9	6274	25,6
Вязъ, Племъ . . .	0,723	1,25	0,00158	45900	72	275	4827	13,6	2497	14,4
Грабъ . . . . .	0,756	1,31	0,00118	42800	50	118	8207	39,7	4073	24,0
Дубъ зимній . . .	0,872	1,51	0,00254	36300	92	223	7416	23,0	5112	16,0



РОДЪ ДЕРЕВА.	Удельный вѣсъ, Вѣсъ кубич. фута въ пудахъ.	Вытягиваніе вдоль волоконъ (продольное).					Вытягиваніе поперекъ волоконъ.		Скалываніе.	
		Удлиненіе для предѣла упругости $\frac{d}{l}$ .	Коэффициентъ упругости.	Временное со- противленіе растяженію.	Временное со- противленіе разрыву.	Коэффициентъ упругости.	Временное со- противленіе растяженію.	Коэффициентъ упругости.	Временное сопро- тивленіе скалыванію.	
Ель . . . . .	0,493	0,85	0,00193	43800	пуд.	пуд.	3722	8,7	1343	11,7
Кленъ . . . . .	0,674	1,16	0,00105	40200	42	141	6186	28,2	2863	14,6
Ольха . . . . .	0,631	1,04	0,00101	43600	44	179	3675	13,0	2340	6,9
Осиная . . . . .	0,602	1,04	0,00096	42400	41	283	4238	6,7	1721	16,3
Сосна . . . . .	0,559	0,97	0,00289	22200	64	97	3848	10,1	1126	7,7
Тополь . . . . .	0,477	0,82	0,00195	20400	40	78	2887	5,8	1521	8,4
Ясень . . . . .	0,697	1,20	0,00111	44200	50	207	4383	8,6	4017	16,1

Сопротивленіе дерева раздробленію отъ сжатія вдоль волоконъ, почти *въ два раза меньше* противъ сопротивленія его разрыву; сопротивленіе же его раздробленію поперекъ волоконъ, *отъ двухъ до трехъ разъ меньше* сопротивленія раздробленію вдоль волоконъ. По *Журавскому*, прочное сопротивленіе, въ послѣднемъ случаѣ, составляетъ для сосны 8 пудовъ, а для дуба 15 пудовъ на квадратный дюймъ; прочное же сопротивленіе *скалыванію* составляетъ для сосны 4 пуда, а для дуба 6 пудовъ.

Способность дерева сопротивляться раздробленію, какъ вдоль, такъ и поперекъ волоконъ, много зависитъ отъ степени его сухости или сырости; чтобы нагляднѣе показать степень этой зависимости, приведемъ слѣдующую таблицу, составленную изъ опытовъ *Годжкинсона*, для временнаго сопротивленія разнаго рода дерева раздробленію вдоль волоконъ.

Временное сопротивленіе раздробленію вдоль волоконъ въ пудахъ на квадратный дюймъ площади сѣченія.

РОДЪ ДЕРЕВА.	Полу- сухаго.	Весьма сухаго.	РОДЪ ДЕРЕВА.	Полу- сухаго.	Весьма сухаго.
Береза американская.	пуд.	пуд.	Ольха . . . . .	пуд.	пуд.
	—	323		189	193
Береза англійская . .	91	177	Орѣхъ . . . . .	168	209
Бугъ . . . . .	214	259	Пихта . . . . .	159	182
Дубъ англійскій . . .	179	278	Слива . . . . .	228	290
Дубъ французскій . . .	—	214	Сосна мяндовая . . .	149	151



РОДЪ ДЕРЕВА.	Полу-сухаго.	Весьма сухаго.	РОДЪ ДЕРЕВА.	Полу-сухаго.	Весьма сухаго.
Дубъ квебекскій . . .	пуд. 117	пуд. 166	Сосна рудовая . . . . .	пуд. 188	пуд. 188
Ель . . . . .	188	202	Сосна смолистая . . .	149	208
Ель прусская . . . . .	180	189	Тикъ . . . . .	—	335
Ива . . . . .	80	170	Тополь . . . . .	86	142
Лиственница . . . . .	89	154	Яблонь дикая . . . . .	180	198
Вязъ . . . . .	—	286	Ясень . . . . .	240	259

По опытамъ *Ронделе*, временное сопротивление раздробленію вдоль волоконъ дуба, составляетъ отъ 150 до 180 пудовъ на квадратный дюймъ, а для сосны и ели отъ 170 до 180 пудовъ. При временномъ сопротивленіи дуба раздробленію въ 165 пудовъ, прочное сопротивленіе, по *Ронделе*, слѣдуетъ принимать въ  $\frac{1}{7}$  противъ временнаго, т.-е. около 24 пудовъ.

Сопротивленіе *смятію* врубокъ сосновыхъ бруса въ брусъ, при глубинѣ врубки отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  дюйма, равно 20 пудамъ на квадратный дюймъ площади сѣченія врубки; при большей же глубинѣ врубки сопротивленіе равно 15 пудамъ. Этотъ случай смятія врубки можетъ быть тогда, когда врубка сдѣлана далеко отъ конца бруса; если же врубка сдѣлана близко къ концу бруса, то скорѣе произойдетъ скалываніе конца бруса отъ врубки, чѣмъ смятіе врубки. Напримѣръ, представимъ себѣ брусъ *A* съ квадратнымъ сѣченіемъ, бокъ котораго равенъ 10 дюймамъ; въ него врубленъ брусъ *B* до половины глубины (*ab*), слѣдовательно на глубину 5 дюймовъ. Если оба бруса сосновые и давленіе дѣйствуетъ на брусъ *B* по направленію стрѣлки, то *смятіе* можетъ произойти на площади *abcd*, величина которой 50 квадратныхъ дюймовъ. А такъ какъ сопротивленіе смятію въ этомъ случаѣ равно 15 пудамъ на квадратный дюймъ, то прочное сопротивленіе этой врубки смятію =  $50 \times 15 = 750$  пудамъ. Въ случаѣ же врубки на ту же глубину сосновыхъ брусевъ *C* и *D* такихъ же размѣровъ, если длина *a'b'* конца бруса *C* отъ врубки будетъ также 10 дюймовъ (какъ и толщина бруса), то площадь *a'b'c'd'* скалыванія будетъ равна 100 квадрат. дюймамъ; и какъ прочное сопротивленіе скалыванія для сосны равно 4 пудамъ, то прочное сопротивленіе этой врубки будетъ равно 400 пудамъ. Такъ какъ среднее прочное сопротивленіе разрыву для сосны составляетъ 35 пудовъ, то брусъ съ квадратнымъ сѣченіемъ, котораго бокъ равенъ 10 дюймамъ, прочно сопротивляется разрыву при грузѣ въ 3500 пудовъ; поэтому первое соединеніе врубки слабѣ цѣльнаго бруса въ 4,7 раза, а второе въ 8,75 разъ. При продольномъ соединеніи двухъ брусевъ *прямымъ зубомъ* (*ABCDEF*), толщина зуба *CD* обыкновенно не дѣлается болѣе  $\frac{1}{4}$  *Aa*, всей толщины бруса; и если

Черт. IX.  
•нг. 122

Черт. IX.  
•нг. 123.

Черт. IX.  
•нг. 124.



длина  $aF = 2^{1/2} Aa$ , то прочность соединения въ зубѣ составитъ около  $\frac{1}{7}$  сопротивленія цѣльнаго бруса разрыву. При продольномъ соединеніи двухъ брусевъ *косымъ зубомъ*, толщина зуба  $ab$  дѣлается въ  $\frac{1}{5}$  толщины бруса  $AC$ ; длина же  $AB$  всего соединенія обыкновенно равна  $4 AC$ . И такъ какъ здѣсь длина  $bd$  скалыванія вмѣстѣ съ длиною  $ac$ , равна половинѣ длины всего соединенія  $AB$ , то прочность соединенія косымъ зубомъ составляетъ около  $\frac{1}{9}$  прочности цѣльнаго бруса разрыву. Эти соединенія иногда усиливаютъ болтами, но какъ болты, при сильномъ растяженіи, легко врѣзаются въ дерево, то мало усиливаютъ прочность соединенія, препятствуя лишь разъединенію брусевъ перпендикулярно къ ихъ длинѣ.

Черт. X.  
фиг. 125.

Болѣе прочное соединеніе двухъ брусевъ достигается посредствомъ желѣзныхъ боковыхъ накладокъ  $mn$  (фиг. 126), которыхъ загнутые подъ прямымъ угломъ концы  $tr$  и  $uq$  врѣзаются въ брусъ, а самыя накладки сжимаются болтами. Еще прочнѣе соединеніе посредствомъ двухъ деревянныхъ накладокъ  $ef$ ,  $ef$  (фиг. 127), толщиною каждая изъ нихъ въ полбруса; въ каждую накладку и брусъ врѣзаются дубовыя шпонки  $h$ ,  $h$ , и всѣ вмѣстѣ соединяются болтами; накладки  $ef$  дѣлаются изъ того же матеріала изъ котораго сдѣланъ брусъ.

Черт. X.  
фиг. 126

Черт. X.  
фиг. 127.

Сопротивленіе дерева сжатію и раздробленію отъ дѣйствующаго на него груза, или давленія, должно проявляться тогда, когда оно употребляется на сваи, колонны, или подпоры, упорные или подкосные брусья. Мы уже выше сказали, что раздробить дерево давленіемъ вдоль волоконъ возможно лишь тогда, когда длина бревна, или бруса, не превышаетъ 10 разъ діаметра или бока площади его наименьшаго сѣченія. При бѣльшей длинѣ, отъ давленія, онѣ скорѣе сгибаются и переламываются, чѣмъ раздробляются. Для опредѣленія сопротивленія деревянныхъ подпорныхъ брусевъ или бревенъ, когда длина ихъ превышаетъ 10 разъ наименьшую толщину, т.е. когда они отъ давленія могутъ прогибаться и переламываться, употребляются слѣдующія формулы: для прямоугольнаго сѣченія, временное сопротивленіе бруса будетъ:  $P = \frac{E \cdot \pi^2}{12} \cdot \frac{b \cdot h^3}{l^2}$ ; для круглаго сѣченія колонны временное сопротивленіе ея будетъ:  $P = \frac{E \cdot \pi^3}{64} \cdot \frac{d^4}{l^2}$ . — Въ этихъ формулахъ:  $P$  — означаетъ выдерживаемое давленіе или временное сопротивленіе подпорнаго бруса или сваи, колонны;  $E$  — коэффициентъ упругости матеріала;  $b$  — большую и  $h$  — меньшую сторону прямоугольнаго сѣченія;  $d$  — діаметръ круглаго сѣченія;  $l$  — длину подпорнаго бруса, колонны или стержня;  $\pi$  — отношеніе окружности круга къ діаметру равное  $\frac{22}{7} = 3,1415926$ . —

Изъ этихъ формулъ видно, что крѣпость подпорнаго бруса или колонны, сваи, преимущественно зависитъ отъ отношенія діаметра или наименьшей стороны сѣченія къ длинѣ бруса. Если за единицу принять сопротивленіе, или крѣпость такого бруса, или колонны, у котораго длина равна діаметру, или наименьшей сторонѣ прямоугольнаго сѣченія, то, по *Ронделю*, получимъ слѣдующія временныя сопротивленія при различныя длинахъ бруса или колонны.

Для сосны, ели, лиственницы и дуба:

Отношеніе длины къ толщинѣ.	Отнош. сопротивленія къ принятому за единицу.	Величина временнаго сопротивленія въ пудахъ.
1	1	165 пуд.
12	$\frac{5}{4}$	137 "
24	$\frac{1}{2}$	82 "
36	$\frac{1}{3}$	55 "
48	$\frac{1}{6}$	27,5 "
60	$\frac{1}{12}$	14 "
72	$\frac{1}{24}$	7 "

Для чугунныхъ подпоръ:

1	1	3896 пуд.
4	$\frac{2}{3}$	2597,5 "
8	$\frac{1}{2}$	1948 "
15	$\frac{1}{3}$	1298,7 "
20	$\frac{4}{15}$	1039 "
25	$\frac{1}{5}$	779,25 "
30	$\frac{1}{6}$	649,35 "
36	$\frac{2}{15}$	519,5 "

Для желѣзныхъ подпоръ:

1	1	1889 пуд.
18	$\frac{27}{42}$	1275 "
27	$\frac{1}{2}$	944,5 "
36	$\frac{2}{5}$	755,6 "
45	$\frac{5}{16}$	590 "
54	$\frac{1}{4}$	472 "
63	$\frac{1}{5}$	377,8 "
81	$\frac{1}{8}$	236 "
92	$\frac{1}{10}$	188,9 "
100	$\frac{1}{12}$	157,5 "
108	$\frac{1}{16}$	118 "

По *Ронделю*, для прочнаго сопротивленія дерева, нужно брать не болѣе  $\frac{1}{5}$ , для чугуна не болѣе  $\frac{1}{4}$  и для желѣза не болѣе  $\frac{1}{10}$  вышеприведенныхъ цифръ пудовъ временнаго сопротивленія. При этомъ замѣтимъ еще, что чугунныя колонны, внутри пустыя, т.-е. трубчатыя, или съ кольцеобразнымъ сѣченіемъ, имѣютъ гораздо большую крѣпость, чѣмъ сплошныя одинаковаго съ ними вѣса.

Приведемъ еще слѣдующую таблицу *прочнаго сопротивленія раздробленію* сосновыхъ бревенъ и вытесываемыхъ изъ нихъ брусьевъ квадратнаго и прямоугольнаго сѣченія, употребляемыхъ въ формѣ подпоръ. Таблица эта рассчитана при прочномъ сопротивленіи дерева раздробленію въ 24 пуда на квадратный дюймъ сѣченія, или въ 73,5 пуда на квадратный вершокъ.

Бревно назначаемое къ обтескѣ.			Вытесываемый брусъ квадратнаго сѣченія.			Вытесываемый брусъ прямоугольнаго сѣченія.			
Діаметръ въ вершкахъ.	Отношеніе погонной сажени къ діаметру.	Прочное сопротивленіе въ пудахъ.	Сторона въ вершкахъ.	Отношеніе погонной сажени къ сторонѣ.	Прочное сопротивленіе въ пудахъ.	Сторона въ вершкахъ съ отношеніемъ между собою какъ 7 : 5.		Отношеніе погонной сажени къ меньшей сторонѣ.	Прочное сопротивленіе въ пудахъ.
		пуд.			пуд.				пуд.
4	12,00	924	2,88	16,96	589	3,25	2,37	20,25	566
5	9,60	1443	3,50	13,71	900	4	2,8	17,14	823
6	8,00	2078	4,24	11,32	1321	4,8	3,46	13,87	1228
7	6,86	2829	4,9	9,80	1765	5,7	4	12,00	1676
8	6,00	3694	5,6	8,57	2305	6,5	4,6	10,43	2198
9	5,33	4676	6,3	7,62	2917	7,3	5,1	9,41	2736
10	4,80	5773	7	6,86	3601	8,1	5,7	8,42	3393
11	4,37	6985	7,8	6,23	4472	8,9	6,3	7,62	4121
12	4,00	8313	8,5	5,65	5310	9,8	6,9	6,96	4970

3) *Сопротивленіе сгибанію и излому.* Если призматическій деревянный брусъ  $ABC'D'$  будетъ укрѣпленъ однимъ концомъ въ стѣнѣ  $AB$ , а на другой конецъ, свободный,  $C'D'$  будетъ дѣйствовать грузъ  $P$ , то подъ влияніемъ этого груза брусъ согнется и приметъ положеніе  $ABCD$ . При этомъ сгибаніи бруса, верхнія его волокна, отъ  $AC$  и ниже, будутъ растягиваться, а нижнія, отъ  $BD$  и выше, будутъ сжиматься. А потому между волокнами  $AC$  и  $BD$  лежащими на верхней и нижней плоскостяхъ бруса, будутъ волокна, лежащія въ плоскости имъ параллельной и проходящей чрезъ нѣкоторую линію  $OS$ , которыя не будутъ подвержены, ни растяжанію, ни сжиманію. А такъ какъ число волоконъ сопротивляющихся растяженію и сжиманію предполагается всегда пропорціональнымъ площади сѣченія бруса, то если матеріалъ бруса представляетъ одинаковое сопротивленіе, какъ растяженію, такъ и сжиманію, то плоскость нейтральнаго слоя, въ которомъ не происходитъ ни растяженія, ни сжиманія волоконъ, будетъ проходить чрезъ линію  $OS$ , соединяющую центры тяжести всѣхъ поперечныхъ сѣченій, каковую бы форму онѣ не имѣли. Если бы сопротивленіе сжатію было больше сопротивленія растяженію, какъ напримѣръ въ чугунѣ, то нейтральная плоскость будетъ лежать ниже линіи соединяющей центры тяжести сѣченій, и будетъ выше этой линіи, если сопротивленіе сжатію менѣе сопротивленія растяженію. какъ напримѣръ въ деревѣ.

Опытъ и теорія показываютъ, что самое сильное растяженіе и самое сильное сжиманіе волоконъ происходятъ въ слояхъ  $AC$  и  $BD$ , т.-е. въ самомъ верхнемъ и самомъ нижнемъ, и что эти растяженіе и сжатіе уменьшаются по мѣрѣ приближенія слоевъ волоконъ къ нейтральному слою; что по длинѣ бруса, наибольшее растяженіе и наи-

большее сжатіе волоконъ въ каждомъ слоѣ будетъ въ сѣченіи  $AB$ , и по мѣрѣ удаленія отъ этого сѣченія къ свободному концу бруса, величина растяженія и сжатія въ немъ волоконъ постоянно уменьшаются. А отсюда слѣдуетъ: 1) что волокны лежащія близъ нейтральнаго слоя мало увеличиваютъ крѣпость бруса, такъ что скопленіе матеріала выгоднѣе располагать у верхней и нижней поверхности бруса, чѣмъ у середины его; 2) такъ какъ наибольшее растяженіе и сжатіе волоконъ происходитъ въ мѣстѣ прикрѣпленія  $AB$ , бруса, или въ сѣченіи  $AB$ , и слѣдовательно въ этомъ мѣстѣ скорѣе всего можетъ послѣдовать разрывъ и раздробленіе волоконъ и вообще изломъ бруса, то выгоднѣе увеличивать количество матеріала, или утолщать брусъ, въ этомъ мѣстѣ, уменьшая толщину его постепенно къ свободному концу.

Черт. X.  
фиг. 129

Если на концѣ  $S$  бруса, укрѣпленнаго горизонтально однимъ концомъ въ стѣнѣ  $AB$ , будетъ дѣйствовать грузъ  $P$  на разстояніе  $L$  отъ стѣны, или отъ мѣста укрѣпленія, то во время излома бруса, волокны лежащія надъ нейтральною плоскостью разрываются, а лежащія ниже ея раздробляются; въ первое мгновеніе перелома, происходитъ вращеніе бруса около поперечной линіи проходящей чрезъ точку  $O$ . Если сопротивленіе верхняго слоя разрыву равно  $p$ , то при изломѣ, плечо рычага этого сопротивленія будетъ  $aO$  и слѣдовательно верхній слой сопротивляется вращенію около  $O$ , или разрыву, моментомъ  $p \cdot aO$ . Если сопротивленіе самаго нижняго слоя раздробленію назовемъ  $q$ , то его сопротивленіе вращенію около  $O$ , выразится моментомъ  $q \cdot bO$ . Всякому слою выше или ниже  $O$  соответствуетъ свой моментъ разрыва раздробленія, только съ меньшимъ плечомъ и съ меньшей силой сопротивленія и чѣмъ ближе къ нейтральному слою  $O$ , тѣмъ меньше плечо и сила. Сумма всѣхъ моментовъ сопротивленія разрыву:  $p \cdot aO + p' \cdot a'O - p'' \cdot a''O -$  и т. д. и всѣхъ моментовъ сопротивленія раздробленію:  $q \cdot bO - q' \cdot b'O - q'' \cdot b''O -$  и т. д., выражающая собою общее сопротивленіе всего бруса излому, называется вообще *моментомъ сопротивленія сгибанію* <sup>1)</sup>. Когда моментъ  $P \cdot L$ , сгибающаго брусъ груза  $P$ , сдѣлается равнымъ моменту крѣпости, тогда происходитъ переломъ бруса.

Если назовемъ чрезъ  $R$  число пудовъ разрывающихъ матеріалъ при сѣченіи въ одинъ квадратный дюймъ, или временное сопротивленіе разрыву, которое показано въ предыдущихъ таблицахъ для различныхъ матеріаловъ, то для опредѣленія относительной крѣпости брусевъ, съ различною формою поперечнаго сѣченія, теоретически найдены слѣдующіе *моменты крѣпости*.

Черт. X.  
фиг. 130.

Для прямоугольнаго сѣченія (фиг. 130) моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot a \cdot b^2$ .

фиг. 131.

Для квадратнаго сѣченія (фиг. 131) моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot a^3$ .

фиг. 132.

Для круглаго сѣченія (фиг. 132) моментъ крѣпости =  $\frac{\pi \cdot R}{32} \cdot d^3$ .

<sup>1)</sup> Также моментомъ крѣпости бруса.

Для эллиптического сѣченія (фиг. 133) моментъ крѣпости =  $\frac{\pi \cdot R}{32} \cdot a \cdot b^2$ . Черт. X.  
фиг. 133.

Для круглаго кольцеобразнаго сѣченія (фиг. 134) моментъ крѣпости =  $\frac{\pi \cdot R}{32} \cdot \frac{(d^4 - d'^4)}{d}$ . фиг. 134.

Для эллиптическаго кольцеобразнаго сѣченія (фиг. 135) моментъ крѣпости =  $\frac{\pi \cdot R}{32} \cdot \left( \frac{ab^3 - a'b'^3}{b} \right)$ . фиг. 135.

Для сѣченія формы, изображенной на фиг. 136, моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot \frac{a(b^3 - b'^3)}{b}$ . фиг. 136.

Для сѣченія формы, изображенной на фиг. 137, моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot \left( \frac{ab^3 - a'b'^3}{b} \right)$ . фиг. 137.

Для сѣченія формы, изображенной на фиг. 138, моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot \left( \frac{a'b'^3 + a(b^3 - b'^3)}{b} \right)$ . фиг. 138.

Для сѣченія формы, изображенной на фиг. 139, моментъ крѣпости =  $\frac{R}{6} \cdot \left( \frac{0,589 \cdot d^4 + a(b^3 - d^3) + a^2(b - d)}{b} \right)$ . фиг. 139.

Изъ этихъ формулъ выводятся слѣдующія практическія правила:

1) Относительная крѣпость двухъ брусевъ одинаковой длины но различныхъ *квадратныхъ* или *круглыхъ* сѣченій, пропорціональна кубу сторонъ или діаметровъ двухъ сѣченій. То есть что брусъ съ квадратнымъ сѣченіемъ, у котораго сторона  $2a$  (фиг. 140) и съ круглымъ сѣченіемъ, у котораго діаметръ  $2d$ , будутъ въ 8 разъ, соответственно, крѣпче чѣмъ брусъ съ сѣченіемъ  $a$  или брусъ съ сѣченіемъ  $d$ . фиг. 140.

2) Крѣпость двухъ брусевъ одинаковой длины, но различной величины прямоугольнаго сѣченія, прямо пропорціональна ширинѣ и прямо пропорціональна квадрату высотъ двухъ сѣченій. Отсюда, брусъ положенный на ребро выдерживаетъ большій грузъ чѣмъ положенный плашмя. Такъ что если призматическій брусъ перевернуть съ меньшей грани на большую (фиг. 141), то его сопротивленіе излому измѣнится въ отношеніи высоты къ ширинѣ, такъ какъ  $\frac{R}{6} \cdot a \cdot b^2 : \frac{R}{6} \cdot ba^2 = ab^2 : b \cdot a^2 = b : a$ . фиг. 141.

3) При равныхъ площадяхъ сѣченій круглаго и квадратнаго бруса, крѣпость ихъ относится приблизительно какъ 5 : 6; и такое же отношеніе должно быть между стороной квадрата и діаметромъ круга сѣченій для того чтобы оба бруса имѣли одинаковую крѣпость.

4) Крѣпость квадратной трубы относится къ крѣпости круглой, когда діаметръ послѣдней равенъ сторонѣ квадрата: при одинаковой толщинѣ стѣнокъ какъ  $16 : 3\pi = 1 : 0,59$  <sup>1)</sup>; при одинаковой же площади сѣченія стѣнокъ какъ  $4 : 3 = 1 : 0,75$ .

5) При одинаковыхъ площадяхъ сѣченій, брусъ пустой внутри имѣетъ большую крѣпость нежели сплошной, и крѣпость перваго тѣмъ больше, чѣмъ больше внутренній діаметръ въ сравненіи съ внѣшнимъ. Для чу-

<sup>1)</sup> Здѣсь  $\pi$  есть отношеніе окружности къ діаметру = 3,1415926.

гунныхъ колоннъ, напимѣрь, внутренній діаметръ обыкновенно дѣлають не болѣе  $\frac{5}{6}$  внѣшняго.

6) Сопротивленія подобныхъ тѣлъ пропорціональны квадратамъ линейныхъ измѣреній, или, что все равно, площадямъ сѣченій. Отсюда слѣдуетъ, что подобныя и изъ одинаковаго матеріала сдѣланныя машины тѣмъ крѣпче, въ сравненіи съ количествомъ употребленнаго матеріала, чѣмъ онѣ меньше; потому что количество матеріала, или вѣсъ машины, пропорціоналенъ кубу линейныхъ измѣреній, тогда какъ крѣпость пропорціональна только квадрату этихъ измѣреній. Такъ что если какая либо машина *A*, сдѣлана въ масштабѣ въ три раза меньшемъ нежели подобная ей машина *B*, то вѣсъ каждой отдѣльной части первой въ 27 разъ меньше, а крѣпость только въ 9 разъ меньше.

Общія условія выгодной формы сѣченія слѣдующія: а) матеріаль долженъ быть распределенъ по возможности дальше отъ нейтральной оси; б) матеріаль, который обнаруживаетъ одинаковое сопротивленіе относительно растяженія и сжатія, долженъ быть равномерно распределенъ по обѣ стороны нейтральнаго слоя; в) если сопротивленіе раздробленію больше нежели сопротивленіе разрыву, то нужно на сторонѣ, гдѣ волокны растягиваются, увеличить количество матеріала, т.-е. выше нейтральнаго слоя увеличить площадь сѣченія; г) такъ какъ прочность сѣченія пропорціональна ширинѣ и квадрату его высоты, то вообще выгодно увеличивать высоту сѣченія, имѣя при этомъ въ виду, чтобы сѣченіе обладало достаточнымъ сопротивленіемъ случайнымъ боковымъ давленіемъ.

Черт. X.  
• стр. 142.

Чтобы изъ круглаго бревна вытесать брусъ наибольшаго сопротивленія, то діаметръ его  $AD = d$  (фиг. 142) слѣдуетъ раздѣлить на три равныя части и изъ точекъ дѣленія возставить два перпендикуляра  $mC$  и  $nB$  къ діаметру  $AD$ . Прямоугольникъ  $ABCD$  будетъ сѣченіе бруса наибольшаго сопротивленія, ибо его стороны  $CD = a$  и  $BD = b$ , относятся къ діаметру  $d$  какъ  $\sqrt{1/3} : 1$  и  $\sqrt{2/3} : 1$ , а между собою какъ  $1 : \sqrt{2}$  или какъ 5 : 7.

Моментъ крѣпости этого бруса относится къ моменту крѣпости круглаго сѣченія съ діаметромъ  $d$  (т.-е. бревна) какъ 0.6534 : 1; слѣдовательно обтескою бревна въ брусъ  $ABCD$  теряется 34.66% сопротивленія. При обтескѣ бревна въ брусъ съ квадратнымъ сѣченіемъ, эта потеря сопротивленія доходитъ до 39,98%.

Теперь мы можемъ сдѣлать сравненіе сопротивленій бруса при различныхъ способахъ его укрѣпленія и различномъ распределеніи нагрузки.

Предположимъ, что давленіе, или грузъ, дѣйствуетъ перпендикулярно къ длинѣ бруса и назовемъ чрезъ  $P$ —величину груза производящаго переломъ бруса, или, все равно, величину временнаго сопротивленія бруса излому; чрезъ  $L$ —длину бруса; тогда  $P \cdot L$ —будетъ моментъ груза; и чрезъ  $F$ —моментъ крѣпости, или моментъ сопротивленія бруса излому, величина котораго, для различныхъ формъ сѣченія

указана нами выше. Тогда получимъ для наибольшаго груза  $P$ , которому брусъ способенъ сопротивляться въ различныхъ случаяхъ, слѣдующія формулы:

I. Когда одинъ конецъ бруса укрѣпленъ въ стѣнѣ, а на другой конецъ дѣйствуетъ грузъ то  $P = \frac{F}{L}$  (фиг. 142). Черт. X.  
фиг. 142.

II. Одинъ конецъ укрѣпленъ, грузъ распределенъ равномерно по длинѣ:  $P = 2 \frac{F}{L}$  (фиг. 143). 143.

III. Срединна бруса подперта и оба конца: его одинаково нагружены:  $P = 4 \frac{F}{L}$  (фиг. 144). 144.

IV. Оба конца подперты, грузъ приложенъ въ срединѣ:  $P = 4 \frac{F}{L}$  (фиг. 145). 145.

V. Оба конца подперты, грузъ распределенъ равномерно по длинѣ:  $P = 8 \frac{F}{L}$  (фиг. 146). 146.

VI. Оба конца укрѣплены въ стѣнахъ, грузъ дѣйствуетъ въ срединѣ:  $P = 8 \frac{F}{L}$  (фиг. 147). 147.

VII. Оба конца укрѣплены въ стѣнахъ, грузъ распределенъ равномерно по длинѣ:  $P = 12 \frac{F}{L}$  (фиг. 148). 148.

VIII. Оба конца подперты, грузъ находится на разстояніяхъ  $m$  и  $n$  отъ двухъ точекъ опоры, такъ что  $m + n = L$ ;  $P = \frac{L^2}{m \cdot n} \cdot \frac{F}{L}$  (фиг. 149), причемъ давленіе на подпору въ разстояніи  $m$  равно  $\frac{n}{L} \cdot P$ ; а давленіе на подпору въ разстояніи  $n$  отъ точки приложенія груза равно  $\frac{m}{L} \cdot P$ . Наибольшее давленіе происходитъ на ту подпору, которая ближе къ точкѣ приложенія груза. 149.

IX. Оба конца подперты и на разстояніи  $m$  отъ каждой подпоры дѣйствуютъ грузы  $P$  и  $P$  (какъ напр. въ осяхъ повозокъ, экипажей, вагоновъ):  $P = \frac{F}{m} = \frac{L}{m} \cdot \frac{F}{L}$  (фиг. 150). фиг. 150

Сравнивъ всѣ результаты предыдущихъ формулъ, найдемъ что для случаевъ I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII и IX, нагрузки относятся какъ числа: —  $1 : 2 : 4 : 8 : 12 : \frac{L^2}{m \cdot n} : \frac{L}{m}$ . То есть что напримѣръ въ случаѣ II, брусъ въ состояніи выдержать грузъ вдвое болѣе чѣмъ въ случаѣ I; въ случаѣ V, въ 8 разъ болѣе чѣмъ въ I; въ случаѣ VII въ 12 разъ болѣе нежели въ случаѣ I и т. д.

Если мы желаемъ ввести въ вычисленіе и вѣсъ самаго бруса, то предполагая величину и форму его сѣченія одинаковою по всей длинѣ и называя вѣсъ бруса черезъ  $p$ , слѣдуетъ во всѣхъ девяти случаяхъ вмѣсто  $P$  вставить въ формулы величину  $P + \frac{1}{2} p$ .

Если въ предыдущія формулы вставить вмѣсто  $F$  различные моменты крѣпости, соотвѣтствующіе различнымъ формамъ сѣченій, то получимъ грузъ, который выдерживаетъ брусъ въ различныхъ случаяхъ изъ различнаго матеріала и при различныхъ, наиболѣе встрѣчающихся

въ практикѣ, формахъ сѣченія. Такъ для случая I и для круглаго сѣченія имѣли бы  $P = \frac{R\pi}{32} \cdot \frac{d^3}{L}$ ; для случая IV и прямоугольнаго сѣченія имѣли бы  $P = 8 \cdot \frac{R}{6} \cdot \frac{a \cdot b^3}{L}$ , и т. д. При этомъ, для *прочнаго сопротивленія* должно принимать для  $R$  слѣдующія величины: 1) для дерева вообще  $R = 35$  пудовъ на квадратный дюймъ площади сѣченія; 2) для желѣза  $R = 300$  пудовъ и 3) для чугуна  $R = 100$  пуд.

При вычисленіяхъ по этимъ формуламъ, всѣ длины, какъ напр.  $L, d, a, b, m, n$ , должны быть численно выражаемы въ дюймахъ; величина же груза  $P$ , который брусъ можетъ *прочно* выдерживать, получится въ пудахъ.

*Величина сгибанія бруса.* Въ разсмотрѣнныхъ выше различныхъ положеніяхъ бруса, вслѣдствіе дѣйствія на него груза, брусъ дастъ всегда нѣкоторый прогибъ; прогибъ получается и безъ посторонняго груза, а лишь вслѣдствіе вѣса самаго бруса и большей или меньшей упругости и гибкости самаго матеріала. Упругостью дерева называютъ то свойство его древесныхъ волоконъ, вслѣдствіе котораго дерево, послѣ прекращенія растяженія, сжиманія и сгибанія, возстановляетъ вполнѣ свою прежнюю форму и объемъ. Какъ степень, такъ и предѣлы упругости не у всѣхъ древесныхъ породъ одинаковы, и часто не бываютъ одинаковы въ деревьяхъ одного и того же рода, мѣняясь съ возрастомъ дерева, климатомъ и мѣстомъ его произрастанія. Дерево болѣе упруго, когда годичные его слои тоньше и ближе расположены одинъ къ другому; когда оно срублено осенью; когда срублено въ среднемъ возрастѣ; когда лучше просушено. Наименѣе упруго дерево зимней рубки; отъ вымачиванія въ водѣ степень упругости въ деревѣ уменьшается. Упругость дерева выражается слѣдующими *относительными* числами:

Вязъ . . . . .	100	Тополь . . . . .	60
Лиственница, береза, пихта . . . . .	95	Дубъ . . . . .	47
Сосна, ель, ясень . . . . .	86	Ольха . . . . .	40
Букъ, осина . . . . .	80	Ива . . . . .	38

Если одинъ конецъ бруса укрѣпленъ такъ, чтобы брусъ находился въ горизонтальномъ положеніи и если къ другому, свободному его концу, будетъ привѣшенъ грузъ  $P$ , то величина пониженія конца бруса, или *стрѣлка изгиба* — и бруса, будетъ: 1) для бруса (фиг. 152), котораго длина  $L$  съ прямоугольнымъ сѣченіемъ:  $u = 4 \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{L^3}{a \cdot b^3}$ ; 2) для бруса съ сѣченіемъ (фиг. 153),  $u = 4 \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{L}{a(b^3 - b'^3)}$ ; 3) для круглаго сплошнаго сѣченія, котораго діаметръ  $d$ ,  $u = 4 \cdot \frac{64}{3 \cdot \pi} \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{L^3}{d^4}$ , и 4) для круглаго кольцеобразнаго сѣченія, въ которомъ  $d$  наружный и  $d'$  внутренній діаметръ,  $u = \frac{64}{3 \cdot \pi} \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{L^3}{d^4 - d'^4}$ . Для бруса съ квадратнымъ сѣченіемъ нужно только въ первой формулѣ положить  $a = b$  и тогда  $u = 4 \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{L^3}{a^4}$ . При вычисленіяхъ по этимъ формуламъ, какъ длина

Черт. XI.  
 фиг. 151.  
 фиг. 152.  
 фиг. 153.



бруса  $L$ , такъ и всѣ линейныя измѣренія сѣченій должны быть выражаемы въ дюймахъ; грузъ  $P$  въ пудахъ, а величина  $E$  коэффициента упругости должна быть принимаема: для дерева вообще въ 50.000; для желѣза въ 720.000; для чугуна въ 350.000 и для мягкой стали въ 800.000. Величина  $u$  — стрѣлки изгиба, получится въ дюймахъ.

Отъ собственнаго вѣса брусъ прогибается на  $\frac{3}{8}$  того сгибанія, которое онъ принялъ бы, если бы грузъ, равный вѣсу бруса, былъ привѣшенъ къ его свободному концу.

Величины прогибовъ одного и того же бруса, въ случаяхъ отъ I до VII и при дѣйствіи груза производящаго переломъ бруса, относятся между собою:

I, II, III, IV, V, VI, VII какъ числа:

$$1 : \frac{3}{4} : \frac{1}{4} : \frac{1}{4} : \frac{5}{16} : \frac{1}{6} : \frac{3}{32}.$$

Чтобы вычислить полную величину сгибанія бруса, какъ, вслѣдствіе дѣйствія груза  $P$ , такъ и вслѣдствіе тяжести самаго бруса, слѣдуетъ сначала, по вышеприведеннымъ формуламъ, опредѣлить величину  $u$  въ зависимости отъ груза  $P$ ; потомъ по той же формулѣ вычислить величину прогиба  $u'$ , замѣнивъ  $P$  вѣсомъ бруса; тогда весь прогибъ будетъ равенъ  $u + \frac{3}{8} u'$ .

4. *Сопrotивленіе дерева крученію.* Хотя собственно при устройствѣ плотинъ дерево не подвергается крученію, но оно подвергается ему въ валахъ гидравлическихъ пріемниковъ и потому для полноты изложенія сопротивленія матеріаловъ, мы коротко изложимъ и опредѣленіе сопротивленія дерева крученію.

Если  $ABA'B'$  будетъ цилиндрической брусъ (фиг. 154), конецъ котораго  $A'B'$  укрѣпленъ неподвижно, а къ другому концу  $AB$  прикрѣплено колесо, или вообще рычагъ  $OD = R$ , на конецъ  $D$  котораго, перпендикулярно къ плечу  $OD$  дѣйствуетъ сила, или грузъ  $P$ , то  $P \cdot R$  будетъ моментъ силы производящей скручиваніе бруса. Если діаметръ  $AB$  бруса, вслѣдствіе крученія, перемѣстится въ положеніе  $CE$ , то уголъ  $AOC$ , или все равно дуга  $\theta$ , на разстояніи единицы длины отъ центра  $O$  (т.-е. описанная радіусомъ въ одинъ дюймъ) будетъ выражать уголъ, или дугу крученія, т.-е. величину крученія.

Черт. XI.  
сл. 154.

Опыты показали, что величина дуги  $\theta$ , или величина крученія, прямо пропорціональна величинѣ момента  $PR$ , длинѣ бруса  $L$  и обратно пропорціональна четвертой степени діаметра  $d$  бруса если брусъ круглый, и обратно пропорціональна четвертой степени бока  $a$  квадрата, если форма сѣченія бруса квадратная. Когда брусъ скрученъ на величину  $\theta$ , то волокно  $AA'$  на поверхности бруса приметъ положеніе  $A'C$ . При увеличеніи момента  $PR$  (т.-е. при увеличеніи силы  $P$  или увеличеніи рычага  $R$ ), изломъ произойдетъ отъ того, что волокна ближайшія къ поверхности бруса, скручиваясь винтообразно, и какъ наиболѣе скручиваемыя, разрываются.

Если назовемъ чрезъ  $T$  величину силы въ пудахъ, которая при крученіи въ состояніи разорвать на поверхности бруса сѣченіе въ одинъ квадратный дюймъ, то выражая  $P$  въ пудахъ и  $R$  въ дюймахъ, полу-

чимъ величину момента разрыва для круглаго, цилиндрическаго бруса діаметромъ  $d$  дюймовъ.

$P \cdot R = \frac{\pi}{16} \cdot T \cdot d^3 = 0,19635 \cdot T \cdot d^3$ ; и для бруса съ квадратнымъ сѣченіемъ, котораго сторона квадрата равна  $a$ :

$$P \cdot R = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot T \cdot a^3 = 0,23571 \cdot T \cdot a^3.$$

Если площади сѣченій квадратнаго и круглаго брусевъ равны между собою, то ихъ моменты разрыва относятся какъ числа 0.83 : 1; слѣдовательно при той же величинѣ площади сѣченія, круглый брусъ крѣпче квадратнаго. Для *прочнаго сопротивленія крученію*, величина для  $T$  принимается: для дуба и сосны отъ 5 до 10 пудовъ на квадратный дюймъ сѣченія; для желѣза отъ 80 до 160 пудовъ и для чугуна отъ 26 до 50 пудовъ, смотря по качеству матеріала.

5) *Живое, или динамическое сопротивленіе дерева*. Хотя мы разсматривали выше сопротивленіе дерева въ различныхъ условіяхъ и положеніяхъ, въ которыхъ оно чаще находится при употребленіи въ строительномъ дѣлѣ, но при этомъ мы всегда предполагали, что сила или грузъ дѣйствуютъ на дерево только давленіемъ, не производя при этомъ никакого удара или сотрясенія и вообще никакой механической работы. Но въ нѣкотораго рода сооруженіяхъ, какъ напр. въ проѣздныхъ мостахъ, въ сливныхъ мостахъ водоспусковъ, дерево, какъ строительный матеріалъ, можетъ подвергнуться не только давленіямъ, но ударамъ и сотрясеніямъ, и въ этихъ случаяхъ сопротивленіе дерева можетъ оказаться инымъ чѣмъ при простомъ давленіи. Сопротивленіе, или крѣпость матеріаловъ вообще, когда сила, или грузъ производятъ на нихъ не одно давленіе, но ударъ или сотрясеніе, или когда матеріалы подвергаются дѣйствію механической работы силы, называются *живымъ сопротивленіемъ*, или *динамической крѣпостью* матеріаловъ. въ отличіе отъ *статической крѣпости*, которой обладаютъ матеріалы при простомъ давленіи.

Какъ теоретическая такъ и опытная часть по живому сопротивленію матеріаловъ еще мало разработана; поэтому, не вдаваясь въ разсмотрѣніе этого рода сопротивленій, мы укажемъ здѣсь только нѣкоторые общіе выводы. Изъ формулъ для живаго сопротивленія растяженію, сжатію, изгибу, излому и крученію оказывается: 1) что живое сопротивленіе бруса пропорціонально его объему и не зависитъ отъ отдѣльныхъ измѣреній, напр. формы и размѣровъ площадей сѣченій; 2) что живое сопротивленіе прямо пропорціонально квадрату коэффициента статической крѣпости (или квадрату временнаго сопротивленія: растяженію, сжатію, изгибу, излому и крученію) и обратно пропорціонально коэффициенту упругости. Причемъ предполагается, что измѣненіе формы тѣла, до самаго момента разрыва, остается пропорціональнымъ силѣ, и что живая сила, дѣйствующая на тѣло при ударѣ, мгновенно распространяется на всю массу тѣла.

Слѣдующіе примѣры лучше объясняютъ эти выводы. Двѣ желѣзныя цѣпи, выкованныя изъ одинаковаго качества желѣза и составленныя изъ совершенно одинаковыхъ по величинѣ размѣрамъ и формамъ звеньевъ,

имѣютъ одинаковую *статическую крѣпость*, т.-е. при растяженіи ихъ постояннымъ, неподвижнымъ грузомъ, оказываютъ одинаковое сопротивленіе. Но если одна изъ цѣпей втрое длиннѣе другой, то при быстромъ порывѣ, напр. при паденіи прикрѣпленнаго къ нимъ груза, при порывѣ вѣтра на судно, стоящее на якорѣ съ цѣпнымъ канатомъ, длинная цѣпь окажетъ втрое бѣльшее живое сопротивленіе, потому что объемъ (или что все то же, вѣсъ ея) втрое больше. Если звенья одной цѣпи имѣютъ вдвое меньшую площадь сѣченія противъ другой, но которая вдвое длиннѣе, то обѣ цѣпи окажутъ одинаковое живое сопротивленіе, потому что объемы ихъ равны; тогда какъ статическая крѣпость первой вдвое болѣе второй.—Брусъ съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, у котораго ширина втрое больше толщины, статически втрое крѣпче, когда лежитъ на подпорахъ на ребро, а не плашмя; если же на него падаетъ грузъ съ какой нибудь высоты, то въ обоихъ положеніяхъ будетъ одинаковая вѣроятность излома отъ удара, такъ какъ объемъ бруса остается тотъ же.

Если цѣпные и въ особенности проволочные висячіе мосты достаточно прочны въ статическомъ отношеніи, то въ отношеніи живаго сопротивленія они рѣдко имѣютъ надлежащую прочность, потому что именно тѣ части, которыя подвержены дѣйствию живой силы при ударахъ и сотрясеніяхъ—цѣпи и проволочные канаты—имѣютъ малый объемъ.

Напримѣръ кожа въ статическомъ отношеніи въ 13 разъ слабѣе, а въ динамическомъ въ 12 разъ прочнѣе желѣза. При растяженіи, динамическая крѣпость чугуна въ  $42\frac{1}{2}$  раза болѣе его статической крѣпости; при растяженіи, желѣзо статически втрое, а динамически въ пять разъ крѣпче чугуна. При раздробленіи отъ сжиманія, статическая крѣпость чугуна въ  $1\frac{1}{2}$  раза, а динамическая въ пять разъ болѣе статической крѣпости желѣза въ тѣхъ же условіяхъ. Такимъ образомъ матеріалы обнаруживаютъ совершенно иное живое сопротивленіе, сравнительно съ ихъ статическою крѣпостью, такъ что размѣры частей такой постройки, которая подвержена ударамъ и сотрясеніямъ, или вообще дѣйствию живыхъ силъ и слѣдовательно механической работѣ, не должны быть опредѣляемы только по правиламъ статической крѣпости.

Такъ напримѣръ, для деревянныхъ частей сооружений изъ рудовой сосны, подвергаемыхъ растяженію или изгибу, безъ сотрясеній и ударовъ, допускается отъ 32 до 36 пуд. груза на квадратный дюймъ сѣченія; при *обыкновенныхъ сотрясеніяхъ*, напр., въ проѣзжихъ для экипажей мостахъ, допускается только отъ 24 до 28 пуд. грузу на квадратный дюймъ; при поперечномъ изгибѣ и *сильныхъ сотрясеніяхъ*, какъ напр. для балокъ и поперечинъ желѣзнодорожныхъ мостовъ, отъ 18 до 20 пудовъ и лишь при отличномъ качествѣ матеріала до 24 пудовъ на квадратный дюймъ сѣченія.

При отличномъ качествѣ матеріаловъ, въ балкахъ, ногахъ стропильныхъ фермъ, особенно при необходимости уменьшенія измѣреній, **напъ**женіе частей, безъ сотрясеній, доводится до 40 пуд. на квадратный дюймъ, а при сотрясеніяхъ никогда болѣе 32 пудовъ.

При сильных сотрясеніяхъ, образующихся въ деревянныхъ балочныхъ фермахъ желѣзнодорожныхъ мостовъ, по *Журавскому*, допускается: при сжатіи поперекъ волоконъ, для сосны—8 пуд., для дуба—15 пуд.; при скалываніи вдоль слоевъ, для сосны—4 пуд., для дуба—6 пуд.; при перерѣзаніи поперекъ слоевъ, для дубовыхъ нагелей—около 12 пуд.; при смятіи врубокъ въ соснѣ, при глубинѣ врубки въ 1 дюймъ—20 пуд., а при глубинѣ врубки отъ 1½ до 2 дюймовъ—15 пудовъ. При болѣе слабыхъ сотрясеніяхъ, какъ напр., въ мостахъ для проѣзда экипажей, шоссеиныхъ и др. эти данныя можно увеличить на 30 до 40%.

	Безъ сотрясенія.		Обыкновенное сотрясеніе.		Сильное сотрясеніе.
Для желѣзныхъ частей:					
Допускается при растяж.	320	пуд.	280	пуд.	240 пуд.
„ „ сжатіи	240	„	200	„	180 „
Для чугунныхъ частей:					
Допускается при растяж.	100—120	„	60—80	„	не допу-
„ „ сжатіи	320—400	„	180—300	„	скается.

Мы окончимъ разсмотрѣніе дерева, какъ строительнаго матеріала, оцѣнкою качествъ дерева на корнѣ и въ заготовленныхъ матеріалахъ.

*Признаки доброкачественности лѣса на корнѣ:* стволъ прямой, близкій въ цилиндрической формѣ (мало захвостованный), вершина не слишкомъ развѣтвленная и округленная, длинныя и рѣдкія сучья, свѣжая густая зелень, кора здоровая и однородная по сложенію и цвѣту, смотря по породѣ; когда растеть на возвышенномъ, а не на сыромъ мѣстѣ, на почвѣ скорѣе тощей, чѣмъ плодородной. Кудрявая и расширенная вершина у дерева указываетъ на прекращеніе его роста, а подсыханіе малыхъ сучьевъ, ближайшихъ къ вершинѣ, что дерево на отходѣ.

*Признаки недоброкачественности или порчи дерева на корнѣ:* дерево фаутно. или порочно. когда въ немъ есть дупло, гниль, трещины, изъ которыхъ течеть сокъ или смола; когда есть табачные (гнилые) сучья, червоточины, слѣды долбежей дятловъ, грибы, наросты и утолщенія; стволъ искривленъ или скрученъ; когда кора лупится или растрескалась, или же покрыта значительнымъ количествомъ лишаявъ и мха; когда листья или иглы свернулись, мѣняются цвѣтъ, до времени желтѣютъ и краснѣютъ, или дерево роняетъ ихъ до осени. Лѣсъ горѣлый, хотя много лѣтъ тому назадъ, даетъ порченное дерево, которое представляя внѣшность ствола здоровымъ, чаще имѣетъ гниль внутри.

*Признаки доброкачественности лѣса въ бревнахъ, брусьяхъ и дру-*  
*гаго рода строительныхъ матеріалахъ:* однородность древесины по составу и цвѣту, отсутствіе заболони, прямизна волоконъ, звонкость, упругость, твердость и плотность; легкій разрѣзъ пилою при маломъ ея разводѣ; мелкія и сухія опилки; тонкія стружки должны быть гибки и крѣпки, не легко ломаться при сгибаніи ихъ въ стороны и въ изломѣ представлять мелко-зубчатые, волокнистые края; цвѣтъ древесины ровный, для дуба свѣтло-желтый; а для лучшей сосны розовый, перехо-

дящій въ красноватый. Дерево недавней рубки должно имѣть запахъ свѣжій и пріятный, а давней—вообще не имѣть запаха, кромѣ чисто-смолистаго для хвойнаго лѣса.

Вполнѣ доброкачественное внутри бревно, или брусъ, положенные концами на подкладки такъ, что въ остальной части находятся на вѣсу, даютъ чистый и сильный звукъ, если въ одинъ торець ударяютъ молоткомъ, а къ противоположному торцу прикладываютъ ухо. При внутренней порчѣ дерева звукъ получается глухой и неясный.

*Признаки недоброкачественности лѣса въ матеріалѣ:* непрямо-слои́ность, суковатость, мягкость и дряблость древесины съ широкими годичными слоями; волокнистость, мягкія опилки; требованіе пилы широкаго развода; трещины, гниль, червоточины; цвѣтъ дуба красноватый, или очень темный; а хвойнаго лѣса—блѣдный, переходящій въ синеватый <sup>1)</sup>.

# ОТДѢЛЪ ПЯТЫЙ.

## ПРОИЗВОДСТВО РАБОТЪ УПОТРЕБЛЯЕМЫХЪ ПРИ УСТРОЙСТВѢ ПЛОТИНЪ.

### ГЛАВА X.

#### ЗЕМЛЯНЫЯ, КАМЕННЫЯ И ПЛОТНИЧНЫЯ РАБОТЫ.

**31. Земляныя работы.**—Этого рода работы производятся, какъ при устройствѣ земляныхъ насыпей плотинъ, такъ и при устройствѣ приводныхъ и отводныхъ каналовъ; къ землянымъ работамъ принадлежатъ также выемки земли и грунта подъ основаніями плотинъ и водоспусковъ, засыпки ряжевыхъ срубовъ и пространствъ подъ понурными и сливными полами; откопка земли около старыхъ водоспусковъ при замѣнѣ ихъ новыми и т. п.

Въ общемъ видѣ, всякая земляная работа состоитъ въ перемѣщеніи извѣстнаго объема земли съ одного мѣста на другое и слагается: изъ выемки земли и отброса ея на извѣстное разстояніе или на извѣстную высоту, или переноса или перевозки ея на извѣстное разстояніе по горизонтальному или наклонному пути; или подъема ея на извѣстную высоту. Такъ, для возведенія насыпи, земля вынимается изъ грунта и перемѣщается въ насыпь: при устройствѣ канала дѣлается то же; но въ первомъ случаѣ цѣль работы есть насыпь, а во второмъ—чаще выемка; а потому въ первомъ случаѣ тщательность работы должна соблюдаться въ насыпи, а во второмъ частію въ выемкѣ и частію въ насыпи, такъ какъ при проведеніи канала должно по возможности стараться чтобы объемы его выемокъ были равны объемамъ насыпей, для уменьшенія земляной работы.

При устройствѣ землянаго полотна шоссе или желѣзной дороги, какъ насыпь, такъ и выемка, составляютъ главную цѣль работы; и какъ равенство объемовъ насыпей съ выемками уменьшаетъ количество работы, то это равенство ставится однимъ изъ условій составленія проекта. Но иногда разстояніе насыпи отъ выемки можетъ быть такъ далеко, что выгоднѣе отвести вынутую землю въ сторону и вынуть для насыпи другую, въ ближайшемъ отъ нея разстояніи. То же самое можно ска-

затѣ и при устройствѣ канала. Но возведеніе насыпи для плотины, когда желаютъ чтобы тѣло плотины имѣло надлежащую плотность, непроницаемость и связность въ своихъ частяхъ, нельзя подводить подъ общія правила гуртовыхъ земляныхъ работъ, производимыхъ при возведеніи насыпей шоссе и желѣзныхъ дорогъ. При этихъ работахъ, перемѣщеніе земли изъ выемки въ насыпь дѣлается безъ сортировки ея, наблюдая лишь для каждаго объема земли въ выемкѣ кратчайшій путь перемѣщенія его въ насыпь; въ плотинахъ же необходимо выборъ качества земли и надлежащее распредѣленіе земли по ея качествамъ въ самой насыпи; причемъ необходимо производство насыпи слоями, съ усиленнымъ утрамбованіемъ каждаго слоя. При возведеніи насыпей шоссе и желѣзныхъ дорогъ берутся всѣ ближайшія къ линіи земли, хотя бы онѣ находились подъ усадьбами, садами и строеніями. При устройствѣ же плотинъ, кромѣ выбора земли надлежащаго качества, иногда невозможно брать ближайшую землю, если возведеніе насыпи производится при селеніи или въ самомъ селеніи; тогда приходится привозить землю съ нѣкотораго разстоянія, гдѣ выемка ея не нарушаетъ ни чьихъ интересовъ и не представляетъ значенія въ хозяйственномъ отношеніи для самого владѣльца. Условіе это чрезвычайно важно и на него необходимо обращать особенное вниманіе, такъ какъ оно можетъ значительно возвысить стоимость работъ, вслѣдствіе значительнаго разстоянія перевозки очень большаго груза. При проведеніи приводнаго канала, важное значеніе имѣетъ ровность или неровность мѣстности и свойство грунта, въ смыслѣ непроницаемости и трудности въ немъ работы. Если мѣстность слишкомъ волниста и перерѣзана оврагами и балками, то самое проведеніе канала дѣлается невозможнымъ, вслѣдствіе слишкомъ большой стоимости сооруженія; то же самое можно сказать и при совершенно пропусьномъ грунтѣ.

За единицу мѣры при всѣхъ, собственно земляныхъ работахъ, принимается *одна кубическая сажень* вынимаемой и перемѣщаемой съ одного мѣста на другое земли. Средній вѣсъ одной кубич. сажени земли обыкновенно принимается въ 1000 пудовъ<sup>1)</sup>. Плата за земляную работу обыкновенно устанавливается и производится по столько-то за каждую кубическую сажень земли.

Исчисленіе количества кубическихъ сажень земли, потребныхъ на производство какой-либо земляной работы, производится геометрическимъ измѣреніемъ объема этой работы; т.-е. при сооруженіи земляной насыпи плотины — объемомъ тѣла насыпи, или объемомъ выемки земли, потребной для возведенія насыпи; при сооруженіи канала — объемомъ вынутой, или насыпанной земли. Въ „Урочномъ Положеніи“ число рабочихъ, потребное для копанія одной кубической сажени земли разнаго рода, опредѣлено по объему земли, занимаемому ею, до выемки ея, въ плотномъ тѣлѣ. Такъ какъ земля вынутая изъ грунта ложится въ

<sup>1)</sup> По степени сырости, вѣсъ земли измѣняется отъ 2½ до 3½ пуд. въ одномъ кубическомъ футѣ.

насыпи рыхлѣе, чѣмъ она лежала въ грунтѣ, то если количество работы опредѣляется по насыпи, то изъ объема послѣдней, для полученія объема первой слѣдуетъ вычитать: 1) при плавучемъ, глинистомъ или песчаномъ грунтѣ—5% отъ объема насыпи (т.-е. что въ 100 кубич. саженьхъ насыпи будетъ заключаться только 95 саж. плотнаго грунта, или, что вынувъ изъ выемки объемъ земли въ 95 куб. саж., въ насыпи онъ дастъ объемъ въ 100 куб. сажень); 2) для песка, смотря по его чистотѣ, крупности и влажности—отъ 10 до 15%; 3) для глинистой земли, смѣшанной съ пескомъ, гравіемъ, а также при грунтахъ щебенистомъ и каенистомъ—отъ 15 до 20%; 4) для твердыхъ плотныхъ глинъ—отъ 20 до 25%; 5) для растительной и торфяной земли—отъ 25 до 33%. Такимъ образомъ приращеніе объема различно для различныхъ земель; среднимъ числомъ принимаютъ, что объемъ въ насыпи увеличивается на  $\frac{1}{6}$  часть противъ объема выемки. Напротивъ, жидкій иль, обсохшій послѣ его выемки изъ грунта, уменьшается въ объемѣ до 30%. Отъ утрамбованія, объемъ насыпи уменьшается, смотря по грунту и степени утрамбованія, отъ 5 до 15%.

*Умфенбахъ* говоритъ, что растительная земля увеличивается въ объемѣ, послѣ вынутія изъ грунта, почти на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  объема, который она занимала въ грунтѣ, и сколько ее въ насыпи ни утрамбовываютъ, все еще объемъ вынутой земли будетъ отъ  $\frac{1}{12}$  до  $\frac{1}{8}$  болѣе объема ея въ грунтѣ. Другіе роды грунтовъ, по *Умфенбаху*, увеличиваются въ объемѣ отъ 10 до 14%.

Насыпная земля садится, сжимаясь отъ собственнаго вѣса; чѣмъ выше насыпь будетъ возведена за разъ, тѣмъ болѣе будетъ осадка. Эта осадка продолжается отъ 1 до 2 лѣтъ, пока земля въ насыпи не приметъ плотности естественнаго грунта. Въ зависимости отъ свойства земли и способа насыпки, осадка насыпей бываетъ рѣдко менѣе  $\frac{1}{12}$  и болѣе  $\frac{1}{5}$  первоначальной высоты. Если желаютъ, чтобы насыпь по возведеніи ея весьма мало или вовсе не осѣдала отъ своего сжиманія, то насыпку ея производить горизонтальными слоями, толщиной отъ 6 до 10 дюймовъ и каждый слой трамбовать ручными трамбовками, вѣсомъ каждая до одного пуда. Катки менѣе сжимаютъ землю нежели ручныя трамбовки.

Если насыпь дѣлается изъ песка или хряща, въ которыхъ не содержится много земли, то трамбованіе ея бесполезно, потому что эти матеріалы несжимаемы и осадка не дадутъ.

Никогда не можетъ быть хорошо, если въ какой-либо насыпи, а тѣмъ болѣе въ насыпи плотины, которую приходится насыпать изъ разнородныхъ грунтовъ, всѣ эти грунты перемѣшать между собою. Гораздо лучше сортировать землю еще въ самой выемкѣ и лучшаго рода грунтъ употреблять, или на ядро, или на образованіе откосовъ. Глину и суглинокъ лучше всего употреблять въ ядро насыпи; растительная земля хороша только для низоваго откоса плотины, когда этотъ откосъ укрѣпляютъ посѣвомъ травъ или дернованіемъ; песокъ и хрящъ—лучшій грунтъ для верховаго откоса. Для насыпей не должно употреблять мерз-



лую землю и слѣдовательно производить работу во время морозовъ; мерзлая земля, растаявъ, уменьшается въ объемѣ; осадка насыпи изъ такой земли будетъ большая и неравномѣрная и будетъ продолжаться неопредѣленное время.

Иногда осадка насыпи происходитъ отъ грунта на которомъ ее возводятъ; въ этомъ случаѣ землю насыпаютъ до тѣхъ поръ, пока насыпь перестанетъ осѣдать и будетъ сохранять проектную высоту. Глинистые, торфяные, моховые и въ особенности болотные грунты, весьма часто садятся довольно значительно подъ тяжестью возведенной на нихъ насыпи и выпучиваются по обѣ ея стороны. Были примѣры, что высокія насыпи осѣдали сажени на 2 и на 3 и растрескивались по всей своей длинѣ. Если можно предвидѣть, не только весьма большой осадокъ грунта, но и провалы насыпи, какъ случается въ болотныхъ грунтахъ, тогда кладутъ подъ насыпь фашинную гать, которая будетъ передавать давленіе равномѣрнѣе на поверхность грунта и не допустить насыпь, размокнувъ, погрузиться частями въ болото.

Въ искусственномъ отношеніи, производство насыпей вообще легче чѣмъ выемокъ, потому что присыпки еще довольно хорошо соединяются съ насыпной землею, между тѣмъ, если отъ недосмотра строителя зароятся за проектную поверхность въ выемкѣ, то не только трудно, а иногда и вовсе невозможно прочно соединить присыпку съ грунтомъ. Хотя и въ насыпи, всегда лучше пересыпать, чѣмъ недосыпать землю, чтобы при окончательной отдѣлкѣ немного срѣзать, а не присыпать землю.

Для того чтобы вычислить количество куб. саженой земли, которое нужно употребить въ земляную насыпь плотины, необходимо опредѣлить геометрически объемъ этой насыпи. Если склоны долины, на которыхъ лежитъ подошва насыпи, представляютъ ровные, односкатные уклоны, какъ  $mn$  и  $m'n'$  и если  $no$   $o'n'$  представляетъ въ разрѣзѣ мѣсто, занимаемое водоспускомъ, а части  $mon$   $m'o'n'$  продольные разрѣзы земляной насыпи, то каждую такую часть насыпи можно разсматривать какъ состоящую изъ трехугольной призмы  $A$  и двухъ пирамидъ  $B$  и  $C$  съ трехугольнымъ основаніемъ. Если длина  $om = 20$  саж., высота  $on = 2$  саж., ширина гребня  $op$  плотины  $= 3$  саж., то объемъ призмы  $A = \frac{om \cdot on}{2} \cdot op = \frac{20 \cdot 2 \cdot 3}{2}$  кубич. саж.  $= 60$  куб. саж. Если верховой откосъ  $C$  будетъ двойной, а низовой  $B$ —одинокой, то объемъ пирамиды  $C$  будетъ  $\frac{on \cdot 2on}{2} \cdot \frac{1}{3} om = \frac{on^2 \cdot om}{3} = \frac{4 \cdot 20}{3} = 26,67$  куб. саж., а объемъ пирамиды  $B = \frac{on \cdot on}{2} \cdot \frac{1}{3} om = \frac{4 \cdot 20}{6} = 13,33$  куб. саж. слѣдовательно объемъ всей части насыпи  $mon = 60 + 26,67 + 13,33$  куб. саж.  $= 100$  куб. саж. Точно также опредѣлится и объемъ другой части насыпи  $m'o'n'$ . Если же скаты долины представляютъ большую неправильность, тогда предположимъ, что будущее тѣло насыпи будетъ пересѣчено поперечными вертикальными плоскостями  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$  и т. д., въ разстояніи напр. одной сажени одна отъ другой, то въ каждомъ такомъ сѣченіи

Черт. XI.  
•нг. 155.

Черт. XI.  
•нг. 156.

получится площадь трапеции. Зная ширину верхнего гребня и величину уклоновъ, которые желаемъ дать откосамъ плотины, а изъ нивелировки опредѣливъ высоты  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ... и т. д., можемъ начертить на бумагѣ площадь такой трапеции и вычислить каждую площадь въ квадратныхъ саженьяхъ. Затѣмъ взявъ среднюю арифметическую величину изъ двухъ площадей трапецій  $aa'$  и  $bb'$  и умноживъ эту среднюю площадь на разстояніе  $ab$  между двумя трапеціями  $aa'$  и  $bb'$  (которое въ настоящемъ случаѣ мы предположили равнымъ одной сажени), получимъ объемъ части насыпи, заключающейся между этими двумя сѣченіями  $aa'$  и  $bb'$  и который будетъ заключать въ себѣ столько куб. саженей, сколько заключается квадратныхъ саженей въ площади средней трапеции. Точно такимъ же образомъ, взявъ среднюю арифметическую между площадями трапецій  $bb'$  и  $cc'$ , получимъ объемъ насыпи между двумя сѣченіями  $bb'$  и  $cc'$  и т. д. Очевидно, чѣмъ ближе мы будемъ дѣлать сѣченія  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ... и т. д. между собою, тѣмъ точнѣе опредѣлится объемъ всей насыпи. Очевидно также, что для этого опредѣленія объема можетъ быть примѣнена формула *Симпсона*, указанная нами въ ст. 49, при опредѣленіи объема водохранилища. Тотъ же самый приемъ можетъ быть употребленъ и при опредѣленіи объема выемки канала, поперечныя сѣченія котораго также будутъ трапеціи. Но обыкновенно землю насыпи не кладутъ прямо на склоны долины, въ особенности же если они недостаточно отлоги, такъ какъ насыпь въ такомъ случаѣ можетъ скользить своимъ основаніемъ по склону. Чтобы избѣжать этого скольженія, основаніе для насыпи, по уклону, вынимается уступами, которые не должны быть высоки, чтобы между ближайшими частями насыпи не было большой разницы въ величинѣ осадки, могущей образовать трещины и разрывы; такіе же уступы дѣлаются и подъ боковыми насыпями каналовъ, когда они ведутся по косоугру.

Черт. XI.  
анг. 157.

Но такъ какъ уже мы видѣли, что земля въ насыпи ложится рыхлѣе чѣмъ она была въ грунтѣ, то для опредѣленія количества земли, которое нужно вынуть изъ грунта для образованія насыпи даннаго объема, необходимо изъ этого объема вычитать указанное выше число процентовъ, соответствующее разнымъ качествамъ земли. Затѣмъ, такъ какъ въ насыпи можетъ быть неравномѣрная осадка, зависящая отъ свойства земли, степени трамбованія и самаго грунта подъ насыпью, то обыкновенно окончательный расчетъ количества земли, поступившей въ насыпь, дѣлается измѣреніемъ выемки и на основаніи этого измѣренія опредѣляется число куб. саженей, за которыя производится уплата. Для болѣе точнаго измѣренія количества вынутой изъ грунта земли и употребленной въ насыпь, чтобы впослѣдствіи не имѣть споровъ по этому предмету съ рабочими или подрядчиками, слѣдуетъ наблюдать, чтобы на площади, предназначенной для выемки земли, работа велась, по возможности правильно. Для этого на площади  $ABCD$ , съ которой предполагается вынимать землю, начиная отъ линіи  $CD$ , приказываютъ вести выемку такъ, чтобы дно ея  $A'B'CD$  было почти горизонтально и имѣло бы лишь небольшой уклонъ отъ  $A'B'$  къ  $CD$ , дабы дождевая вода не удержи-

Черт. XI.  
анг. 158.

валась въ выемкѣ и работа всегда была бы сухая. Далѣе, площадь  $ABCD$  разбиваютъ продольными и поперечными линиями  $aa, a'a', a''a'' \dots$  и  $bb, b'b', b''b'' \dots$  проводимыми, по возможности, въ равныхъ между собою разстояніяхъ, напр. на разстояніи 1, 2 и 3-хъ сажень, смотря по величинѣ площади  $ABCD$ , и въ точкахъ ихъ пересѣченія вбиваютъ колья. Во время выемки земли, не дозволяютъ трогать эти колья, приказывая кругомъ ихъ оставлять часть земли, отчего на всей площади образуются земляные столбики, или тумбочки  $m$ , называемые *попиками*, *попами*, или *маяками*, и которые будутъ указывать своей высотой глубину выемки въ мѣстахъ, гдѣ вбиты колья на пересѣченіи продольныхъ и поперечныхъ линий. Чтобы опредѣлить количество куб. сажень вынудой изъ грунта земли, умножаютъ площадь  $A'B'CD$  выемки, выраженную въ квадратныхъ саженьяхъ, на среднюю глубину всей выемки, выраженную въ частяхъ сажени. Если площадь  $A'B'CD$  имѣетъ неправильную форму, то ее разбиваютъ на треугольники и, нанеся по масштабу эти треугольники на бумагу, вычисляютъ величину ихъ площадей и, взявъ сумму, получаютъ величину всей площади выемки. Для того же, чтобы опредѣлить среднюю глубину всей выемки, берутъ среднюю арифметическую изъ суммы высотъ всѣхъ попиговъ, вмѣстѣ съ высотами урѣзовъ на разбитыхъ линияхъ и нулевыми высотами въ точкахъ  $C, a, a', a'', D$ . Для обмѣра земляныхъ работъ употребляютъ сажень раздѣленную на 100 частей, и эти обмѣры выражаютъ въ саженьяхъ и десятыхъ и сотыхъ частяхъ сажени. Такимъ образомъ, представимъ себѣ, что площадь  $A'B'CD$  будетъ прямоугольникъ, котораго бокъ  $A'C = 23,16$  саж., а бокъ  $A'B' = 18,74$  саж.; тогда площадь  $A'B'CD = 23,16 \cdot 18,74 = 434,02$  кв. саж. Представляя себѣ, что по свойству грунта обрѣзы  $ABA'B', AA'C$  и  $BB'D$  держатся вертикальной стѣнкой <sup>1)</sup>, и что по обмѣру глубины выемки оказалось:

№ 1 = 0,72 саж., № 2 = 0,76 саж., № 3 = 0,68 саж., № 4 = 0,80 саж.,  
 „ 5 = 0,83 „ „ 6 = 0,68 „ „ 7 = 0,64 „ „ 8 = 0,66 „  
 „ 9 = 0,68 „ „ 10 = 0,69 „ „ 11 = 0,42 „ „ 12 = 0,44 „  
 „ 13 = 0,47 „ „ 14 = 0,45 „ „ 15 = 0,46 „ „ 16 = 0,21 „  
 „ 17 = 0,18 „ „ 18 = 0,16 „ „ 19 = 0,19 „ „ 20 = 0,20 „  
 21, 22, 23, 24 и 25 = 0. Тогда:

$0,76 + 0,72 + 0,68 + 0,80 + 0,83 + 0,68 + 0,64 + 0,66 + 0,68 + 0,69 + 0,42 + 0,44 + 0,47 + 0,45 + 0,46 + 0,21 + 0,18 + 0,16 + 0,19 + 0,20 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 10,32$  саж.; раздѣливъ эту сумму на число измѣренныхъ высотъ, т.-е. 25, получимъ  $10,32 : 25 = 0,412$  саж., которая будетъ средняя глубина всей выемки. Умноживъ площадь 434,02 кв. саж. на эту среднюю глубину 0,412 саж., получимъ объемъ вынудой земли, равный 178,87 куб. саж. Послѣ обмѣра выемки, попики, или маяки, снимаются и свозятся съ остальной землей, такъ какъ мѣсто занимаемое ими считается выемкой.

<sup>1)</sup> Земля держится вертикальнымъ откосомъ, на высотѣ 0 для чистаго, сухаго песка, отъ 3 до 6½ фут. для растительной земли и отъ 10 до 12 и до 16½ фут. для глинистыхъ грунтовъ и для плотной, чистой глины.

Мы советуемъ хозяину, самому дѣлать разбивку продольныхъ и поперечныхъ линий, для назначенія мѣстъ гдѣ должны оставляться попки, или маяки, на площади, отведенной для срѣзки, или выемки земли. Если же это будетъ предоставлено рабочимъ или подрядчикамъ, то они непременно поставятъ больше попокъ въ глубокой части выемки и меньше въ мелкой, и такимъ образомъ преувеличатъ глубину выемки, а слѣдовательно и количество кубовъ вынутой земли.

Земли и грунты, по ихъ свойству, вѣсу, степени плотности и, слѣдовательно, большей или меньшей затруднительности выемки ихъ изъ грунта и перемѣщенія, раздѣляются: 1) на грунты плавучіе, разжиженные водою и вынимаемые помощію черпаковъ; 2) земли и грунты легко вынимаемые деревянными съ желѣзнымъ лезвіемъ лопатами, какъ-то: сыпучій песокъ, легкая и рыхлая растительная земля; 3) грунты глинистые, вязкіе или торфяные съ корнями, отдѣляемые и вынимаемые желѣзными заступами, съ помощію лома и топора; 4) грунты плотно-глинистые и плотно отвердѣвшія глины, иловато-глинистые и мелко-песчаные, слежавшіеся, а также щебенистые съ большимъ количествомъ валуновъ и, наконецъ, каменистые грунты слоистаго сложенія, требующіе для выемки ихъ, кирки, лома, желѣзныхъ клинѣвъ и молота.

Лучшими землекопами, или граберами, у насъ въ Россіи считаются крестьяне нѣкоторыхъ волостей Юхновскаго уѣзда Смоленской губерніи, которые составили себѣ спеціальность изъ земляныхъ работъ. При этихъ работахъ, главное орудіе употребляемое ими, есть деревянная лопата изъ березоваго дерева, съ желѣзнымъ на концѣ лезвіемъ, или наконечникомъ, съ острымъ округленнымъ концомъ и острыми боковыми ребрами. Вся длина такой лопаты около  $1\frac{1}{2}$  аршина; ширина, собственно лопаты, вверху около  $5\frac{1}{2}$  вершковъ, а длина, вмѣстѣ съ желѣзнымъ наконечникомъ, отъ 6 до 7 вершковъ; толщина ручки около  $\frac{3}{4}$  вершка. Такая лопата, вмѣстѣ съ обшивкой, вѣситъ отъ 3 до  $3\frac{1}{2}$  фунтовъ. Кромѣ этой лопаты, юхновскіе землекопы употребляютъ топоръ и иногда ломъ; намъ никогда не случалось видѣть употребленіе ими кирки.

Время выкапыванія *одной кубической сажени земли однимъ рабочимъ* при обыкновенныхъ грунтахъ, въ зависимости отъ ихъ твердости и плотности, измѣняется отъ 6 до 26 часовъ работы. По опытамъ *Готеля*, нужно: для чернозема 6 рабочихъ часовъ; для садовой земли — 9 часовъ; для глинистаго грунта — 15 часовъ; твердаго каменистаго — 20 часовъ; мягкаго туфа — 25 часовъ; твердаго каменистаго, требующаго работы киркою — 52 часа. По „Урочному Положенію“: для обыкновенной земли — 18 часовъ; глинистой — 24 часа; грунтъ глинистый, требующій лома — 36 часовъ; очень плотная глина — 54 часа; самый крѣпкій глинисто-щебенистый — 72 часа; мерзлая земля песчаная — 72 часа; мерзлая глинистая — 108 часовъ. Въ „Урочномъ Положеніи“<sup>1)</sup> всѣ уроки опредѣлены по лѣтнему времени, полагая среднимъ числомъ

<sup>1)</sup> Урочное положеніе для строительныхъ работъ, Высочайше утвержденное 17-го апрѣля 1869 г. С.-Петербург. 1870 г.

12 рабочихъ часовъ въ лѣтній день. При работахъ въ весеннее и осеннее время, къ исчисленному въ положеніи числу рабочихъ, слѣдуетъ прибавлять  $\frac{1}{3}$ , т.-е. назначать вмѣсто каждаго трехъ, по четыре человека, такъ какъ въ это время года они должны работать среднимъ числомъ 9 часовъ въ день. Въ зимнее же время прибавлять  $\frac{1}{2}$ , т.-е. назначать вмѣсто каждаго двухъ, по три рабочихъ, такъ какъ въ это время года средній рабочий день продолжается 8 часовъ. Такимъ образомъ нижеозначенныя числа рабочихъ, потребныхъ для выемки одной куб. сажени земли разныхъ грунтовъ, предполагаютъ, что каждый рабочий работаетъ въ теченіе дня въ продолженіе 12 часовъ.

I. По урочному положенію, для выемки земли изъ рвовъ, глубиною до 2-хъ аршинъ и шириною не менѣе 2-хъ аршинъ, съ выбрасываніемъ ея, или накладываціемъ прямо на тачки или на тележки, если вскидка лопатой не выше 2-хъ аршинъ, *на каждую кубическую сажень вынудой земли нужно рабочихъ:*

а) сыпучей или рыхлой земли, отдѣляемой деревянной съ желѣзнымъ лезвіемъ лопатой — 1 землекопъ;

б) растительной земли и всякаго грунта, требующаго желѣзнаго заступа — отъ 1,5 до 2 землекоповъ;

в) плотной глины, слежавшагося гравія, торфа съ корнями и пнями и вообще грунта требующаго лома, кирки и топора — отъ 3 до 4 землекоповъ, смотря по трудности работы;

г) очень твердой глины, щебенистой земли съ большимъ количествомъ валуновъ, мерзлаго грунта, требующихъ постоянно для отдѣленія кирки и лома — отъ 5 до 6 землекоповъ;

д) крѣпкихъ каменистыхъ, щебенистыхъ и замерзшихъ грунтовъ, отдѣляемыхъ только ломомъ и клиньями съ молотомъ — отъ 7 до 8 землекоповъ.

II. При выкапываніи вышеозначенныхъ грунтовъ изъ глубины болѣе 2-хъ аршинъ, по уступамъ, прибавляется къ указаннымъ числамъ землекоповъ: при глубинѣ до 3-хъ аршинъ — отъ 0,35 до 0,6 землекоповъ; при глубинѣ до 4-хъ аршинъ — отъ 0,7 до 1,2 землекоповъ.

III. Для вычерпыванія ручными черпаками и ковшами, съ помощію ворота, разжиженной земли, илу и изъ рѣбъ песку, на одну куб. саж. вынимаемой земли нужно:

а) изъ глубины не болѣе  $\frac{1}{2}$  сажени до поверхности, на которую выбрасывается земля, — 6 землекоповъ;

б) изъ глубины  $\frac{2}{3}$  сажени — 7 землекоповъ;

в) изъ глубины 1 сажени — 11 землекоповъ;

г) при бѣльшей глубинѣ, прибавлять въ 11 землекопамъ на каждомъ  $\frac{1}{2}$  сажени углубленія — по 1,5 землекопа.

IV. Для вырытія колодцевъ и шахтъ, вынутія земли и глины изъ ряжевыхъ срубовъ водоспусковъ или плюзныхъ стѣнъ и вообще во всѣхъ случаяхъ, гдѣ по тѣснотѣ мѣста нельзя устроить удобныхъ выѣздовъ для тачекъ и выходовъ для рабочихъ съ мѣшками для выноски земли, для выемки одной куб. сажени нужно:

а) собственно для копанія земли, смотря по роду грунта, землекоповъ столько же, сколько указано въ I и III случаяхъ;

и б) для подъема земли въ бадьяхъ или корзинахъ, съ помощію ворота, на каждыя 1000 пуд. (одну куб. саж.) поднимаемой земли и на каждыя  $\frac{1}{2}$  сажени средней высоты подъема — 0,8 рабочихъ.

При отбрасываніи уже разрыхленной земли на горизонтальное разстояніе, или на нѣкоторую вертикальную высоту, какъ напр. при киданіи въ тачки или телѣги, по многимъ наблюденіямъ французскихъ инженеровъ при большихъ работахъ, одинъ рабочій можетъ наложить въ подставляемая ему тачки одну куб. саж. земли въ 6,5 часовъ времени; а откинуть одну куб. сажень на горизонтальное разстояніе до  $1\frac{1}{2}$  сажени или на вертикальную высоту до  $5\frac{1}{4}$  фут. (бросая землю въ тачку или на банкетъ), въ теченіе 8,1 часовъ работы.

V. По урочному положенію, для накладыванія въ тачки или на возы выброшенной по уступамъ земли или для откидыванія земли на горизонтальное разстояніе до  $1\frac{1}{2}$  сажени, на одну куб. саж. нужно:

1) для грунтовъ а) и б) случая I — 0,75 землекоповъ;

2) для грунтовъ в), г) и д) случая I — 1 землекопъ.

Для откидыванія же на горизонтальное разстояніе 2-хъ саж. или на вертикальную высоту до 1 сажени, одной куб. сажени разрыхленной земли, для грунтовъ а) и б) случая I нужно: — 1 землекопъ, а для грунтовъ в), г) и д) — 1,33 землекопа.

Но производство земляныхъ работъ состоитъ, не только изъ выкапыванія земли и накладыванія ея въ тачки или телѣги, но также изъ перевозки и ссыпки этой земли; такъ что издержки на земляныя работы прямо пропорціональны перевозимому объему земли и длинѣ пути перевозки.

Выкапываніе земли производится особыми рабочими, *копальщиками*, *землекопами*, число которыхъ для выемки одной куб. сажени, какъ уже видѣли, зависитъ отъ качества грунта. Накладываніе же земли въ тачки или телѣги производится, или самими копальщиками, или, для успѣшности работы, копаніе и накладываніе земли производится, каждое, особыми рабочими, причемъ число накладчиковъ опредѣляется по урочному положенію, приведенному выше, въ случаѣ V.

По *Ренкингу*, разстояніе между копальщиками, чтобы они не мѣшали другъ другу, должно быть не менѣе 5 или 6 футовъ; накладчикъ, или навалщикъ, можетъ отбрасывать землю на горизонтальное разстояніе 10-ти футовъ и вверхъ до 4-хъ футовъ; отношеніе числа копальщиковъ къ числу навалщиковъ (поставленныхъ въ одинъ рядъ) зависитъ отъ свойствъ грунта. Число копальщиковъ на одного навалщика должно быть: при рыхломъ пескѣ и черноземѣ — 0; при плотной землѣ —  $\frac{1}{2}$ ; при обыкновенной глинѣ — отъ  $\frac{1}{2}$  до 1; при твердой глинѣ — отъ  $1\frac{1}{2}$  до 2.

Перевозка земли производится: 1) людьми въ тачкахъ, 2) лошадьми въ телѣгахъ; при обширныхъ же работахъ 3) лошадьми въ землевозныхъ вагонахъ и 4) паровозами. При очень крутыхъ подъемахъ или

изъ тѣсныхъ мѣстъ, земля переносится людьми въ мѣшкахъ или корзинахъ. При небольшихъ разстояніяхъ и при наклонѣ пути не свыше  $\frac{1}{12}$ , самая выгодная возка тачешная. При разстояніи свыше 60 саженой, лошадиная возка чаще оказывается выгоднѣе тачешной<sup>1)</sup>. При разстояніи болѣе 300 саж., перевозка лошадьми въ телѣгахъ обходится уже слишкомъ дорого, поэтому, для уменьшенія ея цѣнности, увеличиваютъ количество перевозимаго груза, устраивая временные желѣзные пути, по которымъ землю перевозятъ въ вагонахъ, вмѣстимостью въ 100 до 120 пудовъ. Тогда какъ вмѣстимость нашей тачки составляетъ 6 пуд. земли, а конной телѣги около 30 пудовъ.

Когда не каждый возчикъ (при тачешной возкѣ) копаетъ и накладываетъ самъ, а рабочіе дѣлятся на копальщиковъ и возчиковъ, то для безостановочнаго занятія всѣхъ рабочихъ нужно, чтобы когда копальщикъ (или навальщикъ) оканчиваетъ накладываніе тачки, возчикъ подвозилъ бы пустую, или, чтобы время, нужное на отвозку земли, выкидываніе ея изъ тачки и возвращеніе съ пустою, было равно времени накладыванія земли въ одну тачку. Изъ наблюденій при большихъ работахъ извѣстно, что время наполненія рыхлою землею тачки, вмѣщающей  $\frac{1}{280}$  часть куб. саж., возчикъ можетъ пройти по горизонтальной дорогѣ длину не менѣе 14 саженой, выкинуть землю изъ тачки и возвратиться на прежнее мѣсто. Это разстояніе, называемое нѣкоторыми строителями *переходомъ*, увеличивается почти пропорціонально вмѣстимости тачки. Средняя скорость возчика, со всѣми задержками на опрокидываніе тачекъ, переноску катальныхъ досокъ (путей) и проч., бываетъ 1200 саж. въ часъ, или 20 саж. въ минуту. Чѣмъ болѣе вмѣстимость тачки, тѣмъ болѣе будетъ переходъ, и слѣдовательно то же количество земли и въ то же время, можетъ быть перевезено на большее разстояніе. У насъ въ Россіи 1 куб. саж. земли помѣщается въ 220 до 230 тачкахъ, слѣдовательно переходъ должно брать отъ 17 до 18 саженой.

Чтобы всѣ рабочіе были заняты непрерывно и чтобы избѣжать замедленія при встрѣчѣ возчиковъ, раздѣляютъ разстояніе возки на переходы и на каждомъ переходѣ ставятъ одного возчика, который, при концѣ перехода, оставляетъ бы наполненную тачку слѣдующему возчику и бралъ бы отъ него пустую, а при началѣ перехода оставляетъ бы предъидущему пустую и бралъ бы отъ него наполненную землю. А потому, *на каждого накладчика должно ставить столько возчиковъ, сколько переходовъ содержится въ разстояніи отвозки.* Передъ накладчикомъ должна стоять тачка для наполненія ея землею во время перехода перваго возчика, а потому, *число тачекъ должно быть равно суммѣ чиселъ возчиковъ и накладчиковъ.*

Болѣе легкой, для исполненія этого условія, способъ состоитъ въ томъ, чтобы возчики ходили одинъ за другимъ въ разстояніи равномъ переходу; катальные доски въ этомъ случаѣ владутся въ два ряда, или

<sup>1)</sup> Очевидно, что величина этого разстоянія будетъ зависѣть, въ каждой мѣстности, отъ относительной цѣны на рабочихъ и конныя подводы.

въ два пути. Если разстояніе возки будетъ менѣ перехода, тогда тѣ же люди и накладываютъ и возятъ; или увеличивается число накладчиковъ, сообразно съ временемъ потребнымъ на отвозку и возвращеніе съ тачкой. Это время должно исчислять, полагая скорость 1200 сажени въ часъ постоянною при всякомъ разстояніи, потому что хотя будетъ болѣе опоражниваться тачекъ, но зато другаго рода задержки уменьшатся съ разстояніемъ отвозки <sup>1)</sup>).

VI. По урочному положенію, для перевозки 1000 пудовъ земли (одной куб. сажени) по ровному мѣсту *въ тачкахъ* по катальнымъ доскамъ, нужно число возчиковъ въ зависимости отъ разстоянія перевозки:

Разстояніе въ одинъ конецъ сажени . . . . .	5 — 10 — 15 — 20 — 25 — 30 — 35 — 40 — 45 — 50 саж.
Число возчиковъ . . . . .	0,42—0,5 — 0,58—0,66 — 0,75—0,83—0,92—1 — 1,08—1,17 возчикъ.
Разстояніе въ сажени . . . . .	55 — 60 — 65 — 70 — 75 — 80 — 85 — 90 — 95 — 100 саж.
Число возчиковъ . . . . .	1,25—1,34 — 1,43—1,51—1,6 — 1,69—1,78—1,87—1,96—2,05 возчикъ.

При перевозкѣ земли въ тачкахъ, сообразно разстоянію, каждый рабочий, въ лѣтній день, долженъ сдѣлать слѣдующее число оборотовъ:

Разстояніе отвозки въ сажени . . . . .	5— 10— 15— 20— 25— 30— 35— 40— 45— 50 саж.
Число оборотовъ . . . . .	278—233—200—177—155—140 — 127—117—108—100 оборот.
Разстояніе отвозки въ сажени . . . . .	55 — 60— 65— 70— 75— 80— 85— 90— 95—100 саж.
Число оборотовъ . . . . .	92— 87— 82— 77— 73— 69— 65— 63— 60— 57 оборот.

При конной возкѣ земли въ телѣгахъ, предполагается, что лошадь везетъ клади 30 пуд.; что время потребное для навалки и свалки земли не превышаетъ 15 минутъ; что скорость лошади съ кладью, при короткихъ оборотахъ, 3 версты, а порожней 5 верстъ въ часъ и что дневная работа лошади, со включеніемъ навалки и свалки, полагается 12 часовъ.

Поэтому, въ зависимости отъ разстоянія возки, лошадь въ рабочий день должна сдѣлать слѣдующее число оборотовъ:

Разстояніе въ одинъ конецъ сажени . . . . .	50—100—150— 200— 250— 300— 350
Число оборотовъ . . . . .	40— 34— 30— 27— 24— 22— 20
Разстояніе въ одинъ конецъ сажени . . . . .	400—450—500—1000—1500—2000—2500
Число оборотовъ . . . . .	18— 17— 16 — 9 — 7 — 5 — 4

Для перевозки 1000 пуд. земли (одной куб. саж.) по удобопрѣзжимъ и не гористымъ дорогамъ, въ зависимости отъ разстоянія, нужно одновонныхъ подводъ:

Разстояніе въ одинъ конецъ сажени . . . . .	50—100— 150— 200— 250— 300— 350
Число подводъ . . . . .	0,83—0,97— 1,11— 1,25— 1,39— 1,53— 1,67
Разстояніе въ одинъ конецъ сажени . . . . .	400—450— 500—1000—1500—2000—2500
Число подводъ . . . . .	1,81—1,95— 2,1 — 3,53— 4,98— 6,47— 7,97

<sup>1)</sup> Для порядка возки, общее условіе состоитъ въ томъ, чтобы сумма произведеній всѣхъ перевозимыхъ объемовъ земли на разстоянія ихъ отвозки, была бы наименьшая. Для этого пути, по которымъ отвозятъ землю, не должны пересѣкаться между собою и направленія ихъ должны быть кратчайшія между крайними ихъ точками.



По *Ренкину*, при перевозкѣ лошадьми въ тѣлѣгахъ по обыкновенной дорогѣ, объемъ земли поднимаемой одной тѣлѣгой, полагается въ 6 тачекъ, а скорость перевозки на  $\frac{1}{8}$  болѣе скорости перевозки людьми, такъ что каждую полную тѣлѣгу въ движеніи можно считать за семь ручныхъ тачекъ <sup>1)</sup>. При возкѣ тачки въ гору, каждая сажень подъема должна считаться за 6 сажень прибавочнаго горизонтальнаго разстоянія, при всѣхъ подъемахъ заключающихся между  $\frac{1}{24}$  и  $\frac{1}{12}$  уклона. При отвозкѣ земли на тачкахъ въ гору, опытъ показалъ, что выгоднѣйшій уклонъ дороги есть  $\frac{1}{12}$  <sup>2)</sup>; если дорога круче, то отвозка затруднительна, а въ случаѣ большой отлогости, длина дороги излишне велика, если эту отлогость приходится дѣлать искусственно, устройство которой требуетъ большихъ издержекъ. Еще извѣстно изъ опыта, что времена на отвозку тачки по горизонтальной дорогѣ и въ гору по уклону въ  $\frac{1}{12}$  относятся между собою, какъ 2 : 3; слѣдовательно, переходъ для отвозки въ гору равенъ  $\frac{2}{3}$  перехода по горизонтальному пути. Въ Россіи онъ будетъ отъ 11 до 13 саж., смотря по величинѣ тачки. При уклонѣ больше  $\frac{1}{12}$  приходится на нѣсколько возчиковъ прибавлять крючекъ, т.-е. особаго работника съ ляжкой и крючкомъ, который при подъемѣ въ гору задѣваетъ тачку крючкомъ и помогаетъ везти ее возчику.

При отвозкѣ лошадьми въ гору выгоднѣйшій уклонъ дороги составляетъ  $\frac{1}{20}$ . При уклонѣ въ  $\frac{1}{30}$  путь принимается за горизонтальный; при уклонѣ  $\frac{1}{50}$  до  $\frac{1}{30}$  за горизонтальный путь принимается разстояніе перевозки увеличенное въ 1,25 разъ; при уклонѣ болѣе  $\frac{1}{30}$  и до  $\frac{1}{20}$  включительно, разстояніе перевозки увеличивается въ 1,5 раза; предѣломъ крутизны при перевозкѣ въ гору считать уклонъ въ  $\frac{1}{5}$ , что соотвѣтствуетъ углу въ  $11^{\circ} 20'$ .

Если перевозка должна производиться по гористымъ или неудобнымъ дорогамъ, то къ вышеозначенному числу лошадей прибавлять еще  $\frac{1}{4}$  часть, т.-е. вмѣсто каждаго четырехъ полагать по пяти лошадей.

Обыкновенная возка въ тачкахъ у насъ производится по доскамъ положеннымъ въ одинъ рядъ; тамъ же, гдѣ есть постоянная возка, ее дѣлаютъ по желѣзнымъ или чугуннымъ полосамъ, тогда двигатель (человѣкъ или лошадь) можетъ перевозить грузъ въ 7 и болѣе разъ тяжелѣе, нежели по обыкновенной дорогѣ, слѣдовательно въ столько же разъ можно увеличить длину переходовъ. Такъ какъ тачечная возка по желѣзному пути въ одну полосу, въ  $2\frac{1}{2}$  раза легче перевозки по катальнымъ доскамъ, то числа п. VI слѣдуетъ умножать на 0,4 для опредѣленія числа возчиковъ по желѣзному пути, съ переладываніемъ его по требуемому направленію.

Говоря объ устройствѣ земляныхъ насыпей плотинъ въ степяхъ южной Россіи, г. *Палмпсестовъ* замѣчаетъ, что самый обыкновенный

<sup>1)</sup> Для нашихъ малосильныхъ крестьянскихъ лошадей эту цифру слѣдуетъ уменьшать почти вдвое.

<sup>2)</sup> Поэтому, при перевозкахъ въ гору должно стараться прокладывать для тачекъ путь не круче  $\frac{1}{12}$ . Если высота горы не превосходитъ  $\frac{1}{4}$  ея основанія, или заложенія, то путь принимается за горизонтальный.

способъ подвозки земли тамъ употребляемый граберами, приходящими изъ Кіевской губерніи, это конная возка въ плохихъ конныхъ телѣжкахъ на тощихъ лошадяхъ, на половину рабочими и полурбочими (мальчишками подростками), причемъ граберы обыкновенно сваливаютъ землю въ насыпи кучами и не разравниваютъ ее. По отзыву инженера *Губера* (строившаго тамъ желѣзную дорогу), при разстояніи перевозки отъ 50 до 60 сажень, одна граборка (т.-е. одноконная телѣжка) можетъ сдѣлать отъ 80 до 40 оборотовъ въ день, считая рабочій день въ 10 часовъ; т.-е. что при самыхъ благоприятныхъ обстоятельствахъ одна граборка можетъ вывезти въ день отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 куб. саж. земли. При этомъ принимается, что граберъ только насыпаетъ землю въ граборку, отвозитъ и опорожняетъ ее, выкопку же земли и разрыхленіе грунта въ резервѣ (т.-е. въ мѣстѣ выемки земли) производятъ особые для этой цѣли поставленные рабочіе.

Черт. XI.  
•нг. 159.  
•нг. 160.

Нѣкоторые хозяева южной Россіи употребляли другой способъ насыпки земляныхъ плотинъ, помощью особыхъ конныхъ лотоковъ или черпаковъ. Г: *Палимпсестовъ* говоритъ, что черпакъ (фиг. 159) употребляется въ Германіи, а черпакъ (фиг. 160) въ Англіи. Въ южномъ краѣ Россіи извѣстенъ только первый; это орудіе имѣетъ обыкновенно до двухъ аршинъ ширины и до  $2\frac{1}{2}$  аршинъ длины безъ рукоятки; передній край его окованъ болѣе или менѣе заостреннымъ желѣзомъ; на бокахъ имѣются кольца, за которыя привязываютъ веревочныя постромки для тяги лошадьми или волами. Работа ими производится слѣдующимъ образомъ: мѣсто откуда берется земля предварительно вспахивается обыкновенными плугами, потомъ поднятые плугомъ пласты забираются черпаками, къ которымъ припрягается волъ или лошадь. Причемъ, забравъ извѣстную массу земли посредствомъ приподниманія рукоятки, опускаютъ эти послѣднія, отчего передній край черпака приподнимается и не захватываетъ болѣе землю, а нагруженный черпакъ тащится какъ сани.

По словамъ г. *Палимпсестова*, г. *Свѣчинъ* дѣлаетъ проще это орудіе; онъ беретъ два дубовыхъ тонкихъ края, изогнутыхъ въ видѣ полозьевъ, и набиваетъ на часть ихъ, назначенную для захвата земли, доски, изъ которыхъ крайняя, забирающая землю, обдѣлывается острымъ ребромъ и оковывается желѣзомъ. Верхніе концы этихъ полозьевъ служатъ рукоятками; съ боковъ досокъ имѣются кольца, за которыя прикрѣпляются веревочныя постромки для влеченія помощью пары воловъ. Г. *Свѣчинъ*, насыпавшій своимъ черпакомъ три плотины, увѣряетъ, что этотъ способъ насыпки плотины обходится въ 5 разъ дешевле, чѣмъ насыпка тамошними граберами посредствомъ граборокъ.

Черпакъ германскій (фиг. 159) былъ съ успѣхомъ употребленъ г. *Кеико*; но по мнѣнію г. *Палимпсестова* подобный же черпакъ, но съ двумя колесами, употребляемый также въ Германіи, долженъ имѣть преимущество.

Къ этому же роду орудій слѣдуетъ отнести и *волокушу*, которую г. *Кузменко*, примѣнявшій къ насыпкѣ плотины, описываетъ такъ: бе-

руть три куска сосновой или еловой тесницы, или тонкой доски, длиною каждый въ  $1\frac{1}{2}$  аршина (фиг. 161), и прибиваютъ ихъ гвоздями къ двумъ не толстымъ ручкамъ. Въ средней доскѣ, по обимъ концамъ около ручекъ, просверливаются дыры, въ которыхъ закрѣпляются концы веревокъ, другіе концы которыхъ привязываются къ ручкамъ около верхней доски. Средины вытянутыхъ веревокъ связываются въ кольцо, на разстояніи  $1\frac{1}{2}$  аршина отъ досокъ, и хорошо выравниваются; къ кольцу, въ которомъ сходятся веревки, прикрѣпляется воловь упряжь.

Въ мѣстѣ, гдѣ устраивается плотина, въ ложѣ балки или на берегахъ ея, земля назначенная для насыпки вспахивается плугомъ, причемъ, если придется пахать на берегахъ, лучше чтобы плугъ шелъ по одному направленію, отваливая пласты къ балкѣ, такъ какъ тогда онъ будетъ лучше подрѣзывать пласть. Когда будетъ вспахано пространство достаточное по числу волокушъ для свозки на цѣлый день, рабочіе пробираютъ лопатами поперекъ бороздъ канавки не глубже толщины поднятаго плугомъ пласта и на такое разстояніе отъ конца бороздъ, чтобы вспаханную землю на этомъ протяженіи по силамъ было двинуть парѣ воловъ. Волонъ запряженныхъ въ волокушу заводитъ одинъ рабочій, а другой взявшись за ручки волокуши заноситъ и ставитъ ее нижнимъ ребромъ въ готовыя канавки; затѣмъ наклонивъ её къ себѣ и нажавъ ногою чтобы она чище и больше забирала земли, заставляетъ воловъ двигаться и загребаемую волокушею землю везетъ на плотину. Этимъ способомъ можно даже поднять землю на какое угодно возвышеніе, лишь бы подъемъ представлялъ наклонную плоскость безъ уступовъ. Каждый такой снарядъ, при сноровкѣ рабочихъ, которую они скоро приобрѣтаютъ, можетъ набрать и довести, за одинъ разъ, количество земли равняющееся одной конной граборкѣ.

При устройствѣ его нужно стараться дать ему возможную легкость, чтобы рабочій безъ усиленнаго труда могъ самъ заносить его куда нужно. Снарядъ этотъ колонисты болгары называютъ *драиломъ* и употребляютъ для сдвиганія зеренъ въ кучи на токахъ, а также для очистки грязи со скотскихъ загоновъ. По отзыву г. *Кузменко*, этотъ простой и дешевый снарядъ сокращаетъ расходы при насыпкѣ плотинъ въ изумительной степени. Этимъ же способомъ, по отзыву г. *Кузменко*, удобно очищать пруды отъ наносной земли, когда для этой цѣли они будутъ спущены и ложе пруда до того обсушится, что безъ неудобствъ можно будетъ его вспахать плугомъ. Г. *Палимпсестовъ* замѣчаетъ, что при употребленіи черпаковъ и волокушъ, плотина будетъ лучше чѣмъ при насыпкѣ ея граберами, такъ какъ черпаки и волокуши не могутъ ходить, если земля послѣ ссыпки не будетъ выравнена; а между тѣмъ проходя по насыпи они сами уравниваютъ и уплотняютъ ее; тогда какъ граберы чаще ссыпаютъ землю кучами, безъ разравниванія ея и уплотненія.

VII. При тачешной перевозкѣ въ гору, когда уклонъ болѣе  $\frac{1}{12}$ , къ горизонтальному разстоянію пути прикладываютъ 30 разъ взятую высоту горы и изъ этой суммы вычитаютъ 2 раза взятую длину зало-

женія, полученное разстояніе принимается за горизонтальное и число возчиков назначается на это разстояніе по таблицѣ VI.

Напримѣръ, если горизонтальное разстояніе между центрами тяжести выемки и насыпи  $d = 34$  саж., высота горы  $h = 3$  саж., заложение ея  $a = 27$  саж., слѣдовательно  $\frac{h}{a} = \frac{1}{9}$  (болѣе  $\frac{1}{12}$ ), то потребное на перевозку въ гору 1000 пудовъ земли (одной куб. саж.), число возчиковъ будетъ то же самое, которое нужно для перемѣщенія ея по горизонтальному пути равному  $d + 30 \cdot h - 2a = 34 + 90 - 54 = 70$  саж., т.-е. 1,51 возчика.

При спускѣ нагруженныхъ тачекъ подъ гору, съ возвратомъ пустой тачки въ гору, число возчиковъ, потребныхъ для перевозки подъ гору, уменьшается на  $\frac{1}{3}$  противъ числа ихъ потребныхъ на перевозку на такую же гору. Предѣломъ перевозки на тачкахъ въ гору, считается уклонъ въ  $\frac{1}{3}$  или тройной откосъ (т.-е. уголъ съ горизонтомъ въ  $18^\circ 15'$ ). При болѣе крутыхъ путяхъ, перевозка на тачкахъ замѣняется переноскою. Перевозка земли на лошадяхъ подъ гору, рассчитывается какъ по горизонтальному пути.

VIII. При переноскѣ земли въ мѣшкахъ, корзинахъ или на носилкахъ, каждый рабочій долженъ нести на себѣ 3 пуда. Навалку земли на носилки или подъемъ на себя, обязаны дѣлать тѣже люди, которые будутъ назначены къ переноскѣ. Переноску земли людьми конечно слѣдуетъ допускать въ тѣхъ только случаяхъ, когда всѣ другіе, болѣе выгодные способы ея перемѣщенія, будутъ неудобны или невозможны. Для переноски 1000 пуд. земли (одной куб. саж.) по горизонтальному пути, въ зависимости отъ разстоянія, потребно число рабочихъ: (разстоянія означены въ саженьяхъ).

Разстояніе . . .	5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 с.
Рабочихъ . . .	1,45-1,74-2,03-2,33-2,62-2,92-3,22-3,52-3,82-4,12-4,42-4,72-5,03-5,33.
Разстояніе . . .	75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 - 105 - 110 - 115 - 120 - 125 - 130 - 135 - 140.
Рабочихъ . . .	5,64-5,95-6,26-6,57-6,88-7,19-7,75-7,82-8,13-8,45-8,77-9,09-9,41-9,73.

При переноскѣ земли въ гору, вычисляютъ горизонтальное разстояніе также какъ и при тачешной возкѣ. Для переноски земли подъ гору, по уклону не свыше  $\frac{1}{3}$ , число носильщиковъ опредѣляютъ, принимая за горизонтальный путь высоту подъема увеличенную въ 10 разъ. При переноскѣ земли подъ гору съ болѣе крутымъ уклономъ, число носильщиковъ слѣдуетъ увеличить еще на 10%.

По Ренкину, работа по разравниванію и трамбованію земли—отъ  $\frac{1}{6}$  до  $\frac{1}{3}$  болѣе работы при наваливаніи ея въ тачки. Работа планированія откосовъ почти равна работѣ при производствѣ выемки глубиною въ  $\frac{1}{2}$  фута въ рыхлой землѣ, при той же площади; а разсыпка растительной земли, одинакова съ наваливаніемъ ея въ тачки.

IX. По урочному положенію: 1) для разравниванія земли на мѣстѣ свалки, на кубическую сажень нужно землекоповъ: безъ утрамбовки—0,3; съ обыкновенной утрамбовкой въ слоѣ не толще одного фута—

0,5; съ особенно тщательной утрамбовкой въ слоѣ не толще  $\frac{1}{2}$  фута — 1; съ разбивкой комьевъ и слежавшейся земли—1,2; 2) для засыпки земли за каменные стѣны или деревянные срубы, съ плотной утрамбовкой, на кубич. саж.: глинистой земли, землекоповъ—2; песчаной и вообще рыхлой, землекоповъ—1; 3) для планированія мѣстъ, т.-е. снятія небольшихъ бугровъ, засыпки ямъ и углубленій, съ крѣпкимъ уколачиваніемъ трамбовками, на *квадратную сажень* землекоповъ—0,13. Для планированія подъ рейку готовыхъ откосовъ, на квадратную сажень землекоповъ—0,07; 4) для мятія глины и особенно тщательной утрамбовки ея въ узкихъ перемычкахъ, или за стѣнами гидротехническихъ сооружений, съ навалкой и подвозкой ея съ разстоянія 25 саж., на кубич. сажень землекоповъ—10; 5) для утрамбовки въ перемычкахъ немятой глины, смотря по глубинѣ, на кубич. саж. землекоповъ отъ 3 до 4. При выемкѣ разжиженной земли, илу и изъ рѣкъ песку, упоминаемыхъ въ п. III, употребляютъ желѣзные ручные черпаки и ковши, представленные на фиг. 162 и 163. Дно и бока ихъ пробиты отверстиями для стока воды. Черпакъ, при мягкомъ грунтѣ, можетъ состоять изъ желѣзнаго кольца и парусиннаго мѣшка, чтобы вода, зачерпнутая вмѣстѣ съ иломъ, могла бы вытекать сквозь мѣшокъ. При большихъ работахъ этого рода, употребляютъ землечерпательныя машины, такъ какъ ручное землечерпаніе медленно и потому дорого; но за то оно не требуетъ большихъ затратъ. При дѣйствіи черпакомъ, фиг. 163, одинъ рабочій направляетъ черпакъ (чтобы онъ загребалъ землю) посредствомъ шеста, или ручки *A*, а другой рабочій вращаетъ воротъ, на валъ котораго навивается веревка *B*, и который приводитъ въ движеніе черпакъ съ захватываемой имъ землей.

Черт. XI.  
• фиг. 162.  
и 163.

Что же касается до ручныхъ тачекъ для возки земли, то тачки, употребляемыя южновскими землекопами, представлены на черт. XII. Изъ нихъ фиг. 165 представляетъ вязку тачки, или брусчатый скелеть ея, до обшивки ящика, изображая ее сверху, въ планѣ; фиг. 166 представляетъ тачку въ планѣ съ обшитымъ ящикомъ; и наконецъ фиг. 167 изображаетъ тачку съ боку <sup>1)</sup>. Длина ручекъ тачки  $2\frac{1}{2}$  аршина, діаметръ чугуннаго колеса около  $6\frac{1}{2}$  вершковъ. Объ остальныхъ размѣрахъ можно судить изъ приложеннаго масштаба. Для прочности тачки, вся брусковая вязка, фиг. 165, дѣлается изъ брусковъ березоваго дерева; ящикъ обшивается тонкимъ еловымъ или сосновымъ тесомъ. Тачки эти очень помѣстительны и въ нихъ хорошіе землекопы везутъ болѣе 6 пуд. земли. Главная черта ихъ конструкціи заключается въ томъ, что ящикъ надвинутъ сколь можно болѣе на колесо, отчего центръ тяжести груза приближенъ по возможности къ оси колеса и менѣе давитъ на руки рабочаго; во время же движенія, ручки приподнимаются и центръ тяжести еще болѣе приближается къ оси колеса и грузъ менѣе давитъ на руки. Во время возки землекопы къ концамъ ручекъ обыкновенно привязываютъ кушакъ, перекидывая его за шею; тогда весь грузъ ру-

Черт. XII.  
• фиг. 165.  
166.  
• фиг. 167.

1. На фиг. 168 представленъ видъ тачки съ заду.

чекъ они поддерживаютъ, посредствомъ кушака, плечами, руками же только управляютъ тачкой.

Съвозъ длинную втулку чугунаго колеса пропускается желѣзный шворень, служащій осью; онъ расклинивается во втулкѣ такъ, что колесо вращается вмѣстѣ съ осью; концы шворня вращаются въ зарубкахъ, сдѣланныхъ снизу ручекъ, и удерживаются въ зарубкахъ прибитыми съ низу къ ручкамъ деревянными планками. Такъ что желѣзная ось тачки вращается въ деревянныхъ, березовыхъ подшипникахъ, которые иногда смазываютъ дегтемъ, а чаще не смазываютъ ничѣмъ.

Тачками подобной конструкціи насыпаны всѣ шоссе и всѣ желѣзныя дороги въ Россіи.

Между юхновскими землекопами встрѣчаются такіе, которые на подобныхъ тачкахъ вывозятъ въ день, на разстояніи до 50 сажень, одну куб. сажень довольно плотнаго грунта, но который можно брать деревянной лопатой съ желѣзнымъ лезвеемъ; причеиъ такой землекопъ самъ и вынимаетъ грунтъ и самъ накладываетъ его въ тачку. Большинство привычныхъ юхновскихъ землекоповъ, при этихъ условіяхъ, вывозитъ въ день  $\frac{3}{4}$  куб. саж. земли. Для гуртовыхъ же рабочихъ чаще назначается вывезти только  $\frac{1}{2}$  сажени подобнаго грунта въ рабочей день и на такое же разстояніе.

Къ землянымъ работамъ относится и дернованіе откосовъ земляныхъ насыпей плотинъ. Когда насыпь будетъ доведена до своихъ размѣровъ по профилю, то гребень ея и откосы выпланировываютъ по чертежу и трамбуютъ, причеиъ, какъ уже сказали выше, въ откосахъ дается нѣкоторый запасъ земли, который послѣ утрамбованія срѣзаютъ по лекалу или на глазъ, чтобы придать всему откосу видъ ровной и гладкой плоскости. Для укрѣпленія такого откоса посредствомъ одернованія, или его прямо покрываютъ вырѣзанными дернинами, или засѣваютъ его соответственными травными сѣмянками, которыя современемъ образовали бы на немъ деренъ и скрѣпили его своими корнями. Какъ въ томъ такъ и въ другомъ случаѣ, если насыпь образована лишь изъ глинъ, суглеевъ и песковъ, для хорошей растительности дерна и посѣвныхъ травъ, необходимо предварительно покрыть откосъ слоеиъ хорошей растительной земли, толщиной отъ 2 до 4 дюймовъ. Для высокихъ насыпей не слѣдуетъ брать деренъ съ влажныхъ мѣстностей, такъ какъ на сухой насыпи онъ принимается дурно. Наши землекопы обыкновенно рѣжутъ и подрѣзываютъ деренъ деревянною, съ желѣзнымъ наконечникомъ, лопатой, давая дернинѣ ширину въ 1, а длину отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  фута; толщину же дернинѣ даютъ отъ 3 до 4 дюймовъ, смотря по крѣпости травяныхъ кореньевъ; съ черноземныхъ луговъ дернина можетъ быть срѣзана тоньше, а съ песчаныхъ толще. Дерновка откоса всегда ведется снизу вверхъ; уложенная на мѣстѣ дернина плотно и сильно прибивается къ землѣ откоса деревяннымъ валькомъ (которымъ выколачиваютъ холсты) или деревянною колотушкою, чтобы между дерниною и землею не могъ пробираться воздухъ и высушивать корни травъ; затѣиъ дернина прибивается двумя деревянными иглицами, или спицами. При стыкѣ

дернинъ, края ихъ срѣзываются накосъ, чтобы слѣдующая дернина прикрывала своимъ краемъ предыдущую. Эту срѣзку и пригонку дернинъ рабочій производитъ ножемъ. Чтобы дерновка хорошо принялась, нужно чтобы дерень былъ свѣжъ и не сухъ; хорошо также если землю при укладкѣ дерна хотя немного поливають <sup>1)</sup>).

По урочному положенію, для нарѣзки 100 дернинъ, шириною въ 1 футъ, а длиною въ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фута, нужно рабочихъ отъ 0,25 до 0,33, а для выстилки одной квадратной сажени выравненнаго откоса -- рабочихъ 0,15.

Образованіе дерна на откосахъ искусственнымъ посѣвомъ сѣмями травъ, проще и дешевле, но при этомъ способѣ хорошій дернъ образуется только по прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ. Полезнае засѣвать откосы весною, когда съ травными сѣмями можно посѣять овесъ, который даетъ корнямъ травы возможность укрѣпиться, прикрывая ихъ своею зеленью.

На песчаномъ грунтѣ, особенно переносномъ, или сыпучемъ, лучше всего принимается *песчаная осока* (*Arunda araganiā*) и ея сѣмянъ идетъ по 3 фунта на 100 квадр. саженой засѣваемой поверхности. На песчаныхъ грунтахъ несыпучихъ, хорошо растутъ пырей и рейграссъ, сѣмянъ которыхъ идетъ также 3 фунта на 100 квадр. саженой. На обыкновенномъ растительномъ или глинистомъ грунтѣ лучше всего сѣять смѣсь тимофѣевой травы съ клеверомъ, употребляя на ту же поверхность 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фунта сѣмянъ тимофѣвки и <sup>1</sup>/<sub>2</sub> фунта сѣмянъ клевера.

**32. Каменные работы.**—Каменные работы раздѣляются: 1) на добываніе и обдѣлку естественныхъ камней и 2) на каменную и кирпичную кладки.

Относительно способовъ добыванія, или *ломки*, камни по внутреннему сложенію раздѣляются на *сплошныя* и *слоистыя* горныя породы и на камни полевые, или валуны, которые могутъ принадлежать къ той или другой породѣ, но являются уже въ видѣ отдѣльныхъ кусковъ большей или меньшей величины.

Полагаютъ, что *сплошныя* породы отвердѣли болѣе или менѣе быстро подъ болѣшимъ или меньшимъ давленіемъ, при остываніи изъ расплавленнаго состоянія. Камни этихъ породъ болѣею частию тверды, плотны, крѣпки и прочны. Къ сплошнымъ породамъ принадлежатъ: граниты, сіенитъ, базальтъ, порфиръ, мраморъ и нѣкоторые песчаники.

*Слоистыя* горныя породы состоятъ изъ ряда параллельныхъ слоевъ, которые очевидно образовались осадкою изъ воды и которые были въ началѣ горизонтальны, но измѣнили это положеніе вслѣдствіе возмущающихъ силъ. Къ слоистымъ породамъ принадлежатъ известняки. болѣшая часть песчанниковъ и глинистые сланцы.

И въ сплошныхъ горныхъ породахъ встрѣчаются жилы, но на-

<sup>1)</sup> Когда насыпь дѣлается изъ очень сыпучей земли, или илистой, съ небольшимъ откосомъ, то для предупрежденія сползанія откоса, одернованіе его дѣлается дернинами плаекъ, какъ видно на фиг. 170 черт. XII, кладя одну дернину на другую.

правленію которыхъ камень легче отдѣляется отъ остальной массы; въ слоистыхъ же, камень всегда легче отдѣляется отъ остальной массы по слою, чѣмъ въ другомъ направленіи. По величинѣ выламываемыхъ кусковъ, камни раздѣляются на *ломовые*, которые ломаются кусками значительной величины, какъ гранитъ, мраморы, шокшенскій песчаникъ; на *лещадные*, ломаемые въ видѣ плитокъ или досокъ (какъ лещадная известковая или шиферная плита) и *цокольные*, ломаемые въ видѣ небольшихъ параллелепипедовъ. По способу обдѣлки камни раздѣляются на *тесовые*, изъ которыхъ можетъ быть приготовленъ камень правильнаго вида, каковы гранитъ и всѣ вообще плотные камни; и на *бутовые*, изъ которыхъ нельзя вытесать камня правильной формы, какъ напр., тосненскій плитнякъ.

Изъ каменныхъ толщъ камни выламываются клиньями или порохомъ. При ломкѣ слоистыхъ породъ, напр. известковыхъ, подъ каждый слой подбиваютъ молотомъ клинъ, а потомъ большими ломами взламываютъ слой кверху, если не требуется выламывать камни правильнаго вида. Когда же требуется получить правильный камень, то на поверхности слоя чертятъ форму его, потомъ по этимъ линіямъ выбиваютъ дорожки, или пазы, до слѣдующаго слоя, и затѣмъ ломомъ отдѣляютъ камень отъ нижняго слоя. При толстыхъ слояхъ, напр. въ песчаникахъ, пазы пробиваютъ до нижняго слоя, затѣмъ вставивъ въ эти пазы желѣзные клинья, ударами молота по клиньямъ, сначала легкими, а потомъ сильнѣе и сильнѣе, производятъ разслоеніе и окончательно ломами и рычагами отдѣляютъ камень отъ нижняго слоя. Если камень такъ крѣпокъ что не можетъ быть отдѣленъ дѣйствіемъ кирки или лома, то проведя до нѣкоторой глубины пазъ, на днѣ паза высверливаютъ еще рядъ дыръ; затѣмъ въ пазъ вставляютъ желѣзные клинья и вслѣдствіе ударовъ по нимъ молотомъ, камень откалывается по направленію пробурованныхъ въ немъ дыръ. Но при выломкѣ большихъ кусковъ въ сплошной породѣ, чаще приходится прибѣгать къ порохо-стрѣльной работѣ.

Въ сплошныхъ породахъ нѣтъ слоевъ, но за то есть *порины*, *жилы* и трещины, въ которыхъ сила сдѣвленія менѣе чѣмъ въ остальной массѣ. Въ гранитѣ, который можетъ быть принятъ за образецъ сплошныхъ камней, сила сдѣвленія частицъ и въ самыхъ жилахъ породы столь еще значительна, что отдѣленіе каменной массы требуетъ порохо-стрѣльной работы. Красный гранитъ имѣетъ свойство колоться по известнымъ направленіямъ, вѣроятно вслѣдствіе своего крупнозернистаго сложенія. Пользуясь этимъ свойствомъ, сначала выбираютъ камень выходящій къ краю утеса и очищаютъ его отъ наносовъ и осколковъ настолько, чтобы обнажить  $\frac{2}{3}$  его высоты. Затѣмъ выбиваютъ съ боковъ

Черт. XII.  
сзади выламываемой части камня проходы, или канавы. Эти проходы ведутъ въ глубину до тѣхъ поръ, пока встрѣтатъ порину. Разстояніе между такими двумя поринами не превышаетъ 10 футовъ въ финляндскомъ гранитѣ; толщина слоя порины въ этомъ гранитѣ бываетъ около  $\frac{1}{2}$  аршина. Выламываемую массу стараются увеличить какъ можно бо-



лѣе, такъ какъ длина проходовъ, или обводящихъ канавъ, возрастаетъ не пропорціонально объему камня, а менѣе. Когда проходы пробиты, нужно только отдѣлить камень снизу, для чего просверливаютъ въ поринѣ одинъ или два *буровыхъ цилиндра* (буровыя скважины), которымъ даютъ малый уклонъ внизъ отъ отверстія ко дну, чтобы наливаемая при сверленіи въ скважину вода изъ нея не выливалась.

Если длина выламываемаго камня не превышаетъ шести сажени, дѣлаютъ одинъ, въ противномъ случаѣ два цилиндра. Цилиндръ не доводятъ на 1 или на  $\frac{1}{2}$  аршина до задней канавы. Его начинаютъ бурить при діаметрѣ равномъ 3 дюймамъ, чтобы въ концѣ буренія онъ былъ не уже 2-хъ дюймовъ, такъ какъ діаметръ отверстія, вслѣдствіе стиранія сверла, чрезъ каждыя 2 сажени уменьшается на  $\frac{1}{2}$  дюйма. Буреніе цилиндра производится *забурникомъ*, фиг. 172, который удерживается въ зарубкахъ досокъ поставленныхъ на ребро, или на козлахъ, для того чтобы онъ сохранялъ одно направленіе и скважина не искривлялась. При буреніи скважины, двое рабочихъ бьютъ молоткомъ по забурнику, а третій, который держитъ его, послѣ cadaго удара понемногу поворачиваютъ его въ скважинѣ. Для охлажденія забурника въ скважину наливаютъ воды, безъ чего конецъ его, наваренный сталью, скоро затупился бы и размягчился. *Мука*, отдѣляющаяся при буреніи, время отъ времени, вынимается изъ скважины особою ложкою.

Черт. XII.  
фиг. 171.  
и 172.

Когда весь забурникъ войдетъ въ скважину, то къ нему приваривается новое колѣно и работа продолжается далѣе. Высверленную скважину вытираютъ на сухо тряпкою или паклею нарученною на палку. Въ скважину насыпаютъ зарядъ изъ крупнаго пушечнаго пороха посредствомъ совка, который, доведя до дна скважины, переворачиваютъ. Величина заряда рассчитывается отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  золотника пороху на каждый пудъ взрываемаго камня; или вѣсъ отдѣляемаго камня среднимъ числомъ долженъ быть въ 10.000 разъ болѣе вѣса пороховаго заряда. Взрывъ дѣйствуетъ наилучшимъ образомъ, когда линія наименьшаго сопротивленія перпендикулярна къ оси скважины. Послѣ насыпки заряда, скважину забиваютъ; для этого въ нее вводятъ сначала кусокъ пакли, но не догоняютъ ее плотно до пороха; пустое пространство между нею и зарядомъ оставляется для того, чтобы пороховые газы произвели ударъ и дѣйствіе ихъ было бы сильнѣе. За паклей вводятъ слой глины и затѣмъ слой толченаго кирпича попеременно. По мѣрѣ приближенія къ отверстию, слои эти все забиваютъ крѣпче и сильнѣе, чтобы забойка была какъ можно плотнѣе. Для забивки нужно употреблять матеріалы, которые не могутъ дать искры. Для сообщенія заряду огня, передъ забиваніемъ скважины въ нее вкладываютъ *плашки*, или деревянные полуцилиндры, съ продольнымъ жолобомъ, наполненнымъ порохомъ. Въ случаѣ длинной скважины нѣсколько такимъ плашекъ срачиваются, для чего одну изъ нихъ сръзываютъ конусомъ, а въ другой дѣлаютъ воронкообразную вырѣзку и обѣ онѣ плотно стягиваются веревкою или проволокою. Плашки укладываются въ скважинѣ отъ заряда и не доходя на 2 аршина до ея отверстія;

къ концу послѣдней плашки до отверстія прикладываютъ мѣдный цилиндръ, называемый *сердечникомъ*, и вслѣдъ затѣмъ начинаютъ уже забойку. Когда она окончена, ей даютъ устояться и тогда осторожно вынимаютъ сердечникъ; при этомъ плотная забойка не обваливается и въ ней, гдѣ былъ сердечникъ, образуется каналъ, въ который вводится *затравка*. Затравка состоитъ изъ палки съ желобкомъ въ который кладутъ пороховую мякотъ смоченную спиртомъ. Отъ края отверстія скважины проводятъ стопинъ, т.-е. нить пропитанную пороховою мякотью, смоченною спиртомъ и высушенную, или нить смазанную сѣрой. Иногда вмѣсто затравки и плашекъ употребляютъ такъ называемый безопасный фитиль, состоящій изъ гуттаперчевой трубки, обвитой полотняной лентою и наполненной горючимъ составомъ, посредствомъ котораго сообщается заряду огонь. Фитиля этого сгоритъ 1 футъ въ  $1\frac{1}{2}$  минуты. Всѣ эти приспособленія имѣютъ цѣлью продлить по возможности время отъ сообщенія огня проводникомъ до взрыва заряда, чтобы рабочіе имѣли время укрыться отъ паденія обломковъ и выбрасываемой забойки. Иногда же воспламененіе заряда производятъ помощію гальванической батареи, накаливая токомъ въ массѣ пороховаго заряда кусокъ платиновой проволоки.

За взрывомъ обнаруживается въ камнѣ болѣе или менѣе явственная трещина; для увеличенія ея взрывъ повторяется снова. Если же трещины не обнаружится, то, или усиливаютъ забойку, или увеличиваютъ зарядъ и производятъ новыя взрывы въ той же скважинѣ. Если взрывъ удаченъ, то камень отдѣляется отъ лежащей подъ нимъ массы.

При раздѣленіи большихъ камней на меньшія части, употребляютъ, какъ выше сказано, пазы, буровыя скважины и желѣзные клинья, вставляемые въ пазы, по которымъ бьютъ молотомъ, или разрываютъ порохомъ. Также поступаютъ и съ большими *бульгами* полеваго камня <sup>1)</sup>. Вообще если камень крупнозернистой породы и безъ трещинъ, то его раздѣляютъ клиньями; если же онъ мелкозернистый и въ немъ замѣчаются трещины, то прибѣгаютъ къ порохострѣльной работѣ. Такъ какъ полевые камни часто попадаютъ вросшими въ землю, то ихъ сначала окапываютъ, затѣмъ бурятъ скважину и разрываютъ. При буреніи скважины наблюдаютъ, чтобы длина ея *AB* была бы по крайней мѣрѣ въ  $1\frac{1}{2}$  раза болѣе кратчайшаго разстоянія *AC* до поверхности камня, или линіи наименьшаго сопротивленія. Для небольшихъ камней, діаметръ буровой скважины можетъ быть въ 1 дюймъ, для большихъ же каменныхъ глыбъ его иногда дѣлаютъ до 6 дюймовъ. Одинъ фунтъ пороха занимаетъ объемъ въ  $27\frac{1}{4}$  кубич. дюйма; но онъ можетъ быть сжатъ до 25 куб. дюймовъ;  $27\frac{1}{4}$  куб. дюймовъ равны 34,7 цилиндрическихъ дюймовъ, т.-е. это будетъ высота, занимаемая однимъ фунтомъ пороха въ цилиндрической скважинѣ, которой

Черт. XII.  
• нр 173.

1) Полевые камни, имѣющіе въ діаметрѣ менѣе 1 фута, называются *бульженикомъ*, а когда больше, называются *бульгами*.

діаметръ равенъ одному дюйму. При другомъ діаметрѣ скважины, эта высота обратно пропорціональна квадрату діаметра.

По „урочному положенію“ полагается:

I. Для выломки камня (плиты) слоистаго образованія, годнаго для бутовой и тесовой работъ, и известняка для обжиганія въ известь, съ укладкой въ штабели, на одну куб. сажень плиты:

1) при толщинѣ слоя

отъ 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> до 2-хъ вершковъ ломщиковъ . . . . .	5,25	человѣкъ
въ 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> вершк. . . . .	6,87	„
„ 3 „ . . . . .	7, 5	„
„ 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ . . . . .	7,87	„
„ 4 „ . . . . .	8	„

2) Большихъ лещадныхъ плитъ, не менѣе 2-хъ квадр. аршинъ, толщиной 2 и болѣе вершковъ, по потребности большей осторожности въ выломкѣ плиты лучшаго качества, на одну квадратную сажень ломщиковъ 0,8 человѣкъ.

Для сверленія плитнаго камня, если въ томъ окажется надобность, на каждый футъ цилиндра бурильщиковъ 0,43 человѣка. Тѣмъ же числомъ людей производится разломка этого рода камня клиньями или порохомъ.

II. Для выломки изъ сплошной скалы камня (безъ порохоустрѣльной работы) на кубич. сажень:

1) Крѣпкаго изъ ямъ . . . ломщиковъ 22 человѣка

2) Крѣпкаго изъ обрывовъ,  
при откалываніи камня

желѣзными клиньями . ломщиковъ 15 человѣкъ

3) Слабаго слоя . . . ломщиковъ отъ 12 до 15 челов.

Для сверленія буровыхъ скважинъ въ гранитѣ средней плотности:

1) Вертикальныхъ цилиндровъ до 15 фут. глубиною, на каждый футъ глубины нужно бурильщиковъ 0,15 человѣкъ, рабочихъ—0,3 человѣка.

2) Горизонтальныхъ, до 30 футовъ длиною, на каждый футъ цилиндра — бурильщиковъ — 0,25 человѣкъ, рабочихъ — 0,5 чел. А какъ на отдѣленіе гранитной массы отъ скалы средней твердости полагается достаточнымъ по 3,75 фут. горизонтальныхъ и по 7,25 фут. вертикальныхъ цилиндровъ, то на кубич. сажень отдѣляемой массы нужно:

1) Для сверленія: — бурильщиковъ 2,25 челов., рабочихъ — 4,05 челов.

2) Для заряжанія, забойки и другихъ приспособленій—запальщиковъ 0,4 и пороха 4 фунта.

Эти рабочія силы назначаются для краснаго финляндскаго гранита, а для породъ болѣе твердыхъ, какъ Сердобольскій гранитъ, число рабочихъ нужно увеличить на 30%.

III. Для раздѣленія подорванныхъ массъ на меньшія части (стулья) на пробивку пазовъ шириною отъ 4 до 5 дюймовъ, глубиною отъ 10 до 12 дюймовъ, для сверленія и заряжанія вертикальныхъ цилиндровъ, глубиною до 12 футовъ, необходимыхъ для развалки стульевъ, на кубич. сажень отдѣляемой массы, нужно: ломщиковъ 6; бурильщиковъ 3,4 человекъ; пороху—1,8 фунт.

Для раскалыванія, по вырубленнымъ пазамъ, гранитныхъ массъ на стулья, желѣзными клиньями, съ развалкою пороховъ, желѣзными рычагами и вагами съ поднятіемъ на подкладки, на куб. саж.—ломщиковъ 3, рабочихъ 14 человекъ. Для раздѣленія стульевъ на куски потребной величины, по вырубленнымъ пазамъ, глубиною отъ 7 до 9 дюймовъ, съ расколотиемъ желѣзными клиньями, развалкою рычагами и вагами, постановкой на катки помощію домкратовъ и оттаскиваніемъ отъ прилома шпильями (воротами) на разстояніе до 30 саж. на куб. сажень. нужно—ломщиковъ 10 и рабочихъ 18 человекъ. При средней величинѣ камней, въ  $\frac{1}{4}$  куб. саж., вырубается пазовъ до 23 футовъ, что соразмѣряется, однакоже, съ числомъ кусковъ, на которое раздѣляется масса.

IV. Для добыванія одной куб. саж. годнаго для тески дикаго камня (полеваго, булыгъ) потребуется разорвать пороховъ до 3 куб. саж. камня; а потому: 1) для сверленія цилиндровъ полагать бурильщиковъ — 18 чел.; 2) для заряженія, забойки и др. приспособленій—рабочихъ 1,5 чел.; 3) пороху 9,6 фунтовъ.

Камни, предназначаемые для кладки въ различнаго рода сооруженіяхъ, обдѣлываютъ въ правильную форму распилкою или обтескою. Многіе мягкіе камни, напр. мѣль, туфъ и т. п., можно распилывать пилою съ зубьями на части произвольной величины и вида. Однородныя твердыя породы, напр. мраморъ, распилываютъ пилою безъ зубьевъ, состоящую изъ полосы котельнаго желѣза (шириною отъ 4 до 6 вершковъ и толщиною до  $\frac{1}{10}$  дюйма), подливая подъ нее воду и подсыпая мелкій кварцевый песокъ. — Неоднородные камни, каковы гранитъ и всѣ камни крупнозернистой породы, нельзя распилывать, потому что въ нихъ одни зерна, напр. кварцевые, представляютъ дѣйствию пилы большее сопротивленіе нежели другія, напр. слюдистыя и полевошпатовыя, вслѣдствіе чего пила кривится и скоро портится. Такіе камни обдѣлываются посредствомъ тески, которую, по степени гладкости получаемой поверхности, раздѣляютъ: на *грубую*, *получистую* и *чистую*.

Грубая теска состоитъ въ томъ, что съ камня сбиваютъ значительныя неровности. Ее производятъ на мѣстѣ самой ломки. потому что свѣжевынутый камень мягче, и чтобы не перевозить лишняго груза.

Черт. XII. Грубая теска производится *тесовикомъ*, фиг. 174, насаженнымъ на длинную рукоятку; острая оконечность его наваривается сталью. Тесовикомъ бьютъ съ размаха по выдающимся частямъ камня. на поверхности котораго образуются неглубокія борозды. При грубой тескѣ угловъ и *кромокъ* (реберъ) употребляютъ *долото*, фиг. 175, по которому бьютъ небольшимъ молоткомъ, называемымъ *кианкою*, фиг. 176.

•фиг. 174.

•фиг. 175.

•фиг. 176.

Получистая теска производится на мѣстѣ производства работъ; она отличается отъ грубой тѣмъ, что бороздки бываютъ болѣе мелки, въ чистой же онѣ еще мельче, такъ что нельзя ихъ замѣтить на глазъ, а можно только ощупать рукою.

Для той и другой тески употребляютъ *киуръ*, который отличается отъ тесовика тѣмъ, что оканчивается не остриемъ, а довольно широкимъ ребромъ, фиг. 177. Черт. XII.  
фиг. 177.

Киуры бываютъ двухъ родовъ: въ однихъ ребра направлены поперекъ, а въ другихъ вдоль рукоятки; иногда оба рода соединяютъ въ одномъ инструментѣ, фиг. 178. фиг. 178.

Ими бьютъ по камню съ большимъ или меньшимъ усилениемъ. Киуры бываютъ вѣсомъ отъ 2-хъ до 5 фунтовъ и между этими предѣлами они получаютъ различные номера. Работу начинаютъ съ самыхъ тяжелыхъ и по мѣрѣ того какъ поверхность камня станетъ глаже, тяжелые киуры замѣняютъ болѣе легкими. Чтобы отесывать углы и кромки употребляютъ долото, оканчивающееся острымъ ребромъ. Многія породы камней не удерживаютъ острыхъ реберъ, у такихъ камней лучше стесывать кромки. Всѣ эти инструменты употребляются для обтесыванія камней кремнистыхъ породъ; для камней же мягкихъ, напр. известковыхъ, употребляютъ *кирку*, фиг. 179. фиг. 179.

Если желаютъ придать камню еще болѣе гладкую поверхность, то его *куютъ*, или *кантуютъ*, т.-е. проходятъ по поверхности его, перпендикулярно направленію бороздъ чистой тески, легкимъ киуромъ и тѣмъ сглаживаютъ неровности; такой камень получаетъ названіе *кованнаго*. Наконецъ для работъ изящной архитектуры, камень *шлифуютъ* и *полируютъ*. Для шлифовки камень отесываютъ какъ можно чище, потому что теска производится быстрѣе и легче шлифовки; затѣмъ поверхность камня посыпаютъ пескомъ и трутъ другимъ камнемъ, болѣе твердой породы, обыкновенно кремнистымъ песчаникомъ, подливая въ песокъ воды. Поверхность шлифованнаго камня получается матовою и называется *тертою*.

Полировка отличается отъ шлифовки тѣмъ, что для нея, вмѣсто песка, употребляютъ *трепелъ*, или *полировальный сланецъ*. По дороговизнѣ этого матеріала его часто замѣняютъ *наждакомъ*, который толкутъ и *отмучиваютъ* для полученія тончайшаго порошка; трущій же камень при полировкѣ замѣняютъ желѣзнымъ *утюгомъ*. Для приданія камню плоской поверхности употребляютъ *правила*, т.-е. деревянные фугованные бруски квадратнаго сѣченія, которые прикладываютъ ребромъ къ отесываемой поверхности и смотрятъ на свѣтъ, чтобы ребро прикасалось вездѣ къ поверхности камня и по всѣмъ направленіямъ, не образуя щели, или просвѣта. Для обдѣлки въ камень угловъ, употребляютъ наугольники съ постояннымъ и переменнымъ угломъ. Кривыя поверхности въ камнѣ обтесываются по *лекаламъ* и *шаблонамъ*.

По урочному положенію, для обтески одного квадрат-фута поверхности камня, нужно камнетесовъ или дикарщиковъ.—

	Прямыхъ плоскостей по правилу наугольнику.			По лекалу.		По шаблону.	
	Грубо.	Получисто.	Чисто.	Получисто.	Чисто.	Получисто.	Чисто.
Камнетесовъ или дикарщиковъ.							
Для обтески квадрати. фута гранита:							
1. Твердаго (сѣраго) . . . . .	0,3	0,4	0,55	0,75	0,95	0,85	1,2
2. Средней твердости (краснаго) .	0,22	0,3	0,45	0,6	0,8	0,68	0,9
Отколотыхъ частей булыгъ:							
3. Рѣчныхъ . . . . .	0,35	0,47	0,6	0,8	1	0,9	1,3
4. Полевыхъ . . . . .	0,25	0,33	0,47	0,65	0,85	0,73	1
Путиловской, Тосненской и Гатчинской плиты:							
5. Для цоколя на квадр. футъ лица.	0,22	—	—	—	—	—	—
6. Предварит. грубо обтесанной .	—	0,13	0,18	0,22	0,29	0,26	0,34
7. Татаровскаго песчаника (Московского) . . . . .	0,17	0,22	0,31	0,44	0,58	0,5	0,68
8. Мячковскаго кремнистаго (Московского) . . . . .	0,06	0,1	0,13	0,15	0,22	0,19	0,28
9. Мячковскаго мягкаго (Московского) . . . . .	0,02	0,06	0,09	0,11	0,16	0,14	0,17
10. Порфира южнаго берега Крыма.	0,34	0,48	0,66	0,83	1,1	1	1,4
11. Гранита въ Хотинскомъ уѣздѣ Бессарабск. губ. . . . .	0,15	—	0,36	—	0,48	—	—

Для *окожи* и приправки лица, постелей и заусенковъ крупнаго булыжнаго камня, для цоколя и стѣнъ, на *квадрати. сажень* лицевой стороны, нужно камнетесовъ 10' человекъ. Причемъ булыжнаго камня, отъ 1½ до 2-хъ фут., на облицовку одной квадр. сажени съ потерей при околѣѣ нужно до 1/3 кубич. сажени.

По *Готтею*, для обдѣлки лицевыхъ граней мягкаго песчаника, на квадратный футъ, нужно камнетесовъ: грубою тескою — 0,05, чистою тескою — 0,07, полировкою — 0,1 человекъ. На выломку и обтеску твердыхъ камней нужно рабочихъ силъ: при твердомъ песчаникѣ въ два раза, при твердомъ известнякѣ, мраморѣ или гранитѣ. въ три или четыре раза болѣе нежели при мягкомъ песчаникѣ. При обтескѣ кривой поверхности количество работы увеличивается противъ работы на обтеску плоской поверхности въ 2½ раза раздѣленному на радиусы кривизны въ футахъ.

*Каменные и кирпичныя кладки.* Каменные кладки различаются по

роду матеріала, изъ котораго онѣ производятся. Кладка бываетъ: *тесовая, бутовая, кирпичная, булыжная, бетонная и смѣшанная*. При всякой кладкѣ стараются достигнуть одной цѣли—придать каменной толщѣ, по возможности, такую связь и твердость, какъ если бы она состояла изъ цѣльнаго камня. Для этого должно руководствоваться слѣдующими главными правилами: 1) возводить каменное строеніе рядами, имѣющими совершенно или почти перпендикулярное направленіе къ тому давленію, которому они подвергаются и избѣгать въ строеніи длинныхъ швовъ, параллельныхъ этому давленію, располагая швы въ перевязку; 2) большіе камни класть въ нижней части строенія; 3) камни имѣющіе слоистое сложеніе класть такъ, чтобы направленіе слоевъ было перпендикулярно къ дѣйствующему давленію; 4) поверхность сухихъ и скважистыхъ камней, быстро втягивающихъ въ себя влагу, должно смачивать водою прежде положенія на мѣсто для того, чтобы растворъ не слишкомъ скоро высыхалъ и не обращался въ порошокъ; 5) пространство между камнями (швы, пустоты, промежутки) должно быть возможно менѣе и все наполнено растворомъ.

Въ кладкѣ, *лицемъ* камня называется та его сторона, которая совпадаетъ съ наружной поверхностью стѣны; *постелями*, верхнею и нижнею, называются стороны камня, параллельныя направленію рядовъ; боками, или *заусенками*, называются грани камня, имѣющія перпендикулярное направленіе относительно лица и постелей; *швами* называются промежутки, отдѣляющіе одинъ камень отъ другаго и обыкновенно заполняемые растворомъ.

*Тесовая кладка* производится изъ правильно обтесанныхъ камней гранита, песчаника, мрамора и др. Эта кладка, по устойчивости и прочности, наиболѣе приближается къ цѣльной массѣ. Когда кладка производится изъ крупныхъ камней, то эти камни обыкновенно имѣютъ видъ прямоугольныхъ параллелепипедовъ и укладываются рядами не менѣе одного фута толщины.

Чтобы камни не могли ломаться поперекъ, они должны имѣть длину не болѣе утроенной толщины, если принадлежать къ мягкимъ породамъ, каковы слабые песчаники или зернистые известняки; длина камней твердыхъ породъ можетъ превосходить ихъ толщину въ четыре или пять разъ. Ширина камней мягкой породы можетъ быть отъ полутора до двухъ разъ болѣе толщины ихъ, а твердой породы до трехъ разъ.

Нужно стараться чтобы камни въ постеляхъ соприкасались въ возможно большемъ числѣ точекъ. тогда давленіе на отдѣльныя части того же камня будутъ распределяться равномернѣе. Если только при тескѣ всѣ бороздки находятся въ одной плоскости, то нѣтъ надобности стесывать гребешки между рубцами, потому что они увеличиваютъ треніе камней и способствуютъ лучшему прилипанію раствора.

Каждый камень должно приладить къ мѣсту сухимъ, для того чтобы видѣть хорошо ли онъ обтесанъ, и исправить неправильности, прежде нежели подлить растворъ. Ни одинъ боковой шовъ, или заусенецъ, не долженъ приходиться надъ швомъ нижняго ряда, а долженъ

заходить за него на толщину, или полторы толщины камня, т.-е. камни должны быть располагаемы въ *перевязку*. Такая перевязка дѣлается съ тою цѣлю, чтобы камень каждаго ряда былъ поддержанъ двумя камнями нижняго и самъ поддерживалъ бы по крайней мѣрѣ два камня лежащаго надъ нимъ ряда. При такомъ расположеніи камней въ кладкѣ, давленіе лучше распредѣляется; неровности въ грузѣ, поддерживаемомъ кладкою и неровности сопротивленія грунта, распространяются на большую площадь и уравниваются; строеніе получаетъ большую связь, какъ вдоль, такъ и поперекъ отъ тренія камней въ тѣхъ частяхъ, гдѣ они заходятъ одинъ на другой.

Положеніе камня длиною своею параллельно лицу стѣны называется *ложкомъ* или *ложкомъ*; положеніе же камня длиною поперекъ стѣны, называется *тычкомъ*. Ложковые камни даютъ кладкѣ продольную, а тычковые — поперечную связь. Лучшая перевязка въ тесовой кладкѣ есть та, когда въ каждомъ ряду, по лицу стѣны, камни лежатъ попеременно ложкомъ и тычкомъ, и лицевой конецъ каждаго тыча лежитъ на серединѣ ложка нижняго ряда, такъ что почти одна треть лицевой поверхности стѣны занята тычками. Вообще надобно стараться чтобы тычки занимали никакъ не менѣе четверти поверхности лица каменной кладки.

*Уловые камни*, которые должны быть большихъ размѣровъ и выбираются съ большою тщательностію, суть ложковые и тычковые вмѣстѣ, такъ какъ по одному лицу стѣны такой камень лежитъ длиною, а по другому лицу шириною. Толщина раствора въ швахъ хорошей тесовой кладки должна быть не болѣе восьмой доли дюйма. Объемъ раствора, нужнаго для этой кладки, составляетъ около восьмой доли объема камней.

Крупная тесовая кладка употребляется въ устояхъ и быкахъ гидротехническихъ сооруженій и мостовъ, а также въ аркахъ и парапетахъ мостовъ; въ облицовкахъ, углахъ, прокладкахъ и цѣпяхъ при другихъ каменныхъ, а также и кирпичныхъ кладкахъ; вообще крупная тесовая кладка даетъ строенію большую крѣпость и устойчивость.

Какъ бы лицо каменной кладки ни было отдѣлано, хотя бы лицевыя грани камней оставались въ томъ неправильномъ видѣ въ какомъ онѣ получались при выломѣ камня, по краямъ лицевой грани каждаго камня должны быть непремѣнно протесаны дорожки, составляющія прямые углы, или острия правильныя ребра съ плоскостями постелей и заусенковъ, для того чтобы камни можно было хорошо укладывать на мѣстѣ и правильно устанавливать одни въ отношеніи другихъ.

Въ мелкой тесовой кладкѣ, т.-е., когда толщина камней бываетъ всего отъ 7 до 9 дюймовъ, соблюдаются тѣ же правила какъ и въ крупной тесовой кладкѣ. Мелкая тесовая кладка употребляется въ надарочныхъ частяхъ, въ откосныхъ крыльяхъ мостовъ, для облицовки поддерживающихъ стѣнъ и въ другихъ подобныхъ случаяхъ. Въ гидротехническихъ сооруженіяхъ она можетъ служить облицовкою бутовой кладки. *Бутовая кладка* производится изъ бутовой плиты и булыжника



и вообще изъ камней неправильной формы. Кладка изъ плиты можетъ быть производима рядами, толщина которыхъ рѣдко превосходить одинъ футъ; сортируя плиту можно достигнуть ровной толщины слоевъ. Горизонтальность каждаго ряда должна быть провѣрена прежде укладки слѣдующаго ряда; боковыя грани камней въ бутовой кладкѣ могутъ быть и не перпендикулярныя къ постелямъ. По крайней мѣрѣ четвертая часть лица каждаго ряда должна состоять изъ тычковь; каждый тычекъ долженъ имѣть толщину равную толщинѣ ряда, ширину отъ полутора до двухъ разъ, а длину отъ трехъ до пяти разъ болѣе толщины, какъ и въ тесовой кладкѣ. При бутовой кладкѣ рядами должно наблюдать, чтобы внутри кладки не было пустотъ или мѣстъ заполненныхъ только растворомъ; мелкимъ щебнемъ не должно наполнять такія мѣста, куда могутъ быть положены крупные камни; камни должно класть на ихъ естественную постель, т.-е. плашмя, тычки должны быть дѣйствительно большіе камни, перпендикулярныя къ лицу стѣны, а не лепядки поставленныя на ребро по лицу стѣны.

Обыкновенная бутовая кладка хотя выводится не рядами, но съ соблюденіемъ по возможности тѣхъ же правилъ. При кладкѣ же изъ булыжника, нельзя соблюдать правила перевязки, а потому стараются только размѣстить камни такъ, чтобы каждый изъ нихъ опирался въ возможно большемъ числѣ точекъ на камни нижняго ряда. Промежутки между большими булыгами стараются заполнить по возможности крупными камнями, а не однимъ растворомъ или очень мелкой рацебенкой.

Тесовую кладку часто соединяютъ съ бутовой, или съ забуткою. Въ такомъ случаѣ тесаные камни, составляющіе лицо кладки, или облицовку, должны быть обтесаны чисто по постелямъ и заусенкамъ, на разстояніи отъ лица равномъ одной или двумъ толщинамъ камня; остальные же части постелей и боковъ могутъ остаться грубо обтесанными; хвостами тычковь облицовка связывается съ забуткою. Когда бутовая кладка выводится рядами, тогда ряды ея должны соответствовать рядамъ облицовки и выводиться въ одно съ нею время.

Такъ какъ тесовая кладка производится изъ камней плотныхъ и твердой породы, то сопротивленіе ея давленію почти равно сопротивленію самаго камня. Сопротивленіе бутовой кладки раздавливанію, по *Ренкину*, составляетъ  $\frac{4}{5}$  сопротивленія камней, изъ которыхъ она сдѣлана; допускаемое сопротивленіе этой кладки обыкновенно 4 пуда на 1 квадратный дюймъ. Кладка изъ булыжнаго камня представляетъ еще меньшее сопротивленіе, и потому употребляется на фундаменты очень легкихъ построекъ или на стѣны невысокихъ сооружений.

Неудобство тесовой кладки—дороговизна ея, потому что выломка и обдѣлка большихъ камней дороги, а также дорога самая укладка камней, требующая механическихъ приспособленій, т.-е. медведокъ, воротовъ, крановъ, для подвозки и подымки тяжелыхъ камней. Бутовая кладка, какъ не требующая обтески, самая дешевая, и потому самая выгодная для гидротехническихъ сооружений, въ которыхъ не требуется

красоты въ кладкѣ. Соединеніе тесовой облицовки съ забутью очень употребительно въ строеніяхъ и даже очень хорошо въ механическомъ смыслѣ для такихъ сооружений, въ которыхъ давленіе къ лицу стѣны возрастаетъ, какъ напр., въ поддерживающихъ стѣнахъ.

*Кирпичная кладка* занимаетъ среднее мѣсто между тесовой и бутовой; она дешевле тесовой и красивѣе бутовой; по толщинѣ стѣнъ она бываетъ въ  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$  и т. д. кирпича. При кирпичной кладкѣ слѣдуетъ соблюдать слѣдующія общія правила: 1) всѣ покоробленные и изломанные кирпичи не должны идти въ кладку; 2) постели рядовъ должно располагать совершенно или почти перпендикулярно къ направленію того давленія, которому они подвергаются; 3) швы должны быть расположены въ перевязку, т.-е. шовъ каждаго ряда долженъ заходить за шовъ нижняго ряда, по крайней мѣрѣ на  $\frac{1}{4}$  длины кирпича; 4) поверхность каждаго кирпича должна быть очищена и смочена водою, прежде положенія на мѣсто, для того чтобы онъ не вытягивалъ слишкомъ быстро влажности изъ раствора; 5) каждый шовъ долженъ быть совершенно заполненъ растворомъ и толщина слоя раствора не должна превосходить одной четверти дюйма (по урочному положенію допускается 30 рядовъ кирпичей на одну сажень высоты кладки и слѣдовательно толщина швовъ допускается менѣе  $\frac{1}{8}$  дюйма); 6) не допускать въ кладку половинокъ, кромѣ крайней необходимости, напр. для заключенія ряда, обдѣлки угла или у отверстій; обломокъ кирпича никогда не долженъ быть менѣе его половины; 7) чтобы толщина стѣнъ выражалась кратнымъ числомъ отъ ширины кирпича. Напр., положимъ что кирпичная стѣна должна быть сдѣлана въ 32 вершка толщиною; раздѣляя на ширину кирпича, т.-е. на 3 вершка, получимъ  $10\frac{2}{3}$  полукирпичей, но въ случаѣ остатка берется число больше, т.-е. вмѣсто  $10\frac{2}{3}$  полукирпичей берется 11 полукирпичей и стѣнѣ дается толщина въ  $5\frac{1}{2}$  кирпичей; 8) самая тонкая кладка допускается въ  $\frac{1}{2}$  кирпича.

Черт. XII.  
фиг. 180.

Кирпичи, употребляемые въ строеніяхъ, имѣютъ всѣ одинаковую величину и форму; причемъ длина кирпича вдвое болѣе его ширины и потому одинъ ложекъ занимаетъ столько же мѣста, сколько два тычка по лицу стѣны. Для перевязки, кирпичи въ кладкѣ располагаются по какой нибудь одной системѣ. *Англійская перевязка*, которая считается самою крѣпкою и устойчивою, состоитъ изъ смѣняющихся рядовъ тычковыхъ и ложковыхъ, фиг. 180. Смѣна эта дѣлается иногда черезъ рядъ, иногда же бываетъ одинъ рядъ тычковыхъ на два, на три или даже на четыре ряда ложковыхъ. Ложки связываютъ стѣну вдоль, тычки же даютъ ей поперечную связь. Относительное количество рядовъ ложковыхъ и тычковыхъ зависитъ поэтому отъ относительной важности продольной и поперечной крѣпости стѣны. При расположеніи показанномъ на фиг. 180, т.-е. когда перевязка состоитъ изъ одного ряда тычковыхъ на два ряда ложковыхъ, стѣна имѣетъ одинаковую продольную и поперечную крѣпость, и это расположеніе употребляется въ большей части случаевъ.

При употребленіи англійской перевязки, въ каждомъ ряду тычковыхъ

вдвое болѣе боковыхъ швовъ нежели въ ложковомъ ряду; какъ бы тонки ни были эти швы, всетаки два тычка займутъ больше мѣста нежели одинъ ложковъ и совершенно точной перевязки, въ которой швы заходятъ одинъ за другой на четверть кирпича, быть не можетъ; напротивъ того, въ самыхъ тщательно возведенныхъ строеніяхъ случается, что какойнибудь шовъ одного ряда приходится прямо подъ швомъ нижняго ряда.

Въ *голландской перевязкѣ*, фиг. 181, каждый рядъ состоитъ изъ смѣняющихся тычковъ и ложковъ; тычекъ <sup>каждаго</sup> ряда лежитъ на срединѣ ложка нижняго ряда. Такъ какъ число заусеночныхъ швовъ во всѣхъ рядахъ одинаково, то тутъ не можетъ случиться неправильности въ перевязкѣ и стѣна имѣетъ лучшій наружный видъ нежели при англійской перевязкѣ, которая однако же считается крѣпче.

Черт. XII.  
фиг. 181.

Объемъ раствора въ кирпичной кладкѣ составляетъ  $\frac{1}{5}$  объема кирпича. Кирпичная кладка годится для всякаго рода сооружений; если кирпичъ плотень, хорошо обожженъ, то такая кладка непроницаема для воды и потому можетъ быть употреблена и для всякихъ гидротехническихъ сооружений. Въ Голландіи, гдѣ тесовый камень дорогъ, всѣ приморскіе шлюзы выведены изъ кирпича (клинкера).

При всѣхъ вышеозначенныхъ кладкахъ, т.-е. тесовой, бутовой и кирпичной, въ подпорныхъ стѣнкахъ, въ набережныхъ, въ береговыхъ устояхъ мостовъ и водоспусковъ, наружная и задняя поверхность ихъ должна быть сложена на гидравлическомъ растворѣ, чтобы сырость не могла проникнуть внутрь стѣны. Иногда это дѣлается, при каменной кладкѣ, замазкою швовъ, т.-е. изъ швовъ, по лицу стѣны, вынимается растворъ долотомъ на два или три дюйма въ глубину и замѣняется цементомъ или гидравлическимъ растворомъ. Но въ морскихъ сооруженияхъ цементъ, положенный такимъ образомъ, можетъ быть выбитъ ударами волнъ и потому при постройкѣ ихъ лучше употреблять, при самой кладкѣ, цементъ на пространствѣ двухъ или трехъ дюймовъ отъ лица стѣны.

Мы уже говорили о смѣшанной кладкѣ—тесовой съ бутовою; при забутовкѣ кирпичныхъ стѣнъ сзади бутовою кладкою, обѣ кладки связываются между собою прокладкою тычковъ. При производствѣ вообще смѣшанной кладки нужно, чтобы постели облицовки совпадали съ постелями забутовки. Когда стѣны облицовываютъ тесовымъ камнемъ, тогда забутовку стараются вести такъ, чтобы при забутовкѣ cadaго ряда тесоваго камня, поверхность забутовки выравнивалась съ верхнею постелью камней.

Въ случаѣ недостатка тесоваго камня на полную облицовку, тесовый камень располагаютъ въ самой массѣ кладки вертикальными или горизонтальными отдѣльными рядами, называемыми *тычами*, а промежутки между цѣпами заполняются по лицу мелкимъ матеріаломъ. Изъ наблюдений надъ стѣнами, гдѣ находились вертикальныя цѣпы, или прокладки тесоваго камня, оказалось, что въ стѣнахъ обнаруживались вертикальныя трещины отъ неравномѣрной осадки сооружения. А потому

въ гражданскихъ сооруженiяхъ употребляются только горизонтальныя цѣпи изъ прокладной плиты, на высотѣ половыхъ и потолочныхъ балокъ. Въ каменныхъ же плотинахъ, особенно невысокихъ, съ цѣповой стороны онѣ могутъ быть допускаемы.

*Бетонная кладка* тѣмъ удобнѣе, что ее можно производить не только на сухомъ мѣстѣ, но и подъ водою безъ водоотлива, и потому она часто употребляется для возведенiя подводныхъ основанiй. Бетонная кладка производится въ ящикахъ, или въ пространствѣ окруженномъ щитами, о чемъ сказано уже въ ст. 27.

*Соединенiе камней въ кладкѣ.* Камни въ строенiяхъ и сооруженiяхъ соединяются, или растворомъ, или притескою, или же желѣзными связями. Растворъ, употребляемый въ кладкѣ, служитъ не только какъ связывающее вещество, но онъ заполняетъ пустоты между камнями и этимъ не позволяетъ сырости входить въ промежутки камней, а также служитъ для равномерной передачи давленiя. Толщина слоевъ раствора зависитъ отъ величины и вѣса камней. Чѣмъ камень больше и поверхность его глаже, тѣмъ слой раствора тоньше и наоборотъ. Такимъ образомъ слой раствора дѣлаютъ: при тесовой кладкѣ отъ 0,1 до 0,2 дюйма; въ кирпичной отъ  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  дюйма, въ бутовой отъ  $\frac{1}{4}$  до 1 дюйма.

Такъ какъ растворъ твердѣетъ медленно, то въ тѣхъ строенiяхъ, которыя подвержены большому давленiю и нѣтъ времени ждать пока растворъ затвердѣетъ, чтобы возводить слѣдующiе ряды сооружения, камни соединяютъ притескою или желѣзными связями. Притеска называется *замкомъ*, когда подлѣ каждаго тычка *a* (фиг. 182) располагаются два ложка *b, b*, выступы которыхъ входятъ въ углубленiя, сдѣланныя въ тычкахъ; въ притескѣ *лапою*, камнямъ даютъ въ планѣ видъ трапеци (фиг. 183), причемъ углы дѣлаются градусовъ на 5 меньше прямого. Притеска много удорожаетъ кладку, такъ какъ требуетъ большой тщательности въ работѣ: притеска въ лапу лучше по своей простотѣ.

Черт. XII.  
•нг. 182.

•нг. 183.

При облицовкѣ бутовой кладки, для лучшаго ихъ соединенiя, заднiе концы тычковъ обдѣлываются въ видѣ ласточьяго хвоста и захватываются бутовой кладкой (фиг. 184), но въ этомъ случаѣ притеска можетъ быть самая грубая.

Черт. XII.  
•нг. 184.

Къ желѣзнымъ связямъ принадлежатъ: 1) *скобы*, для соединенiя сверху двухъ смежныхъ камней; загнутые концы скобы опускаются въ углубленiя сдѣланныя въ камняхъ и заливаются въ нихъ свинцомъ; 2) *пироны* — желѣзные бруски, квадратнаго или круглаго сѣченiя, вставляемые въ гнѣзда дыръ смежныхъ, соприкасающихся камней и заливаемые въ гнѣздахъ свинцомъ. вмѣсто желѣзныхъ пиროновъ лучше употреблять пироны изъ твердаго камня, сажаемые въ гнѣзда на цементъ; 3) *якоря*, служащiе для соединенiя облицовки съ забуткою; это тѣ же скобы, но имѣющiя на одномъ концѣ двѣ или три загнутыя вѣтви, задѣлываемыя въ облицовочный камень, а на другомъ концѣ два или три отверстiя для помѣщенiя *штырей*, или желѣзныхъ стержней, задѣлываемыхъ въ бутовую кладку. Все этого рода связи употребляютъ

ся преимущественно въ тесовой или бутовой кладкахъ, въ кирпичной же употребляются желѣзные полосы произвольной длины, соединяющіяся между собой и въ углахъ шпалнерами и закладываемыя за полъ-кирпича отъ наружной стороны стѣны.

Часто сооруженія, подверженныя дѣйствию воды, складываются изъ камня на-сухо, т.-е. безъ раствора; для этого кладутъ камни слоями одинъ на другой, а чтобы они не рассыпались, употребляются деревянные скелеты изъ забитыхъ въ нѣсколько рядовъ свай. на разстоянн сажени или ближе одна отъ другой и соединенныхъ вверху насадками. Между камнями иногда кладутъ мохъ, раковины или хрящъ, замѣняющіе растворъ. Этого рода кладкѣ, для бѣльшей устойчивости, придаютъ отлогій откосъ. Подобнаго рода кладка часто употребляется въ водосливныхъ плотинахъ.

Когда глубина воды очень значительна, какъ напр. при приморскихъ сооруженіяхъ, то употребляютъ *накидной способъ* кладки, матеріаломъ для котораго служатъ, или большія булыги, или искусственныя каменные глыбы, которыя, или располагаютъ правильно, какъ при обыкновенной каменной кладкѣ, помощью водлазныхъ приборовъ, или бросаютъ такъ, чтобы глыбы эти представляли каменное нагроможденіе, которое могло бы сопротивляться ударамъ волнъ. Ихъ готовятъ изъ бетона или изъ бутовой кладки на цементѣ, объемомъ отъ одной до двухъ куб. сажени, давая имъ форму продолговатыхъ прямоугольныхъ параллелепипедовъ.

*Производство кладки.* При *тесовой кладкѣ* мѣсто, назначенное подъ сооруженіе, расчищается, вынимается земля до грунта (если кладка не производится на искусственномъ основаніи) и дно выемки выравнивается подъ ватерпасъ. На этомъ днѣ разбивается периметръ сооруженія, съ обозначеніемъ его, или натянутою на колышкахъ тонкою проволокою, или бичевкою, называемою *причалкой*. На периметръ обозначается мѣсто каждаго камня перваго (нижняго) ряда. Кладку начинаютъ со средняго камня, для чего провѣшиваютъ ось, означая ее, или тонкими вѣхами, или проволокою или бичевкой, натянутыми на кольяхъ. Сначала кладутъ средній камень на назначенное ему мѣсто, на-сухо, безъ раствора, и посредствомъ ватерпасовъ повѣряютъ горизонтальность постели и вертикальность заусенковъ. Если нужно повѣрить наклонную лицевую грань, то къ ней прикладываютъ ватерпасъ ребромъ, которое имѣетъ требуемый уклонъ (фиг. 185). Удостоверившись въ правильномъ положеніи камня, его поднимаютъ съ мѣста, наливаютъ растворъ и садятъ камень на прежнее мѣсто уже на растворъ; выдавившійся изъ-подъ камня растворъ сгребаютъ и складываютъ отдѣльно. При употребленіи цемента, камень, прежде положенія его на растворъ, обливается водою. Заусенки, или сначала обмазываютъ растворомъ и потомъ придвигаютъ сосѣдній камень, или же заполняютъ промежутокъ (шовъ) послѣ положенія камней на мѣсто. Иногда вывѣривъ положеніе камня на мѣстѣ, его поднимаютъ на деревянные влинья, постель обмазываютъ кругомъ глиною и наливаютъ подъ камень жидкаго раствора тонкимъ слоемъ. Этотъ способъ

Черт. XIII.  
• фиг. 185.

укладки на растворѣ очень легокъ, но имѣеть то неудобство, что тонкій слой раствора, прежде чѣмъ опустить камень на мѣсто, успѣеть уже нѣсколько отвердѣть, и камень тогда сядетъ неровно, такъ что иногда приходится потомъ стесывать его верхнюю постель.

Если же камень кладется на густой растворъ, слой котораго будетъ имѣть значительную величину, то прежде повѣрки камня, на мѣсто, гдѣ онъ долженъ лежать, кладутъ дощечки, толщиною равную толщинѣ будущаго слоя раствора; на нихъ кладутъ камень, который послѣ повѣрки снимаютъ, густой растворъ накладываютъ между дощечками и разравниваютъ его по постели на высоту дощечекъ, а затѣмъ, снявъ дощечки и заложивъ мѣста гдѣ онъ лежали растворомъ вровень съ остальнымъ, немедленно опускаютъ камень въ растворъ на мѣсто. Такимъ же образомъ поступаютъ при кладкѣ слѣдующихъ камней нижняго ряда и камней слѣдующихъ рядовъ. Подвозка большихъ камней къ мѣсту укладки производится на *медвѣдку*, т.-е. на телѣжкѣ, состоящей изъ рамы, связанной изъ толстыхъ дубовыхъ брусевъ и лежащей на желѣзныхъ осяхъ, на которыхъ надѣты низкія дубовыя, окованныя желѣзомъ или чугуныя колеса. Сверхъ рамы имѣется досчатая настилка, или платформа, на которую помѣщаютъ перевозимый камень. Для передвиженія медвѣдки съ камнемъ употребляютъ деревянный вертикальный вѣротъ, или *шпиль*. Для подъема же и укладки камня, употребляютъ разнаго рода *краны* или *журавли*.

Если изъ тесовыхъ камней дѣлаютъ только одну облицовку, то по мѣрѣ укладки каждаго ряда облицовки вышеизложенными способами, выводятъ и бутъ или кирпичъ, наблюдая, чтобы ряды забутовки были всегда подъ одинъ уровень съ облицовочными рядами. Такъ какъ нельзя предполагать чтобы давленіе, передающееся на быкъ или устой, распространялось равномерно въ каждомъ сѣченіи на всю поверхность каменной кладки. потому что давленіе преимущественно производится на площадь сѣченія облицовки, то для сбереженія издержекъ и материала дѣлаютъ иногда въ забутовкѣ пустоты, или колодцы, которые, не уменьшая прочности каменной массы, облегчаютъ вѣсъ ея и слѣдовательно уменьшаютъ давленіе на основаніе. Подобная кладка быковъ и устоевъ съ пустотами употребляется часто въ мостахъ.

*Бутовая кладка.* При бутовой кладкѣ, производящейся не на искусственномъ основаніи, а прямо на грунтѣ, по вырытіи котлована (напр. подъ быкъ или береговой устой), дно котораго должно быть выравнено горизонтально подъ ватерпасъ, разбиваютъ, или очерчиваютъ на этомъ двѣ периметръ основанія возводимаго сооруженія. Для обозначенія лицеваго откоса кладки (будетъ ли онъ вертикальный или наклонный) устанавливаютъ и укрепляютъ профили *a, a*, вдоль периметра сооруженія съ внѣшней его стороны, состоящіе изъ деревянныхъ брусковъ, устанавливаемыхъ такимъ образомъ, чтобы плоскость совпадающая съ ихъ внутренними гранями, совпадала и съ лицевою гранью будущаго сооруженія. Эти профили устанавливаются на всѣхъ углахъ, выступахъ и прямыхъ частяхъ периметра возводимаго сооруженія, если линіи между

углами длины<sup>1)</sup>). На высотѣ отъ 2-хъ до 5-ти вершковъ отъ дна котлована, или на примѣрную толщину плиты, натягиваютъ по профилямъ, всегда горизонтально, тонкую проволоку или бичевку (причалку) такимъ образомъ, что она обхватываетъ собою кругомъ каждую профиль, какъ показано на фиг. 186, и представляетъ собою, на каждой горизонтальной высотѣ, периметръ сооруженія на этой высотѣ. При бутовой кладкѣ правильными горизонтальными рядами, съ подборомъ и подправкой плиты, мѣста, для натягиванія причалокъ, назначаются на профиляхъ карандашемъ, или вообще замѣтною чертою, проходомъ съ ватерпасомъ, по крайней мѣрѣ для первой горизонтальной высоты; причемъ провѣряется каждый разъ визирная плоскость внутреннихъ граней профилей, а также ихъ вертикальность или надлежащій наклонъ.

Когда причаль натянуть, то каменщики приступаютъ къ кладкѣ перваго ряда. Для этого они укладываютъ прямо на землю отобранныя для лица плиты (*верстовыя плиты*), примыкая ихъ одну къ другой и обращая ихъ наиболѣе правильнымъ прямымъ ребромъ къ причалкѣ. Такимъ образомъ, чтобы онѣ этимъ бокомъ только прикасались бы къ причалкѣ, нисколько не выпирая ее за периметръ основанія и вообще не искривляя ея прямого натянутого положенія (фиг. 187). По укладкѣ *версты* (верстовыхъ, или лицевыхъ плитъ) между ними забучиваютъ плитой на-сухо, подбирая плиту по возможности одинаковой толщины съ верстовою и укладывая бутовую плиту по возможности плотнѣе къ верстѣ и между собою, сбивая для этого молоткомъ выступы, мѣшающіе плотной укладкѣ. Хорошій подборъ плиты для забутки, съ наименьшей ея околкой, зависитъ отъ навыка и смѣтки каменщика. Уложивъ, такимъ образомъ, плиту на своемъ участкѣ, каменщики осаживаютъ плиты тяжелыми деревянными (съ желѣзнымъ на концѣ бугелемъ) трамбовками, а потомъ оставшіеся промежутки между плитами зацебениваютъ молоткомъ мелкими кусками плиты.

Черт. XIII.  
фиг. 187.

Полезно, для лучшей связи и сбереженія утечки раствора въ щели, особенно въ дождливое время, залить расцебенку между плитами полужидкимъ растворомъ.

При бутовой кладкѣ фундаментовъ подъ стѣны, на пару каменщиковъ отводится не менѣе  $1\frac{1}{2}$  саж. длины периметра сооруженія, причемъ они, наперставъ обѣ версты (лицевую и внутреннюю) забучиваютъ и зацебениваютъ свою часть. При кладкѣ же большихъ, или широкихъ площадей, напр. устоевъ, быковъ и т. п., пара подливаетъ только версту и одинъ рядъ плитъ забутки примыкающихъ къ верстѣ, зацебенивая между ними; середину же забучиваютъ особые каменщики, которые размѣщаются въ зависимости отъ величины площади, формы периметра сооруженія и тщательности кладки лица. При тесаной кладкѣ лица (облицовкѣ), лицевые камни тешутъ особые каменотесы, а каменъ-

1) Если лицевой откосъ кладки долженъ быть вертикальный, то должны быть вертикальны и внутреннія грани профилей; если же онъ долженъ быть наклонный, то и внутреннихъ граней профилей должны имѣть тотъ же уклонъ, который придается имъ ватерпасомъ имѣющимъ одно ребро съ такимъ же уклономъ.

щики только укладывают ихъ въ готовомъ видѣ. Приступая къ бутовой кладкѣ второго ряда, сначала укладываются и приправляются верстовыя плиты на-сухо, до смычки ихъ съ верстовыми плитами сосѣднихъ паръ, причемъ, для надлежащей перевязки кладки, наблюдаютъ: 1) чтобы верхній рядъ плитъ перекрывалъ вертикальные швы нижняго ряда, т.-е. чтобы вертикальный шовъ второго ряда не приходился противъ шва нижняго ряда; 2) чтобы чрезъ двѣ или три верстовыя плиты въ ряду пропускать одну верстовую плиту тычкомъ въ забутку, и 3) чтобы тычки въ рядахъ располагались въ шахматномъ порядкѣ. Затѣмъ, натянувъ горизонтально причалку на высотѣ второго ряда, снимаютъ первый верстовой камень и на его мѣсто кладутъ растворъ, разравнивая его на всей постелѣ этого камня. Смотри по величинѣ камня, одинъ или оба каменщика берутъ камень, кладутъ его на мѣсто, на растворъ, плотно къ причалкѣ, и осаживаютъ на растворѣ большимъ молотомъ. Далѣе снимаютъ два слѣдующихъ верстовыхъ камня, по одну сторону перваго, уложеннаго, на постель второго камня кладутъ растворъ и затѣмъ укладываютъ этотъ второй камень со стороны снятаго 3-го, двигая его по раствору къ 1-му камню такъ, чтобы онъ только слегка касался раствора, причемъ часть раствора имъ загребается и выжимается въ швъ между нимъ и 1-мъ камнемъ. Положенный на растворъ 2-й камень выравнивается по причалкѣ и осаживается молотомъ. По снятіи 4-го верстоваго камня также поступаютъ съ 3-мъ и т. д. Когда будетъ уложено на растворъ нѣсколько верстовыхъ камней, то за ними производится забутка также на растворѣ. Для этого, выбравъ подходящій по очертанію и высотѣ кусокъ плиты, кладутъ на ея мѣсто растворъ и, положивъ ее слегка на растворъ, сдвигаютъ ее по раствору, для прижатія къ сосѣднимъ камнямъ, чтобы въ швахъ между ними выступилъ растворъ, излишекъ котораго снимается со швовъ и кидается на мѣсто слѣдующаго бутоваго камня. Уложенный камень осаживается на растворѣ молотомъ до отказа. Такимъ же образомъ продолжается вся забутка 2-го ряда; въ образующіеся между камнями болѣе значительныя промежутки, подбираются или окальваются соответствующіе куски плиты; если нужно, прибавляется растворъ въ эти промежутки, подобранный кусокъ кладется въ промежутокъ на растворъ и уколачивается молоткомъ. Мелкіе промежутки, по выступившему въ швахъ раствору, плотно защебениваются мелкими кусками плиты. Точно такимъ же образомъ производится бутовая кладка 3-го и слѣдующихъ вверхъ рядовъ. Каждый рядъ кладки долженъ быть сдѣланъ такъ, чтобы ни одинъ камень не шевелился, что особенно важно при кладкѣ на цементѣ или гидравлической извести.

Плита при бутовой кладкѣ должна быть чиста, т.-е. не замарана грязью или прилипшей землей, для лучшей связи ея съ растворами, а при работѣ на быстро твердѣющихъ растворахъ, слѣдуетъ ее смачивать водой при укладкѣ на растворъ или при подливкѣ. Известь изъ творилъ разносится на носилкахъ въ каменщицкіе ящики, которыхъ полагается по одному на пару каменщиковъ. Уже въ ящикѣ въ известь



кладется надлежащее количество песку, смѣсь размѣшивается и разбавляется водой. Обыкновенно подносятъ камень, известь, песокъ, воду и готовятъ растворъ, подъ наблюдениемъ каменщиковъ, чернорабочіе; но если каменщики не дороги, то все это они дѣлаютъ сами. Верстовые камни обыкновенно подбираютъ сами каменщики; готовый растворъ изъ ящичковъ они берутъ и кладутъ прямо на мѣсто подлива желѣзной лопаткой, которой размѣшивается растворъ въ ящикѣ.

Цементъ смѣшивается съ пескомъ въ соотвѣтствующей пропорціи, въ особомъ большомъ ящикѣ, поставленномъ въ сараѣ, или вообще въ мѣстѣ закрытомъ отъ дождя и вѣтра. Эта смѣсь разносится въ каменщицкіе ящики въ сухомъ видѣ; въ ящикахъ она растворяется водой каменщиками, по мѣрѣ надобности, къ одной сторонѣ ящика, въ такомъ количествѣ, которое потребно на 10 минутъ работы. По мѣрѣ употребленія раствора, лопатой отгребаютъ сухую смѣсь на свободное мѣсто въ ящикѣ и опять разводятъ водою, чтобы получить растворъ на 10 минутъ работы и т. д.

При кладкѣ на цементѣ, разъ подлитый камень не слѣдуетъ шевелить и сдвигать, такъ какъ отъ этого нарушается связь раствора съ камнемъ. По этой же причинѣ нельзя допускать свалку камня съ носилокъ на кладку, сбивку въ кладкѣ бугровъ, для лучшей пригонки постелей при подливѣ слѣдующаго ряда, а также выправку и осадку кладки колотушками или трамбовками. Съ этою же цѣлью зацебениваютъ кладку не по окончаніи забутки, а вслѣдъ за нею. При неисполненіи этихъ условій, изъ крѣпко связанной кладки можетъ образоваться сухая кладка, такъ какъ растворъ потеряетъ всякую связь съ камнемъ. вмѣсто сбивки бугровъ, лучше подцебенить на растворѣ шатающуюся плиту; на верстовыхъ камняхъ это дѣлается при ихъ наверстываніи на-сухо, а при забуткѣ — во время самой работы.

При неимѣннй плиты, бутовую кладку можно производить изъ булыгъ и булыжника; но для этого необходимо распластовать большія булыги по возможности на болѣе плоскія части, чтобы въ отбитыхъ кускахъ по возможности образовать естественныя постели, лежа на которыхъ камень принимаетъ болѣе устойчивое положеніе. Разбивка булыжника изъ круглаго вида въ болѣе угловатый полезна также, не только въ смыслѣ болѣе устойчивости камней, при укладкѣ ихъ вмѣстѣ въ этой формѣ, но и потому, что свѣжіи изломъ камня лучше связывается съ растворомъ чѣмъ сглаженная наружная поверхность его. Но очевидно, что при бутовой кладкѣ изъ булыжника потребуется несравненно больше раствора, чѣмъ при кладкѣ изъ плиты, и самая работа будетъ идти медленнѣе, такъ какъ подборъ камня, для его устойчиваго положенія въ кладкѣ, здѣсь гораздо затруднительнѣе. Что же касается бетонной кладки, то объ ней подробно сказано въ ст. 27-й 2-й части.

*Кирпичная кладка* стѣнъ ведется горизонтальными рядами, проверяемыми ватерпасомъ; но чтобы лучше слѣдить за горизонтальностью кладки, къ фундаменту прибавляются деревянные рейки съ дѣленіями на цѣлики или вершки. Тогда при одномъ взглядѣ на рейки видно, гдѣ съ

кладкой поднялись и гдѣ обнизились. Выверстать кладку подъ ватерпасъ можно нѣсколькими рядами, утолщая или утоняя швы, или подбирая кирпичъ алѣе или желѣзистѣе, такъ какъ первый, въ томъ же обжигѣ, всегда имѣетъ размѣры полнѣе послѣдняго. Рейки помогаютъ и при опредѣленіи отверстій въ кладкѣ, напр. дверей, оконъ, а также поясковъ, выступовъ и проч. При чистой же кладкѣ, безъ штукатурки, на рейкахъ прямо разбиваютъ ряды кирпичей (по средней толщинѣ кирпича) и швы. Каменьщики разставляютъ по внѣшнему периметру сооруженія, не ближе 1½ саж. одинъ отъ другаго, парами, товарищъ противъ товарища, по обѣ стороны стѣны. Крайніе каменьщики, начиная рядъ, подливаютъ по два или по три верстовыхъ кирпича на глазъ; съ того и другаго конца на одинъ изъ подлитыхъ кирпичей кладется гвоздь, головкой на волю, и нажимается положенными на него кирпичами; на эти два гвоздя накладывается причалка, концы которой, по натяженіи ея, привязываются къ гвоздямъ, вбитымъ ниже въ швы фундамента. По натянутой такимъ образомъ причалкѣ, промежуточные каменьщики выставляютъ по *маячному* кирпичу (маяку). По натянутой причалкѣ наверстываютъ кирпичъ, какъ по лицу снаружи, такъ и внутри стѣны, выбирая кирпичъ чистый, не обитый, хорошо обожженный, правильный и одинаковой толщины. Передъ наверстываніемъ, каждый кирпичъ, предварительно, опускается въ ушатъ съ водою. Наверставъ кирпичи и сомкнувшись съ сосѣдями, кирпичи укладываютъ въ елку къ правой сторонѣ, обливаютъ ихъ въ этомъ положеніи водою изъ шайбы, снова натягиваютъ причалку и начинаютъ подливать съ лѣва на право.

Кладка производится въ *сокъ* или въ *замовъ*. При кладкѣ въ сокъ, каменьщикъ беретъ на лопатку (мастерскую) растворъ и разравниваетъ его на мѣстѣ подлива, затѣмъ кладетъ на растворъ первый кирпичъ, выравниваетъ его по стѣнѣ и причалкѣ и осаживаетъ на растворъ рукояткой лопатки, а затѣмъ собираетъ лопаткой выжимаемый изъ швовъ растворъ и отбрасываетъ его въ ящикъ. Положивъ также растворъ для втораго кирпича, онъ надвигаетъ этотъ кирпичъ по раствору къ первому кирпичу, нажимая его такъ, чтобы растворъ выступилъ въ шовъ между вторымъ и первымъ кирпичами, затѣмъ выравниваетъ второй кирпичъ по стѣнѣ и причалкѣ, осаживаетъ его на растворѣ и огребаетъ выступившій изъ швовъ лишній растворъ лопаткой, какъ и при первомъ кирпичѣ, и продолжаетъ такимъ же образомъ кладку остальныхъ кирпичей версты. Когда верстовые кирпичи съ обѣихъ сторонъ стѣны будутъ подлиты, то въ образовавшееся между ними корыто кладутъ лопаткой растворъ и на растворъ смоченные водою первые кирпичи забутки, осаживая ихъ молоткомъ и наблюдая чтобы они не лежали выше верстовыхъ кирпичей. Далѣе, растворъ кладется подъ слѣдующіе кирпичи забутки, разравнивается и частію накидывается на боковыя грани уже уложенныхъ верстовыхъ и забуточныхъ кирпичей, къ этимъ кирпичамъ придвигаются на растворѣ слѣдующіе кирпичи забутки, такъ, чтобы растворъ наполнилъ швы. Выходящій изъ швовъ лишній растворъ соскребается лопаткой и отбрасывается впередъ въ забутку. Такъ какъ

въ забутку кладутся половье (половинки) и трехъ-четвертные кирпичи, то между кирпичами могут образоваться болѣе или менѣе значительныя промежутки, которые расщепиваются въ растворѣ кирпичнымъ щепнемъ.

При кладкѣ въ заливъ, уложивъ первый кирпичъ, также какъ и при кладкѣ въ соель, каменщикъ беретъ на лопатку растворъ, разравниваетъ его на мѣстѣ подлива втораго кирпича, снимаетъ растворъ къ лицу на-нѣтъ, беретъ въ лѣвую руку второй кирпичъ, а правой, лопаточкой беретъ съ подлива немного раствора и кладетъ его на лѣвую *чубку* втораго кирпича (т.-е. на лѣвый заусенокъ), затѣмъ кладетъ второй кирпичъ на мѣсто, выравниваетъ, осаживаетъ и прижимаетъ его рукояткой лопатки къ первому подлитому кирпичу, снимая лопаточкой выжимаемый изъ швовъ растворъ и отбрасывая его въ ящикъ. Такимъ же образомъ онъ поступаетъ при укладкѣ слѣдующихъ верстовыхъ кирпичей. Когда верстовые кирпичи съ обѣихъ сторонъ стѣны будутъ подлиты, то во все между ними корыто кладутъ лопатой растворъ, разводя его водой, перемѣшиваютъ, и въ этотъ жидкій растворъ кладутъ кирпичи забутовки одинъ къ другому, а промежутки между ними зацебививаются. Затѣмъ смочивъ кирпичи сверху водой, кладутъ въ швы немного раствора, разводя его жидко водой и постоянно мѣшая чтобы песокъ изъ раствора не осѣдалъ на дно шайки, заливаютъ въ забутку этотъ жидкій прыскъ, сгоняя его лопаточкой съ кирпичей въ швы, пока всѣ швы въ забуткѣ не заполнятся растворомъ и не будетъ между ними *свищей*.

Какъ при томъ, такъ и при другомъ способѣ кладки, наблюдается указанное выше правило для перевязки кирпичной кладки, т.-е. расположение ложковъ и тычковъ, прерываемость вертикальныхъ швовъ и т. п.

Правила строительнаго искусства не допускаютъ кладки въ заливъ, такъ какъ слишкомъ жидкій растворъ, при отвердѣваніи, обращается въ рыхлую массу, которая не въ состояніи крѣпко связать отдѣльные кирпичи между собою; тогда какъ густой растворъ при отвердѣваніи имѣетъ иногда плотность и силу сцѣпленія болѣе чѣмъ самый кирпичъ и потому отвѣчаетъ главной цѣли кладки—образовать изъ отдѣльныхъ камней или кирпичей цѣльную связанную массу. Но наши каменщики, предоставленные сами себѣ, безъ ближайшаго надзора, обыкновенно держатся кладки въ заливъ и нѣкоторые строители находятъ въ этомъ способѣ кладки слѣдующія практическія преимущества: 1) работа при этой кладкѣ идетъ быстрѣе; 2) каменщикъ обращаетъ главное вниманіе на правильность кладки, а не на пустоту швовъ; 3) при подливѣ версты, наложивъ въ избыткѣ раствора, каменщикъ менѣе его теряетъ чрезъ выпаденіе изъ швовъ, успѣвая собрать его лопаткой, отчего происходитъ экономія въ растворѣ; 4) хотя кирпичъ жадно поглощаетъ воду, но жидкій растворъ успѣваетъ заполнить всѣ промежутки кладки, не оставляя свищей; 5) если при этой кладкѣ не дозволить затирать швы лопаточкой и перетаскивать по кладкѣ шайки съ водою, а лишь переставлять ихъ, то тщательность заполнения швовъ

растворомъ всегда будетъ видна; тогда какъ замазывать швовъ и свинцей только снаружи растворомъ, очень часто дѣлается каменщиками при кладкѣ въ сокъ; 6) кладка въ сокъ хороша лишь при идеально хорошемъ производствѣ работы со стороны каменщиковъ. въ дѣйствительности же чаще получается работа медленная и не всегда добросовѣстная.

По урочному положенію требуется:

I. Для кладки по лицу стѣны или цоколя, гранитныхъ или другихъ пятикантныхъ <sup>1)</sup> камней логомъ:

1) Съ укрѣпленіемъ скобами, пиронами и заливкою ихъ свинцомъ, на квадратную сажень облицовки камнетесовъ 6,72 челов.

2) Безъ пиროновъ, но со скобами, камнетесовъ—5,76 челов.

3) Безъ скобъ и пиროновъ—камнетесовъ 4.80 человѣка.

Если кладка будетъ поперебѣнная тычкомъ и логомъ, то къ назначенному числу камнетесовъ нужно прибавлять 25%, или  $\frac{1}{4}$  часть.

Для связи гранитной одежды съ забуткой, употребляются желѣзные скобы съ раздвоенными концами (анкеры), врубаемая по срединѣ шва въ два камня; на другомъ же концѣ скобы дѣлается кольцо, или пробонна, въ которую вставляется желѣзный штырь, закладываемый въ забутку.

II. Для подливки приготовленныхъ теской лещадокъ, напр., на покрытие стѣны, выкладки флюбетовъ водоспусковъ и т. п., на квадратную сажень основанія (нижней постели) и на каждый дюймъ толщины—камнетесовъ 0,4 человѣка.

III. Для бученія фундамента крупнымъ булыжникомъ или въ неправильныхъ кускахъ камнемъ, по известковому раствору, съ плотной укладкой камней и расщебенкою, или плитою по известковому раствору, съ плотной защебенкой заусеньевъ, на куб. саж. бута, полагать: каменщиковъ 5 человѣкъ, рабочихъ 4 человѣка.—Раствора 0,37 куб. саж.

IV. Для тщательнаго бученія фундамента, или забутки за цоколемъ, плитою, по известковому раствору правильными рядами, при значительныхъ сооруженіяхъ, съ подборомъ, приправкою, выравниваніемъ въ забуткѣ плиты съ рядами камней облицовки и расщебенкою, на куб. саж. бута: каменщиковъ 8 человѣкъ, рабочихъ 4 человѣка, раствора 0,37 куб. саж.

V. Для одежды булыжнымъ камнемъ на мху, земляныхъ откосовъ, съ грубой околкой лица и постелей, на куб. саж. каменщиковъ—8 человѣкъ, рабочихъ—2 человѣка.

VI. Для бученія фундамента кирпичемъ по раствору, съ расщебенкою и заливкою каждого ряда прыскомъ, на куб. саж. бута каменщиковъ 4, рабочихъ 2 человѣка, кирпича желѣзнаго или полужелѣзнаго вида, съ изломомъ, 3150 штукъ, раствора 0,31 куб. саж.

<sup>1)</sup> То-есть камней имѣющихъ форму прямоугольнаго параллелепипеда, у которыхъ верхняя и нижняя постели, двѣ грани заусеньевъ и лицо, т.-е. 5 граней, обтесаны а 6-я обращенная къ забуткѣ, оставлена въ грубомъ неоттесанномъ видѣ.

VII. Для правильной кладки кирпича, исчисленнаго собственно на стѣны (безъ добавляемаго на изломъ), по шнуру, отвѣсу и ватерпасу, на растворѣ, съ расщепенкою и заливкою прыскомъ каждаго ряда:

При толщинѣ стѣны:	На квадратную сажень стѣны.			Каменьщикѣвъ.	
	Кирпича штукъ.	Раствора куб. саж.	Каменьщикѣвъ.	На куб. саж. кладки.	На 100 кирпичей кладки.
Въ 1/2 кирпича	205	0,02	1,44	21,52	7
„ 1	410	0,04	2,05	15,37	5
„ 1 1/2	615	0,06	2,21	11,07	3,6
„ 2	820	0,08	2,3	8,61	2,8
„ 2 1/2	1025	0,1	2,46	7,38	2,4
„ 3	1230	0,12	2,76	6,92	2,25
„ 3 1/2	1435	0,14	3,01	6,45	2,1
„ 4	1640	0,16	3,28	6,15	2
„ 4 1/2	1845	0,18	3,5	5,84	1,9
„ 5	2050	0,2	3,7	5,53	1,8
„ 5 1/4	2255	0,22	3,83	5,22	1,7
„ 6	2460	0,24	3,93	4,92	1,6
„ 6 1/2	2665	0,26	4	4,61	1,5
„ 7	2870	0,28	4,02	4,3	1,4
„ 7 1/2	3075	0,3	4	4	1,3
одну сажень	3120	0,304	3,9	3,9	1,25

Для подноски кирпича, раствора и воды, съ разстоянія до 40 саж., съ подъемомъ на лѣса по стремянкамъ, съ двойнымъ противъ подъема заложениемъ, на каждую тысячу кирпича, исчисленнаго безъ излома, полагаютъ рабочихъ въ помощь каменьщикамъ

на высоту въ сажняхъ . . . 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10  
рабочихъ . . . . . 2,18—2,52—2,85—3,19—3,53—3,87—4,4—4,57—4,92—5,28

Для кладки каждой тысячи кирпича полагается раствора 0,0975 куб. саж. Въ стѣнахъ глухихъ, на изломъ прибавляется 5% кирпича: для сводовъ и особенно тщательной кладки стѣны — 8%; если же кирпичъ лежалъ на открытомъ воздухѣ болѣе 2-хъ лѣтъ, то 10%. При исчисленіи рабочихъ принято, что 1000 кирпича, съ потребными для его кладки растворомъ и водою, имѣетъ вѣсу 400 пудовъ.

**33. Плотничныя работы.**—Производство разнаго рода сооружений, или частей сооруженія, изъ дерева, составляетъ плотничную работу. Болѣе мелкія части строеній, требующія особенно тщательной от-

дѣлки. производятся столярной работой. Тѣ и другія работы заключаются въ разнаго рода соединеніяхъ отдѣльныхъ частей деревянныхъ матеріаловъ въ требуемое цѣлое. Въ плотинахъ и водоспускахъ употребляются только плотничныя работы.

Плотники производятъ работу изъ готовыхъ бревень, досокъ, тесу, гонту, драни, такъ что рубка лѣса и приготовленіе бревень, досокъ, тесу, гонту, драни, не относится къ плотничнымъ работамъ; приготовленіе же изъ бревень *брусевъ*, принадлежитъ къ плотничной работѣ. При сооруженіи плотинъ и водоспусковъ, къ плотничной работѣ относятся: рубка стѣнъ ряжей изъ бревень; заготовка брусевъ, лежней, свай простыхъ и шпунтовыхъ; укладка брусевъ и насадокъ; *сращиваніе* брусевъ и *наращиваніе* свай; обдѣлка и устанавливаніе стоекъ; врубка брусевъ въ ряжи и между собою; настилка половъ и мостовъ; дѣланіе щитовъ и заставокъ и т. п.

Плотничное искусство заключается въ томъ, чтобы: 1) придавать частямъ дерева возможно точную, требуемую форму; 2) соединять части плотно и щитно, безъ щелей и просвѣтовъ, притомъ такъ, чтобы при врубкахъ одной части въ другую наименѣе ослаблять каждую изъ нихъ; 3) такъ располагать части, чтобы при достаточно прочномъ сопротивленіи, употреблять въ дѣло наименьшее количество матеріала и 4) наконецъ производить всю работу быстро и отчетливо.

Главное орудіе при производствѣ плотничныхъ работъ есть *топоръ*, которымъ плотникъ *рубить, тешеть, колетъ* дерево. Посредствомъ топора онъ обтесываетъ бревна въ брусья; въ брусьяхъ отбираетъ четверти и шпунты, нарубаетъ гребни, зарубаетъ шины и т. п. Для распиловки бревень, брусевъ, досокъ, поперекъ волоконъ, плотники употребляютъ *поперечную пилу*, которою работаютъ два человѣка: для небольшихъ распиловокъ вдоль волоконъ, или небольшихъ частей, т.-е. не толстыхъ, поперекъ волоконъ, употребляется одноручная *луковая пила*. Это плотничьи рѣзущіе инструменты. Для долбленія дерева, напр., гнѣздъ для шиповъ, употребляется *шиповое долото* и плоское, болѣе широкое, долото, или *стамеска*. Стругальныя инструменты плотниковъ суть: *скобель, шерхебель, рубанокъ, медведка, фуанокъ, зензубель* и *пазникъ*, или *дорожникъ*. *Скобель* состоитъ изъ желѣзной полосы, согнутой въ полукругъ, у которой настальное ребро с острое; концы полосы укрѣплены въ деревянныхъ ручкахъ *hh*. Скобель употребляется для грубой стружки круглыхъ бревень, чтобы придать ихъ поверхности болѣе гладкій видъ.

Черт. XIII.  
фиг. 188.

*Шерхебель* имѣетъ общій видъ рубанка, но лезвее его желѣзка полукруглая; онъ служитъ для снятія большой и грубой стружки. *Рубанокъ* служитъ для чистаго обстругиванія поверхностей пройденныхъ передъ тѣмъ шерхебелемъ. Лезвее желѣзка въ немъ прямолинейное, а самое желѣзко установлено въ колодеѣ подъ меньшимъ угломъ наклона къ обдѣлываемой плоскости, чѣмъ въ шерхебелѣ.

*Медведка* есть большой рубанокъ, на колодеѣ котораго укрѣплены двѣ ручки, за которыя дѣйствуютъ два плотника, сидя обыкновенно вер-

хомъ на стругаемомъ брусь, лицомъ другъ къ другу. Желѣзко медведки довольно широкое, съ прямолинейнымъ лезвиемъ. Медведка употребляется для болѣе скорой, но грубой стружки.

*Фуранокъ* есть тотъ же рубанокъ, но въ длинной колодежѣ; онъ служитъ для приведенія поверхностей брусевъ и досокъ въ плоскость болѣе правильнаго вида, а также для обстругиванія кромокъ сплавляемыхъ между собою досокъ, чтобы придать этимъ кромкамъ прямолинейную форму.

*Зензубель* служитъ у плотниковъ лишь для очистки четвертей, которыя они, въ грубомъ видѣ, выбираютъ сначала топоромъ. Желѣзка зензубеля имѣетъ видъ лопаточки и вкладывается въ колодеку снизу; строгаютъ же она боковыми своими лезвиями.

*Пазникъ*, или *дорожникъ* (шпунтубель), употребляется преимущественно для продороживанія кровельнаго теса; узкое желѣзко его имѣетъ полукруглое лезвие; а для правильнаго направленія дорожника, параллельно ребру тесницы, служитъ планка, придѣлываемая къ колодежѣ дорожника сбоку.

Для просверливанія въ деревѣ круглыхъ отверстій (для деревянныхъ нагелей, желѣзныхъ болтовъ, гвоздей и т. п.) служатъ плотникамъ *буравы*, или *напарья*, разныхъ диаметровъ.

Для проведенія длинныхъ прямыхъ линій на граняхъ брусевъ или на доскахъ, а также на бревнахъ, при обтескѣ ихъ въ брусъ, служитъ плотникамъ *шнуръ*, натраемый мѣломъ или углемъ, посредствомъ натягиванія котораго чрезъ двѣ данныя точки, отбивается имъ требуемая прямая линія. Вертикальность линій провѣряется плотниками *отвѣсомъ*, для чего на одномъ концѣ шнура прикрѣпляется *въсокъ*, т.-е. свинцовая гирька. Шнуръ обыкновенно наматывается на катушку, или *вьюшку*. Горизонтальность линій провѣряется *ватерпасомъ* (фиг. 480), Черт. XXXV. при помощи того же шнура и отвѣса. Перпендикулярныя линіи назначаются по *наугольнику*.

Для щитнаго сплавиванія между собою бревень, а также брусевъ и досокъ, когда кромки ихъ не отфугованы, плотники *причерчиваютъ* одну часть къ другой. Для этого служатъ *черта* (фиг. 189) и *отволока* (фиг. 190). Черта состоитъ изъ желѣзной скобы съ заостренными концами, которая пружинитъ: чтобы установить острые концы на данномъ разстояніи, между ними вкладывается деревянный клинокъ, около котораго концы желѣзки стягиваются крѣпко бичевкой. Отволока же состоитъ изъ деревяннаго бруска, котораго форма видна на фиг. 190, и сквозъ выступъ котораго пропущенъ гвоздь. Чтобы причертить между собою, напр. нефугованныя кромки двухъ досокъ, ихъ кладутъ рядомъ на такомъ разстояніи одну отъ другой, чтобы ведя остріе *a* черты или отволоки, по кромкѣ одной доски, остріе *b* вездѣ захватывало бы кромку другой. Тогда всѣ изгибы первой кромки начертятся остріями *a* на другой доскѣ около ея кромки, которая и обтесывается по этой начерченной линіи. Тогда доски сложенные вмѣстѣ будутъ вездѣ плотно соприкасаться своими кромками.

Черт. XIII.

фиг. 189.

фиг. 190.

Мѣрою плотникамъ, при ихъ работахъ, чаще служатъ аршинъ и сажень, а иногда и футъ; для откладки небольшой длины линий, плотники имѣютъ иногда желѣзный циркуль, а для проведенія самыхъ линий карандашъ.

Плотничьи работы вообще заключаютъ въ себѣ: 1) рубку стѣнъ и уловъ; 2) различные способы врубокъ бревенъ и брусевъ между собою; 3) различныя шиповыя соединенія бревенъ и въ особенности брусевъ между собою; 4) сращиваніе и наращиваніе бревенъ и брусевъ; 5) сплачиваніе бревенъ, брусевъ и досокъ.

Мы лишь кратко укажемъ на различные способы соединенія деревянныхъ частей, въ этихъ различныхъ случаяхъ, наиболѣе употребляемые въ практикѣ.

Черт. XIII. I. При ряжевой рубкѣ стѣнъ, бревна сплачиваются одно съ другимъ, или въ пазъ или въ шпунтъ. Въ жилыхъ деревянныхъ строеніяхъ бревна снп. 191. чаще сплачиваются въ пазъ, съ прокладкою между ними моха, пакли или войлока; въ ряжахъ же значительныхъ гидротехническихъ сооружений онѣ чаще сплачиваются въ шпунтъ, съ прокладкою въ шпунтѣ снп. 192. просмоленнаго крестьянскаго сукна, для большей непроницаемости стѣны водою. При сплачиваніи въ пазъ, для того, чтобы бревна при коробленіи или давленіи, не имѣли боковаго или продольнаго скользенія одно по другому, онѣ кладутся на вставные шипы. При сплачиваніи же въ шпунтъ, въ этихъ шипахъ нѣтъ необходимости.

При пересѣченіи, въ углахъ сруба, бревна врубаются одно въ другое 1) съ выпусками концевъ за стѣну: въ облѣ (т.-е. въ простую снп. 193. чашку), въ потемокъ, прямую чашку и въ крюкъ, и 2) безъ выпуска концевъ за стѣну: въ лану, т.-е. въ чистый уголъ. Рубка въ облѣ производится изъ круглыхъ бревенъ, причемъ половина толщины одного бревна втопляется, или врубается, въ половину толщины другаго, въ вырубленную для этого чашку; и уголъ сруба рубленнаго въ облѣ, будетъ имѣть снп. 194. видъ, представленный на фиг. 193 съ боку и въ планѣ. При рубкѣ угла въ прямую чашку, концы бревенъ обрусовываются и вмѣсто полукруглой чашки, выбирается чашка прямая, снизу и сверху каждаго бруса или бревна, глубиною въ  $\frac{1}{4}$  толщины бруса. Фиг. 194 представляетъ брусъ съ готовыми чашками, приготовленными для складыванія въ уголъ, а фиг. 195 представляетъ ихъ сложенными. Бревна же пропазовываются между собою по длинѣ, какъ и при рубкѣ въ облѣ. Рубка снп. 196. угла въ потемокъ дѣлается при круглой и при прямой чашкѣ и заключается въ томъ, что внутри чашки, по направленію длины бревна, и 197. оставляется шипъ, для помѣщенія котораго въ покрывающемъ бревнѣ дѣлается соответствующее гнѣздо, какъ это видно на фиг. 196 и фиг. 197. Когда бревна, или брусъ, сложены въ уголъ, тогда шипъ этотъ не замѣтенъ, почему и называется потемочнымъ.

Черт. XIII. Рубка угла въ крюкъ производится тогда, когда стѣны сруба из- снп. 198.нутри отесаны и уголъ внутри долженъ быть чистый: напр. всѣ господскіе дома и чистыя постройки, обшиваемыя снаружи тесомъ, рубятся и 199. въ средней Россіи въ крюкъ. При рубкѣ въ крюкъ чашка не вся про-



рубается въ полбревна, а къ внутреннему лицу стѣны въ ней оставляется шипъ *a*, фиг. 198, концы же бревень не обтесываются, а остаются круглыми, и потому снаружи уголь, при рубкѣ въ крюкъ, имѣеть тотъ же видъ, какъ и при рубкѣ въ облѣ.

При рубкѣ угла въ лапу, т.-е. безъ выпуска концевъ за стѣну и въ чистый наружный уголь, концы бревень обтесываются въ брусъ и связываются между собою *лапою*, фиг. 200, причемъ шипъ *a* входитъ въ гнѣздо *b* и удерживаетъ одинъ конецъ бревна въ другомъ. Черт. XIII.  
фиг. 200  
и 201.

Общій же видъ такимъ образомъ срубленнаго угла представляется такъ, какъ онъ изображенъ на фиг. 201.

Рубка угла въ лапу безъ шипа, какъ видно на фиг. 202, употребляется въ срубахъ колодцевъ и вообще въ тапыхъ срубахъ, къ которымъ извнѣ присыпается и притрамбовывается земля. Черт. XIII.  
фиг. 202.

Рубка угловъ въ облѣ производится во всѣхъ крестьянскихъ избахъ, амбарахъ и сараяхъ.

Рубка угла въ облѣ или прямую чашку дѣлается въ ряжевыхъ ставахъ, или водоспускахъ, кромѣ угловъ обращенныхъ къ водѣ, которые рубятся въ лапу. Въ мельничныхъ и сукновальныхъ амбарахъ, въ которыхъ есть сотрясенія, углы рубятся въ прямую чашку, такъ какъ въ этихъ случаяхъ связь угловъ въ прямую чашку прочнѣе чѣмъ въ облѣ, при которомъ бревна въ углахъ отъ тряски могутъ скользить и расколоться. Рубка угловъ въ крюкъ, изъ бревень предварительно обтесанныхъ съ внутренней стороны на  $\frac{1}{3}$  ихъ толщины, производится въ деревенскихъ господскихъ домахъ и вообще въ чистыхъ горницахъ съ отесанными внутри стѣнами и чистыми внутренними углами; тогда какъ въ городскихъ и пригородныхъ деревянныхъ домахъ, углы чаще рубятся въ лапу. Но уголь срубленный въ крюкъ считается прочнѣе срубленнаго въ лапу. При рубкѣ угловъ въ крюкъ, отеска бревна дѣлается только отъ середины одного угла до середины другаго, концы же бревень, выпускаемые за стѣну, до середины угла, фиг. 198 и 199, оставляются круглыми. Наконецъ, рубка въ лапу производится во всѣхъ деревянныхъ ряжахъ водоспусковъ въ углахъ обращенныхъ къ прудовой водѣ, для болѣе плотной присыпки къ нимъ земли, какъ это увидимъ далѣе; а также въ городскихъ домахъ, для болѣе удобной и красивой ихъ обшивки тесомъ.

Въ случаѣ, когда рубка стѣнь поднимается высоко и въ стѣнахъ дѣлается много отверстій (напр. оконъ и дверей), то чтобы бревна стѣнь сохранили свое положеніе въ простѣнкахъ и не выпучивались внутрь или внаружу, на нихъ накладываются въ этихъ простѣнкахъ *сжимы*, т.-е. два вертикальные бруса, врубаемые въ стѣну, одинъ противъ другаго снаружи и внутри стѣны и стягиваемые желѣзными болтами, фиг. 203 <sup>1)</sup>. Такіе сжимы употребляются въ ряжахъ водослив- Черт. IV.  
фиг. 203.

<sup>1)</sup> Для того, чтобы болты не препятствовали осадкѣ стѣнь, въ сжимахъ для нихъ дѣлаются продольные, въ запасъ, гнѣзда, длина которыхъ соображается съ величиною осадки деревяннаго строенія.

ныхъ плотинъ, если надъ ними высоко поднимаются разливы весеннихъ водъ, чтобы удержать верхніе вѣнцы ряжей и прикрѣпляемые къ нимъ понурные и сливные полы отъ всплыванія. Сжимы употребляются также въ ряжевыхъ ящикахъ, загружаемыхъ камнемъ и опускаемыхъ на дно, въ приморскихъ сооруженіяхъ.

II. Бревно, или брусъ, врубается въ деревянную стѣну: 1) съ выпускомъ или безъ выпуска концовъ прямо круглымъ или обдѣланнымъ брусомъ концомъ, черт. XIV, фиг. 204 и 205 A; 2) съ выпускомъ конца и съ выемкою прямыхъ чашекъ, или заплечиковъ, сверху и внизу бруса, для закрѣпленія бруса въ стѣнѣ, фиг. 204 B; 3) сквознымъ *ребровымъ сквороднемъ*, фиг. 205 C; или глухимъ *ребровымъ сквороднемъ*, фиг. 205 D; 4) съ выпускомъ конца и съ боковыми заплечиками, для закрѣпленія бруса въ стѣнѣ, фиг. 204 E; 5) сквознымъ или глухимъ *сквороднемъ плашмя*, фиг. 204 F. Сквородень плашмя болѣе употребителенъ, чѣмъ сквородень ребровой, и служитъ преимущественно для врубки въ стѣны концовъ балокъ; боковые заплечики, фиг. 204 E, также употребительнѣе ребровыхъ заплечиковъ, фиг. 205 B.

Способъ врубокъ брусевъ подъ прямымъ угломъ, одного въ другой, показанъ на черт. XIV, фиг. 206 и 207. Причемъ при врубкѣ брусевъ, фиг. 206, они могутъ быть врублены за *подъ-лицо*, тогда чашка въ каждомъ изъ нихъ выбирается глубиною въ  $\frac{1}{2}$  толщины бруса; или не за *подъ-лицо*, тогда чашки вынимаются меньшей глубины.

III. *Шиповыя соединенія* брусевъ подъ прямымъ угломъ показаны на черт. XIV, фиг. 208 и 209 съ *прямыми шипами*, сквозными и несквозными. При расклинкѣ сквозныхъ шиповъ, клинъ всегда долженъ вбиваться какъ въ *a*, фиг. 209, но никогда какъ въ *b*, чтобы не расколоть бруса *A*. Клинъ *a* стремится разорвать волокна бруса *A*, а клинъ *b* стремится расколоть брусъ *A*; сопротивленіе же волоконъ разрыву гораздо сильнѣе чѣмъ сопротивленіе ихъ раскалыванію. Фиг. 210 показываетъ соединеніе брусевъ *косымъ шипомъ*, съ расклинкою шипа въ гнѣздѣ. Этотъ способъ соединенія употребляется преимущественно между сваями и ихъ насадками подъ понурными и сливными полами водоспусковъ.

Фиг. 215, 216, 217 и 218 показываютъ соединенія шипами и врубками брусевъ подъ острымъ угломъ между собою. Фиг. 215 есть про-

стой строительный шипъ безъ врубки бревень; фиг. 216 и 217 — съ шипами и врубками, представляютъ соединенія стропиль съ подстропильными связями, а также *подкосныхъ*, или *упорныхъ* брусевъ, поддерживающихъ *щитовыя стойки* въ водоспускахъ, съ *сшивыми* брусьями и стойками. Фиг. 218 показываетъ упоръ стропилы въ стѣну безъ подстропильной связи.

IV. *Сращиваніемъ* брусевъ называется такое соединеніе ихъ концовъ, когда брусья должны составлять продолженіе одинъ другаго въ горизонтальномъ направленіи; *наращиваніемъ* же — такое соединеніе ихъ концовъ, когда брусья должны составлять продолженіе одинъ другаго въ вертикальномъ направленіи. Такъ въ водоспускахъ — порожные брусья

срашиваются между собою, сваи же, когда требуется большая ихъ длина, *наращиваются*. Черт. XV представляетъ различные способы сращиванія брусевъ. Здѣсь фиг. 219 представляетъ сращиваніе вертикальнымъ сквознымъ шипомъ въ проушину, употребляемое преимущественно въ порожнемъ брусѣ водоспускномъ; фиг. 220—сращиваніе несквознымъ шипомъ; фиг. 221—сложнымъ, вертикальнымъ и горизонтальнымъ шипами; фиг. 222 представляетъ сращиваніе сковороднемъ; фиг. 223—сращиваніе въ прямую накладку; фиг. 224—въ накладку съ угломъ; фиг. 225—въ накладку со сковороднемъ; фиг. 226—въ накладку съ прямыми шипами; фиг. 227—въ накладку со сковороднями; фиг. 228—въ накладку въ упоръ съ прямыми шипами; фиг. 229—въ косую накладку; фиг. 230—въ косую накладку съ зубомъ; фиг. 231—въ обыкновенный зубъ, который всего чаще употребляется для перевязки бревенъ при рубкѣ стѣнъ и служитъ связью въ деревянныхъ строеніяхъ. Фиг. 232 представляетъ сращиваніе въ косой зубъ съ упоромъ. Фиг. 234 представляетъ сращиваніе въ прямой зубъ; фиг. 233—сращиваніе въ прямой зубъ съ замкомъ; замкомъ въ этомъ случаѣ называется брусокъ *ab*, изъ сухаго дерева, утоняющійся отъ *a* къ *b* и забиваемый какъ клинъ между зубьями: вслѣдствіе этой забивки, торцы брусевъ плотно прижимаются къ *c* и *d*; выходящіе концы замка *ab* спиливаются и обстругиваются наравнѣ съ боковыми гранями брусевъ. Фиг. 236 представляетъ косой зубъ съ упорами въ торцахъ; фиг. 237—прямой зубъ съ замкомъ и упорами въ торцахъ; фиг. 238—косой зубъ съ упорами въ торцахъ и съ углами на верхней и нижней граняхъ, препятствующими брусамъ разъединяться въ боковыя стороны, и наконецъ фиг. 239—прямой зубъ съ замкомъ, съ упорами въ торцахъ и шипами вверху и внизу для препятствованія боковому расхожденію. Фиг. 240 показываетъ способъ сращиванія двухъ брусевъ, когда желаютъ имъ дать особенную прочность сопротивленія при растяженіи брусевъ по ихъ длинѣ. Здѣсь *A* и *B* сращиваемые брусья, соприкасающіеся торцами по линіи *mn*; *CC* и *DD* прикладываемые къ нимъ боковые брусья, связываемые между собою и съ брусьями *A* и *B* сквозными желѣзными болтами съ гайками; *aa* замки изъ твердаго и сухаго дерева врѣзаемые въ тѣ и другіе брусья. Фиг. 241 показываетъ сращиваніе и вмѣстѣ сплавиваніе брусевъ въ разнометъ, помощью желѣзныхъ накладокъ и болтовъ. Фиг. 242, 243, 244 и 245, черт. XVI, показываютъ нѣсколько способовъ *наращиванія* бревенъ и брусевъ. Фиг. 242 представляетъ наиболѣе простой и прочный способъ наращиванія.

*A* представляетъ наращенныя этимъ способомъ бревна, скрѣпленныя обитою желѣзною шинною полосою, прибитою гвоздями. Фиг. 243 представляетъ болѣе сложный способъ наращиванія и изображаетъ это наращиваніе въ разрозненномъ видѣ, а также въ собранномъ и скрѣпленномъ двумя или тремя желѣзными обручами. Способы наращиванія, изображенные на фиг. 244 и 245 ясно видны изъ чертежа. При всѣхъ наращиваніяхъ, длина обдѣлываемыхъ для наращиванія частей должна быть не менѣе  $\frac{3}{4}$  до 1 аршина. Способъ наращиванія свай, фиг. 243,

Черт. XV.  
фиг. 219.  
фиг. 220.  
фиг. 221.  
фиг. 222.  
фиг. 223.  
фиг. 224.  
фиг. 225.  
фиг. 226.  
фиг. 227.  
фиг. 228.

Черт. XVI.  
Черт. XV.  
Черт. XVI.  
фиг. 235.

Черт. XVI.

Черт. XVI.

Черт. XVI.

быль, между прочимъ, употребленъ инженеромъ *Хльбниковымъ* при постройкѣ деревяннаго моста чрезъ Дибиръ въ г. Смоленскѣ, гдѣ высота свай въ быкахъ моста должна была быть весьма значительна.

Черт. XV. *V. Сплачиваніе* бревень, брусевъ и досокъ изображено на слѣдующихъ фиг. чертежа XV. Здѣсь фиг. 246 изображаетъ сплачиваніе причерченныхъ между собою бревень при рубкѣ стѣнъ въ пазъ со вставными шипами; фиг. 247—при рубкѣ стѣнъ въ шпунтъ. Когда концы бревень въ стѣнахъ не врубаются въ другую стѣну, то они обыкновенно обдѣлываются шипомъ и упираются въ шпунтъ вертикальнаго бруса, фиг. 248, какъ напр., въ дверныхъ и оконныхъ *притолкахъ*. Фиг. 249 изображаетъ сплачиваніе и боковое сращиваніе двухъ брусевъ между собою; фиг. 250, 251 и 252—сплачиваніе брусевъ желѣзными болтами, а фиг. 253 и 254—сплачиваніе двухъ и четырехъ брусевъ желѣзными хомутами.

При забивкѣ шпунтовыхъ свай, бревна, брусья и доски сплачиваются между собою въ вертикальномъ положеніи.

Черт. XVI. Способы сплачиванія въ этомъ случаѣ показаны на фиг. 255, 256, 257, 258, 259 и 260. Обыкновенный способъ шпунтоваго сплачиванія для бревень, брусевъ и толстыхъ досокъ показанъ на фиг. 255, 256 и 258, для тонкихъ же досокъ на фиг. 259 и 260. Гладкій способъ сплачиванія, изображенный въ фиг. 257, стали теперь употреблять въ Англии и Германіи, вмѣсто шпунтоваго, въ видахъ сбереженія лѣса и удобства свайной бойки, о чемъ будетъ сказано подробнѣе въ слѣдующей главѣ.

Черт. XVII. Сплачиваніе досокъ, при настилкѣ понурныхъ и сливныхъ мостовъ, когда кроме ихъ отфугованы или причерчены, производится въ шпунтъ, фиг. 258 или въ четверть, фиг. 261, причемъ концы ихъ соединяются съ брусьями, или въ шпунтъ, фиг. 262, или въ прямую четверть, фиг. 263, или въ косую четверть, фиг. 264.

Наконечъ сплачиваніе досокъ производится вставными шипами, фиг. 265; загонкою шпонокъ въ шпунты, фиг. 266, и съ *шличиваніемъ*, фиг. 267, причемъ иглица, запускаемая въ пазъ, вынутый поперекъ досокъ сквороднемъ и суживающійся къ одному концу, можетъ быть за подъ-лицо съ досками, какъ *b*, или, для большей прочности, выступать надъ поверхностью досокъ, какъ *a*.

Мы приведемъ здѣсь лишь главныя цифры, изъ урочнаго положенія, о количествѣ рабочихъ, необходимыхъ для исполненія различныхъ плотничныхъ работъ. И хотя, какъ сказали выше, рубка лѣса и приготовленіе изъ бревень досокъ не относится къ плотничнымъ работамъ, мы однако приведемъ здѣсь цифры; относящіяся и къ этимъ работамъ.

I. Для срубки бревень въ хвойномъ лѣсу средней густоты, очистки отъ сучьевъ, съ уборкою ихъ, оскобленія коры и укладки бревень въ кучи, потребное число рабочихъ показано въ слѣдующей таблицѣ:

При длинѣ бревенъ въ саженяхъ.	При толщинѣ бревенъ въ отрубѣ въ вершкахъ.						
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Число рабочихъ потребныхъ на каждое бревно.						
3	0,067	0,105	0,150	0,205	0,268	0,340	0,420
4	0,096	0,157	0,208	0,294	0,384	0,486	0,600
5	0,128	0,200	0,288	0,394	0,512	0,648	0,800
6	0,163	0,213	0,367	0,500	0,652	0,826	1,02
7	0,202	0,315	0,454	0,620	0,806	1,02	1,26
8	0,243	0,380	0,547	0,745	0,973	1,23	1,53
9	0,297	0,450	0,648	0,880	1,15	1,46	1,80
10	0,336	0,525	0,756	1,03	1,34	1,70	2,1

Для распиливанія бревенъ, 6 вершк. въ отрубѣ, съ наватываніемъ ихъ на козла и устройствомъ послѣднихъ, на погонную сажень бревна:

На 1 проходъ, для двухъ пластинъ, нужно пильщиковъ	0,07	челов.
На 2 прохода для двухъ пластинъ и одной тонкой доски, или при отпиливаніи 2-хъ горбылей бревна для обрѣзныхъ досокъ нужно пильщиковъ!	0,12	"
На 3 прохода, для 2-хъ досокъ обрѣзныхъ (въ 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> дюйма) и двухъ горбылей—пильщиковъ	0,17	"
На 4 прохода, для 3-хъ досокъ (въ 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> дюйма толщины), изъ которыхъ одна обрѣзная и двѣ полуобрѣзныхъ—пильщиковъ	0,22	"
На 5 проходоѣ—пильщиковъ	0,27	"
" 6 " "	0,32	"
" 7 " "	0,37	"
" 8 " "	0,42	"
" 9 " "	0,47	"

Для распиливанія 7 вершковыхъ бревенъ, означенное выше число пильщиковъ слѣдуетъ увеличить на 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; для 8 вершковыхъ бревенъ на 33<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и затѣмъ съ каждымъ вершкомъ толщины увеличивать число пильщиковъ на 33<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Эти цифры относятся къ распиловкѣ сосновыхъ и еловыхъ бревенъ, а также лиственницы, пихты. Для распиливанія на доски дубовыхъ и ясеневыхъ кряжей, толщиной отъ 7 до 8 вершковъ, на погонную сажень рѣза пильщиковъ нужно отъ 0,1 до 0,12 человѣкъ.

II. При обдѣлкѣ бревенъ въ брусъ, нужно плотниковъ:

При толщинѣ въ отрубѣ.	На обтеску одной стороны.	На остружку обтесанной стороны.	На пере- рубку.	На пере- пиливаніе.	На притеску комлей и остружку погон. саж. круглыхъ бревень.
	Погонной сажени.				
	П л о т н и к о в ь.				
бревно 4 верш.	0,023	0,016	0,009	0,007	0,07
5	0,03	0,021	0,012	0,009	0,087
6	0,036	0,025	0,015	0,012	0,1
7	0,042	0,03	0,018	0,014	0,122
8	0,053	0,037	0,021	0,017	0,14
9	0,064	0,045	0,024	0,019	0,15
10	0,076	0,053	0,027	0,021	0,17
11	0,088	0,062	0,03	0,024	0,19
12	0,11	0,077	0,036	0,029	0,21

Для получения брусевъ, потребныхъ въ толщинѣ измѣреній, бревна заготавливаются и обдѣлываются по слѣдующей таблицѣ:

Толщина бревно въ отрубѣ.	Толщина брусевъ въ вершкахъ.			Вытесать брусъ изъ бревна.	Выпилить брусъ изъ бревна.	На остру- ганіе брус- евъ съ 4-хъ сторонъ.
	При вьад- ратн. сѣ- ченіи.	При прямоугольныхъ сѣченіяхъ и отношеніи сторонъ 7 : 5.				
				На одну погонную сажень бруса.		
				Плотниковъ.	Пильщиковъ.	Плотниковъ.
Въ 4 вершка.	2,53	2,25	2,37	0,092	0,147	0,064
5	3,5	4	2,8	0,12	0,182	0,084
6	4,24	4,8	3,46	0,144	0,22	0,1
7	4,9	5,7	4	0,168	0,253	0,12
8	5,6	6,5	4,6	0,212	0,293	0,148
9	6,3	7,3	5,1	0,256	0,33	0,18
10	7	8,1	5,7	0,3	0,37	0,212
11	7,8	8,9	6,3	0,352	0,4	0,248
12	8,5	9,8	6,9	0,44	0,44	0,3

III. Для рубки обыкновенной вышины стѣны въ лагу на готовомъ фундаментѣ, столбахъ, сваяхъ, изъ бревень толщиной 5—6 вершковъ, съ положеніемъ нижняго вѣнца срсценіемъ въ зубъ, на шипы ступельвъ

или свай, а прочихъ вѣнцовъ на вставные шипы (въ разстояніи 3-хъ аршинъ и ближе), съ плотной припазовкой бревенъ, притескою или сращиваніемъ комлей, съ прокладкой паклей или мохомъ, на погонную сажень исчисленныхъ бревенъ нужно плотниковъ 0,12 человекъ. Сверхъ того, на погонную сажень по высотъ стѣны, прибавлять: для каждаго наружнаго угла строенія плотниковъ 0,8 человекъ и на каждое пересѣченіе внутреннихъ стѣнъ между собою или съ наружными стѣнами— плотниковъ 0,7 человекъ. На обтеску бревенъ (при рубкѣ стѣнъ въ лапу и крюкъ) для наружныхъ стѣнъ, съ одной (внутренней) стороны, на квадратную сажень стѣны, плотниковъ 0,3, а для внутреннихъ стѣнъ съ двухъ сторонъ, плотниковъ 0,6 человекъ.

Или: на рубку для жилыхъ строеній стѣнъ (въ лапу или въ крюкъ) на готовомъ фундаментѣ, съ обтеской бревенъ въ наружныхъ стѣнахъ съ одной, а во внутреннихъ съ двухъ сторонъ, съ посадкой на шипы, прокладкой пенькой и обдѣлкой оконъ и дверей косяками, а печныхъ проемовъ стойками, на квадратную саж. стѣнъ нужно плотниковъ— 2,6 человекъ. Для оструганія тесанной стороны бревенъ въ стѣнѣ или для оскобления наружной, круглой стороны бревенъ, на квадратную саж. стѣны— плотниковъ— 0,2 человекъ.

Для рубки ряжевыхъ стѣнъ водоспусковъ, съ частыми простѣнками, или перерубами, и съ укрѣпленіемъ чрезъ каждыя двѣ сажени бревенъ въ дѣлѣ заершеннымъ болтомъ, на погонную сажень бревна— плотниковъ 0,2 челов.

При рубкѣ въ облѣ ряжей, загружаемыхъ камнемъ, безъ обтески и припазовки бревенъ, но съ укрѣпленіемъ, какъ выше, заершеннымъ болтомъ или гвоздемъ, на погонную сажень бревна— плотниковъ 0,14 человекъ.

Для рубки въ лапу колодцевъ (съ обтескою бревенъ съ внутренней стороны) шириною менѣе одной сажени, на погонную сажень бревна плотниковъ— 0,26 челов. Для сдѣланія и приерѣпленія на мѣсто сжимовъ на погонную сажень сжима— плотниковъ— 0,9 человекъ.

IV. 1) На выемку въ брусѣ четверти отъ  $\frac{3}{4}$  до 1 вершка шириною въ обѣ стороны, на погонную сажень длины ея— плотниковъ— 0,044 человекъ.

2) На выемку погонной сажени шпунта, шириною и глубиною отъ 1 до  $1\frac{1}{3}$  вершк., плотниковъ— 0,055 человекъ.

3) Для нарубанія погонной сажени соразмѣрнаго со шпунтомъ гребня— плотниковъ— 0,066 человекъ.

4) Для зарубанія шипа и выдалбливанія для него въ другомъ брусѣ съвознаго или несквознаго гнѣзда, плотниковъ: въ первомъ случаѣ 0,13, а во второмъ 0,1 человекъ. При особенной же тщательности посадки на шипъ— 0,25 человекъ; на двойные шипы съ гнѣздами, плотниковъ нужно вдвое болѣе.

5) Для сдѣланія въ бревнѣ или брусѣ вырубки, или прямой чашки, для перекрестнаго сопряженія съ другимъ брусомъ, для каждой вырубкѣ,— плотниковъ— 0,022 человекъ.

6) Для рубки угловъ: въ прямую чашку—плотниковъ—0,044 человѣка.

Въ облѣ, или просто въ чашку, — плотниковъ—0,05 челов.	
„ потемокъ . . . . .	0,09 „
„ врюкъ . . . . .	0,1 „
Чистыхъ, въ лапу . . . . .	0,12 „

7) Для сращиванія и наращиванія брусевъ и соединенія ихъ различными замками, смотря по толщинѣ бруса и сложности врубокъ, плотниковъ отъ 0,4 до 1 челов. <sup>1)</sup>.

8) Для фуговки обѣихъ вромокъ у досокъ, назначаемыхъ для оконпаты, какъ въ сливныхъ и понурныхъ полахъ, на каждый дюймъ толщины и на сажень длины доски, плотниковъ 0,012 челов.

V. 1) На сдѣланіе ручнаго 4 саженнаго (высотой) копра о двухъ стрѣлахъ, съ наложеніемъ оковокъ, нужно плотниковъ—14 челов.; а на сборку его и оснащеніе—4 челов.

На сдѣланіе машиннаго копра съ воротомъ, плотниковъ—21 челов., а на его сборку и на оснащеніе—6 челов.

2) Для заостренія круглыхъ свай, толщиною отъ 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 7 вершковъ, съ обривненіемъ верха и насаживаніемъ бугеля, на каждую сваю нужно плотниковъ отъ 0,06 до 0,07 челов.

3) Для уравниенія верха свай подъ ватерпасъ, съ нарубаніемъ гребня и шиповъ (сквозныхъ чрезъ одну сажень) и положенія на нихъ изъ обтесанныхъ бревенъ насадокъ, съ вынутіемъ въ нихъ шпунтовъ, на погонную сажень насадки нужно плотниковъ 0,4 челов.

4) Для укладки на мѣсто направляющихъ шпунтовую линію рамныхъ брусевъ изъ обтесанныхъ бревенъ, съ пробуриваніемъ дыръ для болтовъ и съ посадкою болтовъ, на погонную сажень рамы—плотниковъ 0,25 челов.

5) Для сдѣланія ростверба, съ обтескою съ двухъ сторонъ бревенъ, нарубаніемъ на сваяхъ шиповъ и выдалбливаніемъ въ брусяхъ гнѣздъ, врубаніемъ брусевъ одинъ въ другой и сращиваніемъ концовъ ихъ зубомъ, смотря по числу шиповъ и врубокъ, на погонную сажень продольныхъ и поперечныхъ брусевъ ростверка нужно плотниковъ отъ 0,2 до 0,35 челов.

6) Для настилки половъ въ водоспускахъ, съ обдѣлкою досокъ, на квадратную сажень пола плотниковъ отъ 1,3 до 1,5 человѣкъ.

7) На обшивку стѣнъ водоспусковъ досками, толщиною отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюймовъ (последняя толщина, гдѣ есть ледоходъ) съ обдѣлкою досокъ, на квадратную сажень обшивки плотниковъ отъ 1 до 1,25.

8) Для сдѣланія щитовъ (заставокъ) изъ 2 дюймовыхъ досокъ въ два ряда, величиною до 10 квадратн. футовъ, съ прилаживаніемъ и

<sup>1)</sup> Такъ напр. для сращиванія брусевъ простымъ зубомъ или для сдѣланія у подкоснаго бруса шпа (балмака) и гнѣзда для него, нужно плотниковъ 0,2 челов. Для сложнаго же зуба съ замкомъ, нужно плотниковъ 0,32 человѣка.



постановкой на мѣсто окововъ, на совершенную отдѣлку одного щита нужно плотниковъ 3 человекъ.

9) Для сдѣланія валовъ длиною 4 фут. для подниманія щитовъ, съ обтеской, выстругжкой, округленіемъ по срединѣ, выдалбливаніемъ гнѣздъ для рычаговъ, прирѣзкой окововъ и установкой на мѣсто, на каждый валъ плотниковъ  $1\frac{1}{2}$  челов.

VI. По разнообразію плотничныхъ работъ въ гидротехническихъ сооруженіяхъ, урочное положеніе даетъ способъ исчисленія числа плотниковъ, въ зависимости отъ числа кубическихъ футовъ матеріала употребляемаго въ дѣло.

1) Когда потребные для работы брусья или бревна предполагается употребить въ дѣло безъ обтески и остругжки, съ незначительной только притеской или припазовкой, съ простыми врубками и другими обыкновенными сопряженіями, то на каждый кубическій футъ дерева въ дѣло, можно полагать оптомъ плотниковъ отъ 0,03 до 0,04 челов.

2) Когда въ дѣло употребляются бревна или брусья съ правильною и чистою со всѣхъ или съ нѣкоторыхъ сторонъ обтескою, отчасти стругаются, тщательно соединяются шипами или замками и скрѣпляются гвоздями, болтами, скобами и другими желѣзными оковками, то на каждый кубич. футъ дерева въ дѣлѣ, можно полагать плотниковъ отъ 0,15 до 0,25 челов.; а при самой тщательной работѣ, какъ у сложной системы мостовъ, плотниковъ отъ 0,28 до 0,35 человекъ.

3) При настилкѣ половъ и обшивкахъ, когда доски идутъ въ дѣло съ небольшою только притескою, приправкою, перерубкою и пр. то на каждый кубич. футъ дерева въ дѣлѣ полагать плотниковъ отъ 0,2 до 0,6 челов.; когда же доски должны быть оструганы, въ кромкахъ обтесаны, сфугованы или закроены (въ четверть), въ концахъ приторцованы, нарублены на брусья или одна на другую, или связаны замками и т. п., тогда плотниковъ нужно отъ 0,75 до 1,25 человекъ на кубич. фут. дерева въ дѣлѣ.

VII. 1) Для сдѣланія одноколенной тачки безъ боковъ, для возки камня и кирпича, плотниковъ—0,33 ч.; тачки съ боками, для возки земли, песку, извести—плотниковъ—0,66.

2) Носилокъ безъ боковъ, плотниковъ—0,25 ч.; носилокъ съ боками плотниковъ—0,33 челов.; бобы для носки кирпича, плотниковъ—0,2 ч.

3) Для сдѣланія каменщицкаго шпига, плотниковъ—0,25 человекъ; на обдѣлку досками творила для творенія извести, длиною и шириною 1 саж., глубиною  $1\frac{1}{2}$  арш., съ вырытіемъ земли, плотниковъ—1,6 человекъ.

4) На сдѣланіе козелъ для переносныхъ подмостей, о 6 ногахъ, длиною до 3 сажены и постановленіе ихъ на мѣсто съ намощеніемъ досками, на пару козелъ (на одно гнѣздо), плотниковъ нужно 1,5 челов.

VIII. Конопатка и осмолка нѣкоторыхъ частей гидротехническихъ сооружений производятся обыкновенно также плотниками.

1) Для оконпачиванія брусевъ и досокъ слѣдуетъ полагать на пегонную сажень паза въ одну прядь:

а) разложенную по пазу гладко (въ растяжку)—конопатчиковъ — 0,05 чел. и смоленой пеньки 1 фунтъ.

б) положенную по пазу въ наборъ—конопатчиковъ—0,06 чел. и смоленой пеньки отъ 1½ до 2 фунтовъ. Одна погонная сажень смоленой, витой пряди вѣситъ 1 фунтъ.

При оконочиваніи брусевъ и досокъ въ нѣсколько прядей, предыдущее число конопатчиковъ нужно увеличивать по числу прядей. Первую прядь лучше класть въ наборъ; въ этомъ случаѣ она замѣняетъ двѣ обыкновенныхъ пряди.

2) Для оконочиванія около шляпокъ и гаекъ болтовъ до 1½ дюйм. толщиною, съ обмазкой подъ шляпку саломъ, на 100 болтовъ нужно конопатчиковъ—0,66 человекъ, пеньки смоленой 6,66 фунтовъ и сала 13 фунтовъ. Если сквозные болты должны оконочиваться съ обоихъ концовъ (около шляпки и гайки), то число конопатчиковъ и количество матеріаловъ нужно удвоить.

3) Для осмолки за одинъ разъ *одной квадрат. сажени* частей гидротехническаго сооруженія, съ вареніемъ смолы, полагать: а) для большихъ поверхностей—рабочихъ 0,1 чел.; б) для мелкихъ частей, стоекъ, подкосовъ и т. п.—0,16 ч. При осмолкѣ новыхъ частей сооруженія за два раза, на квадратн. сажень осмоливаемой поверхности нужно смолы жидкой и густой вмѣстѣ 0,4 пуда; при осмолкѣ же частей бывшихъ прежде осмоленными—0,28 пуд.; при этомъ прежняя смола должна быть хорошо очищена скребками, для чего на квадрат. саж. нужно 0,08 рабочихъ.

4) Для заливанія проконопаченныхъ швовъ пикомъ, на погонную сажень шва нужно рабочихъ 0,01 чел.; и пикъ 0,02 пуда.

Для конопатки употребляютъ пеньковую паклю и смоленую пеньку; послѣднюю готовятъ обыкновенно изъ старыхъ смоленыхъ канатовъ, которые разрубаютъ на куски менѣе 1 фута длиною, раскручиваютъ на пряди и потомъ каждую прядь шмыгаютъ около вколоченнаго гвоздя. Такимъ образомъ приготовленную пеньку называютъ *щипанною* и считаютъ лучше чѣмъ осмоленную прямо въ видѣ пеньки. Щипанную или обыкновенную смоленую пеньку скручиваютъ слегка въ длинныя пряди, толщиною въ палецъ, и свиваютъ въ клубки. *Конопатки*, имѣющія видъ небольшой желѣзной лопатки съ ручкой бываютъ: *разбивная* съ острымъ ребромъ (1), для разбивки, или уширенія слишкомъ тѣснаго паза; *наборная*, съ притупленнымъ ребромъ (2), собственно для конопаченія и *дорожникъ* (3), имѣющій тупое лезвие съ небольшимъ желобомъ, который служитъ для осаживанія въ пазу прядей конопати. Разобравъ пазъ (разбитый пазъ крѣпче держитъ конопатку нежели не разбитый), конопатчикъ беретъ клубокъ пряди, распускаетъ ее по пазу и забиваетъ въ пазъ наборною конопаткою, ударяя по ея головкѣ молоткомъ. Пройдя пазъ во всю длину съ первою прядью, проходитъ вторично съ другою прядью и т. д. Черезъ каждыя двѣ, три пряди, осаживаютъ конопатъ дорожникомъ.

Болты оконочиваются прежде нежели будутъ окончательно зако-

лочены; для этого оставляют ихъ концы на 4 дюйма отъ поверхности дерева. Оконопативъ болтъ кругомъ (т.-е. между нимъ и деревомъ), намазываютъ его саломъ и затѣмъ догоняютъ на мѣсто. Гвозди и ерши не оконопачиваютъ подобно болтамъ, а обертываютъ подъ шляпки смоленою пенькою и потомъ осаживаютъ до мѣста.

Составъ изъ густой смолы съ жидкою, называемый *полуптикомъ*, или *полуваромъ*, готовятъ, разогрѣвая нѣкоторое количество густой смолы, а потомъ прибавляя къ ней такое же количество жидкой и оставляя смѣсь прокипѣть до совершеннаго смѣшенія.

*Мазилки*, для покрыванія предметовъ смолою, дѣлаютъ въ видѣ кисти изъ толстаго сермяжнаго суена или изъ конопатной ворсы (щипаннаго смолянаго каната), послѣднiя лучше, потому что тверже сукопныхъ.

*Проваривать пазъ*, значитъ промазать (или залить) по оконопаченному пазу разогрѣтою густою смолою. Для этого конопатчики приносятъ котель съ разогрѣтою смолою и обмакиваютъ въ него мазилки безпрестанно; нужно мазать пазъ какъ можно проворнѣе, чтобы не дать остынуть смолѣ и при этомъ наблюдать чтобы пенька въ пазахъ вездѣ была пропитана и залита смолою.

---

## ГЛАВА XI.

### ИСКУССТВЕННЫЯ ОСНОВАНИЯ И БОЙКА СВАЙ.

**34. Искусственныя основанія.**—Смотря по качеству грунта и свойству возводимыхъ зданій, строительное искусство указываетъ на различныя способы устройства *основаній*, на которыхъ утверждается нижняя часть строеній. Для легкихъ деревянныхъ строеній, самый простѣйшій способъ устройства основанія, заключается въ вырытіи отдѣльныхъ ямъ глубиною до не промерзаемаго пласта грунта, въ насыпкѣ на дно ямы слоя булыжнаго камня, съ расщепенкой пустотъ между камнями битымъ кирпичемъ или битой каменной щебенкой и утрамбованіемъ этого слоя; затѣмъ въ постановкѣ въ ямы, на слой камня, толстыхъ (до 8 и 9 вершковъ въ отрубѣ) деревянныхъ столбовъ, по преимуществу дубовыхъ или сосновыхъ, предварительно обожженныхъ на  $\frac{1}{2}$  аршина длины въ томъ мѣстѣ гдѣ столбъ выходитъ изъ земли, такимъ образомъ, чтобы  $\frac{1}{4}$  аршина обожженной части находилась въ землѣ и  $\frac{1}{4}$  аршина внѣ земли. Въ средней Россіи, гдѣ промерзаніе земли доходитъ до  $1\frac{3}{4}$  арш. глубиною, столбъ долженъ быть опущенъ въ землю на глубину не менѣе 2 аршинъ и возвышаться еще надъ землею на 1 аршинъ. Поэтому если мѣстность, на которой возводится строеніе, совершенно ровная, то всѣ столбы назначаемые подъ основаніе, должны имѣть до 3 арш. длины. Поставленные вертикально, столбы засыпаются землею вынутаю изъ ямъ, которую плотно утрамбовываютъ около столба; во время обсыпки ихъ землею трамбованіе производится тупыми кольями, а по окончаніи засыпки, сверху землю кругомъ столба, уплотняютъ еще ударами обыкновенной трамбовки. Подъ деревяннымъ ряжевымъ зданіемъ, такіе столбы ставятся подъ всеми углами зданія, а по продольнымъ стѣнамъ, столбъ отъ столба ставится на разстояніи около 4 аршинъ, и вообще отъ 3 до 5 аршинъ, смотря по грузу строенія. На верхнихъ концахъ столбовъ зарубаются шиши, высотой до 2 вершковъ, шириною, поперекъ стѣны, также до 2 вершковъ, а длиною, вдоль стѣны, до 4 вершковъ. На шиши столбовъ, гнѣздами, кладутъ нижній вѣнецъ строенія, а на этомъ вѣнцѣ идетъ остальная рубка возводимаго строенія.

Для большей прочности, вмѣсто деревянныхъ столбовъ, дѣлаютъ столбы изъ кирпичной кладки на бутѣ изъ булыжнаго камня. Для этого въ ямы глубиною до непромерзаемаго пласта грунта, укладываютъ булыжный камень, съ расщепенкой промежутковъ, слоями, а каждый слой заливаютъ жидкимъ известковымъ растворомъ. По доведеніи бута до поверхности земли, на немъ выкладываютъ столбы обыкновенной кирпичной кладкой до высоты одного аршина и на этихъ столбахъ основываютъ нижній вѣнецъ деревяннаго строенія.

Въ случаѣ же прочнаго, жилого, деревяннаго или каменнаго строенія, роется сплошной ровъ, глубиною также до непромерзаемаго слоя грунта, подъ всѣми каменными стѣнами строенія, какъ продольными такъ и поперечными, и всѣ эти канавы сплошь закладываются бутомъ, такимъ же образомъ какъ и подъ отдѣльные кирпичные столбы, и уже на этомъ бутѣ, доведенномъ до поверхности земли и залитомъ, или растворомъ цемента, или асфальтомъ, или покрытомъ берестю <sup>1)</sup>, закладывается кирпичный фундаментъ строенія. Подъ деревяннымъ же жилымъ строеніемъ, обводится сплошной фундаментъ лишь подъ наружными стѣнами, а подъ внутренними, для сокращенія издержекъ, ставятся иногда лишь отдѣльные кирпичные столбы. Въ многоэтажныхъ каменныхъ домахъ, представляющихъ большой грузъ, и если они устраиваются съ подвальными этажами, земля вынимается подъ всей площадью зданія до материка, въ которомъ уже копаются рвы для бута подъ стѣны, а самый бутъ выкладывается изъ плитняка на цементѣ, если не затруднительно приобрѣтеніе этихъ матеріаловъ.

Но всѣ такого рода основанія возможны лишь тогда, когда материкъ залегаетъ не глубоко и самъ по себѣ представляетъ благонадежный грунтъ; если же материкъ залегаетъ довольно глубоко, а выше него лежащій грунтъ неблагонадеженъ, то уплотняютъ этотъ грунтъ искусственно: или помощію повторяемыхъ ударовъ, или забивкою не длинныхъ свай, но забиваемыхъ близко одна отъ другой, которыя, занимая мѣсто въ грунтѣ, плотнѣе сжимаютъ его и тѣмъ придаютъ ему способность сильнѣе и равномернѣе сопротивляться давленію. Такая забивка свай называется *забивкою частокомъ*; обыкновенно на верхніе шипы такихъ свай накладываются деревянные брусья, перевязанные на крестъ одинъ съ другимъ, и которые называютъ *ростверкомъ*. Всѣ вѣтки между брусьями *ростверка* плотно забиваются и заливаются растворомъ извести или цемента, и на нихъ уже начинается каменная кладка <sup>2)</sup>.

Основаніе изъ забивки свай *частокомъ*, не должно смѣшиваться съ основаніемъ строеній *собственно на сваяхъ*. Свайное основаніе состоитъ

<sup>1)</sup> Заливка бута цементомъ, асфальтомъ, а гдѣ нѣтъ ихъ, крышка берестю, дѣлается для того, чтобы сырость изъ бута не поднималась въ кирпичную кладку. При каменномъ, или плитномъ фундаментѣ, нѣтъ надобности въ этой заливкѣ или въ прокладкѣ бересты.

<sup>2)</sup> Иногда брусья *ростверка* покрываются досками, на которыхъ возводится каменная кладка.

изъ длинныхъ свай вбитыхъ въ землю вертикально съ тѣмъ, чтобы пройдя дурной грунтъ, концы ихъ могли бы достигнуть хорошаго материка и нѣсколько углубившись въ него, могли бы поддерживать собою грузъ зданія. Или, если материкъ глубоокъ, то вбиваютъ въ слабый грунтъ такое количество длинныхъ свай, чтобы онѣ однимъ своимъ треніемъ о грунтъ могли поддерживать весь грузъ зданія. Забивка же свай частокомъ, которая вообще обходится дорого, производится, какъ сказали выше, лишь тогда, когда концы свай не могутъ достать и опереться на прочный материкъ, и имѣютъ цѣлю только сильно сжать дурной грунтъ и придать ему искусственную плотность и благонадежность. Длина этихъ свай бываетъ не болѣе 6 — 15 футовъ, или отъ одной до 2-хъ саженей; тогда какъ длина свай при собственно свайномъ основаніи простирается отъ 3 до 5 саженей.

Но искусственное сжиманіе слабого грунта производится иногда съ успѣхомъ и безъ свай, посредствомъ сильнаго его трамбованія, или повторяемыми ударами груза падающаго съ нѣкоторой высоты. *Ронделе* (*Rondelet*) приводитъ <sup>1)</sup>, что онъ видѣлъ какъ одинъ изъ искусныхъ строителей съ успѣхомъ употребилъ этотъ способъ, чтобы предупредить неровную осадку въ грунтѣ отъ возводимаго имъ зданія. Для этой цѣли употреблялась трамбовка изъ обрубка дерева, окованнаго снизу, вѣсомъ около 100 фунтовъ и посредствомъ которой утрамбованіе грунта производилось двумя рабочими. А инженеръ *Борнисъ* (*Borgnis*) замѣчаетъ <sup>2)</sup>, что въ Венеціи, стоящей на болотной лагунѣ, многія большія зданія, возведенныя въ XIV столѣтіи и прежде, не имѣютъ свайныхъ основаній, на которыхъ возведены зданія позднѣйшей эпохи; но всѣ онѣ заложены на широкомъ каменномъ основаніи, т.-е. площадь котораго превосходитъ площадь самаго зданія; каменное же основаніе заложено прямо на мѣстномъ грунтѣ, но въ которомъ видны слѣды сильнаго предварительнаго трамбованія. Всѣ эти старинныя зданія стоятъ безъ порчи, тогда какъ новѣйшія, возведенныя на свайномъ основаніи (частокомъ), дали значительныя трещины, которыя указываютъ на неравномѣрную осадку грунта. Увѣряютъ, говоритъ *Борнисъ*, что колокольня Св. Марка, одна изъ самыхъ высокихъ въ Европѣ, не имѣетъ подъ собою свайнаго основанія. Древніе, замѣчаетъ онъ, какъ кажется, рѣдко употребляли способъ сжиманія грунта посредствомъ свай; они предпочитали основаніе изъ бетонной массы, которая, взаимѣнъ вынутаго верхняго грунта, дѣлалась подъ всей площадью занимаемою зданіемъ. Такая бетонная масса съ хорошимъ цементомъ, хорошо утрамбованная, достаточной толщины, составляла собою прочное основаніе и которое съ временемъ, какъ доказываетъ опытъ, только болѣе твердѣло и укрѣплялось.

На грунтахъ илистомъ, болотномъ, торфяномъ или состоящимъ изъ

<sup>1)</sup> L'art de bâtir par Rondelet.

<sup>2)</sup> Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile par Borgnis. Paris. 1823 p. 334 et 335.

песка пльвуна, многіе строители, на всей площади занимаемой зданіемъ, закладываютъ рамы изъ толстыхъ брусевъ, застилаемыя сверху толстыми досками, которыя служатъ основаніемъ для каменной кладки. На такомъ основаніи былъ построенъ, между прочимъ, большой канатный заводъ въ Рошфорѣ знаменитымъ архитекторомъ *Блонделемъ*. На такомъ основаніи кладка ведется обыкновенно разомъ на всей площади ровно и одновременно, чтобы сохранить однообразное давленіе на всѣ части основанія. Но толстый слой бетона и въ такихъ случаяхъ конечно предпочтительнѣе; дерево, вслѣдствіе случайной порчи, можетъ оказать неравное сопротивленіе и повести къ разрушенію зданія; тогда какъ хорошо сдѣланная бетонная масса отъ времени только твердѣетъ и укрѣпляется. Части деревянныхъ рамъ могутъ не вездѣ одинаково плотно прилегать къ грунту и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ провѣшивать; тогда какъ прикосновеніе бетонной массы съ грунтомъ вездѣ непрерывно и непосредственно, несмотря на его неровности. Для бетоннаго основанія въ такомъ грунтѣ, площадь предназначенная для зданія предварительно обивается шпунтовыми сваями или досками; илъ и вода изъ обнесеннаго мѣста вычерпываются и тогда уже, въ такое огороженное и не пропускающее воду мѣсто, или *кессонъ*, нагружается и утрамбовывается бетонъ, которому, послѣ наполненія, даютъ устояться и окрѣпнуть въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, а затѣмъ на немъ закладываютъ каменную или кирпичную кладку.

Изъ этого видно, что во многихъ случаяхъ можно избѣгать дорогаго способа уплотненія грунта посредствомъ забивки свай частоконь; тѣмъ болѣе, что онѣ не представляютъ всегда постоянное и неизмѣнное сопротивленіе грузу. Опытъ показываетъ, что очень часто сваи забитыя *до отказа* (т.-е. углубляющіяся уже очень мало отъ ударовъ *бабы*), впоследствии, чрезъ нѣкоторое время, очень легко углубляются если ихъ вновь начнутъ забивать.

Очевидно, что прочность основанія должна быть соображаема съ грузомъ возводимаго на немъ сооруженія. Общій грузъ постройки всегда можетъ быть опредѣленъ приведеніемъ въ извѣстность сложнаго вѣса матеріаловъ, потребныхъ на возведеніе постройки, съ прибавленіемъ того груза, который постоянно или случайнѣе будетъ комбинироваться въ постройкѣ. О степени же сопротивленія матеріала свайно можно судить только по практическому опыту; по результату дѣйствія ближайшихъ прежде возведенныхъ зданій на этомъ материкѣ; по результату временно, нарочно помѣщеннаго груза на опредѣленную площадь испытуемаго матеріала; по результату опыта уплотненія его отъ повторенныхъ ударовъ трамбовки или копровой бабы и т. п.

Результаты такихъ опытовъ могутъ служить указаніемъ. смотря по грузу и важности постройки, на степень углубленія въ грунтъ и на необходимость заложения болѣе или менѣе прочнаго искусственнаго основанія или нендобности такового, а заложения строенія прямо на грунтъ.

При гидротехническихъ постройкахъ, сжимаемость грунта хотя и

имѣть вліяніе на способъ ихъ устройства, но не въ такой мѣрѣ какъ при другихъ болѣе грузныхъ и монументальныхъ сооруженіяхъ. Гидротехническія постройки, за исключеніемъ очень высокихъ каменныхъ плотинъ, чаще бываютъ легкія и незначительной высоты, притомъ онѣ, по самому назначенію ихъ, чаще врѣзываются, или углубляются въ самый грунтъ. По самому своему положенію, характеру и цѣлямъ устройства, онѣ менѣе боятся сжатія грунта, чѣмъ прониканія его и насыщенія водою, которая, разжиженіемъ, раствореніемъ частицъ, размываніемъ и вымываніемъ ихъ, разрушаетъ грунтъ, какъ находящійся подъ постройкою, такъ и по сторонамъ ея, въ ближайшемъ отъ нея разстояніи.

Что касается собственно до земляной насыпи плотины, то подъ нею обыкновенно вынимаютъ только растительный, рыхлый слой земли, и если грунтъ достаточно плотенъ и неразмываемъ, то насыпь дѣлается непосредственно на немъ. Въ противномъ случаѣ принимаются нѣкоторыя особія мѣры для непроницаемости собственно этого грунта водою, и о которыхъ мы скажемъ въ своемъ мѣстѣ, когда будемъ подробно разсматривать устройство земляныхъ насыпей въ плотинахъ. Въ тяжелыхъ же каменныхъ плотинахъ, ихъ основаніе должно быть укрѣплено, въ случаѣ необходимости, однимъ изъ вышеизложенныхъ способовъ; тоже можно сказать и о плотинахъ водосливныхъ, какъ каменныхъ, такъ и деревянныхъ. Но во всѣхъ этихъ случаяхъ рѣдко можно обойтись безъ рядовъ такъ-называемыхъ *шпунтовыхъ свай* или *шпунтовыхъ досокъ*, для предупрежденія просачиванія воды подъ тѣломъ плотины и болѣе совершеннаго разобщенія плотиною верхней воды, находящейся въ запрудѣ, отъ нижней.

Въ небольшихъ мельничныхъ плотинахъ, основаніемъ для деревяннаго водоспуска часто служитъ постель изъ *сланника*, т.-е. изъ тонкаго дубоваго, еловаго или сосноваго лѣса, укладываемого въ нѣсколько рядовъ. Камнями внизъ по теченію и макушками вверхъ по теченію. Ставъ, или водоспускъ, въ этомъ случаѣ всегда деревянный и, такъ-называемой, *ряжевой рубки*, ставится прямо на эту слань; а непроницаемость этому основанію придается посредствомъ такъ-называемаго *отмеля* (отмель), т.-е. отлогой присыпки глинистой земли къ стѣнѣ става обращенной къ запрудѣ, поверхъ макушекъ сланника. Эта земля въ отмелѣ обыкновенно переслаивается навозомъ и лапкою, т.-е. вѣтвями ельника.

Но для прочной прудки въ значительныхъ водоспускахъ, какъ каменныхъ, такъ и деревянныхъ, чаще пробиваются шпунтовые ряды свай, между которыми устраивается основаніе для водоспусковъ чаще на отдѣльныхъ сваяхъ, проникающихъ до материка, которые поддерживаютъ собою грузъ водоспуска; шпунтовые же линіи служатъ главнымъ образомъ какъ непроницаемыя для воды стѣны. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда по свойству грунта, не позволяющаго бить свай (напр. слишкомъ каменистаго), нельзя сдѣлать свайнаго основанія, то таковое подъ водоспуски дѣлается *ряжевое*, т.-е. изъ деревянныхъ срубовъ, углубляемыхъ въ грунтъ и заполняемыхъ обыкновенною, жирною, вязкою, сухою глиною,



если на немъ ставится деревянный водоспускъ, и бетономъ, если водоспускъ каменный. Собственно на сваяхъ обыкновенно устраиваются мельничные амбары, пильныя мельницы, сукновальни съ ихъ механизмами и т. п., а равно сваи чаще составляютъ основанія, на которыхъ поддерживаются гидравлическіе приѣмники. При свайномъ основаніи верхи свай служатъ опорными точками для возводимого на нихъ строенія, а самыя сваи передаютъ грузъ строенія болѣе углубленному материку, если онѣ его достигаютъ, или противодѣйствуютъ этому грузу лишь своимъ треніемъ о грунтъ, въ который забиты, если концы ихъ не достигаютъ плотнаго материка. Но рѣдко бываетъ чтобы свая, на нѣкоторой глубинѣ, не встрѣчала довольно плотнаго слоя, въ который она уже углубляется только отъ сильныхъ ударовъ, а часто перестаетъ и вовсе углубляться.

А потому длина подпорныхъ свай чаще опредѣляется (посредствомъ вбиванія пробной сваи) отстояніемъ грунта материка отъ поверхности земли, а толщину и число ихъ опредѣляютъ по самому грузу постройки. Найденный вычисленіемъ вѣсъ строенія распредѣляютъ равномерно (по возможности) по числу свай, полагая на каждую отъ 500 до 1000 пудовъ груза; и обратно, число свай опредѣляютъ раздѣляя грузъ строенія на число нагрузки, которая, смотря по важности постройки, по качествамъ грунта, а также въ зависимости отъ толщины и качества лѣса употребляемаго на сваи, берется между предѣлами 500 и 1000 пудовъ на каждую сваю.

Можно сказать что почти никакая гидротехническая постройка не обходится безъ употребленія свай. Въ этого рода постройкахъ сваи употребляются, не только въ формѣ шпунтовыхъ линій для предупрежденія просачиванія или какъ основаніе, или подпоры, для передачи груза строенія материку, но и для прикрѣпленія въ дну рѣки или пруда системы брусевъ, составляющихъ ростверки подъ такъ-называемыми въ водоспускахъ *сливными и понурными полами*, препятствуя всплыванію имъ на воду. Въ этихъ случаяхъ свая не нажимается грузомъ внизъ, какъ свая полпорная, а напротивъ растягивается, будучи укрѣплена нижнимъ концемъ въ землѣ, а верхнимъ удерживая всплываніе ростверка и половъ, которые стремятся вырвать ее изъ земли. Далѣе сваи употребляются для удержанія на своемъ мѣстѣ става, когда онѣ ставятся на основаніе изъ сланника; сваи съ закладываемыми за нихъ досками, употребляются для поддержанія и предохраненія береговъ рѣки или приводныхъ и отводныхъ каналовъ и руслъ, отъ обвала или отъ подмыва теченіемъ, или волненіемъ воды. Въ этихъ случаяхъ сваи не сжимаются и не растягиваются, какъ въ двухъ вышеприведенныхъ случаяхъ, но слон земли, береговъ рѣки или канала, лежащія выше дна, вслѣдствіе скользенія, или давленіе воды на ставъ, заставляющее его скользить по основанію изъ сланника, стремятся сваи согнуть или сломать дѣйствіемъ горизонтальнаго на нихъ давленія. Такому же дѣйствію подвергаются, такъ-называемыя, *ледорѣзные сваи*, назначаемыя для за-

держанія движенія льда или для разбиванія льдинъ на меньшіе куски. Наконецъ особый видъ свай, такъ-называемыхъ *шпунтовыхъ*, или *шпунтовыхъ досокъ*, забиваемыхъ въ землю какъ и шпунтовые сваи, употребляютъ противъ просачиванія воды и для совершеннѣйшаго разобщенія въ плотинѣ верхней воды отъ нижней. Этого рода сваи забиваются непрерывно въ линію, одна свая около другой, такъ, что *ребень* одной сваи входитъ въ *шпунтъ* другой, и забитый рядъ такихъ свай называютъ *шпунтовымъ рядомъ*, или *шпунтовой линіей*, которая составляетъ щитную, непрерывную деревянную стѣну въ землѣ, препятствующую проходу сквозь нее воды, вымыванію землистыхъ частицъ подземными жилами и ключами, прерывая собою ихъ теченіе. Изъ этого видно, что бойка свай и ихъ правильное употребленіе въ этихъ различныхъ случаяхъ, составляетъ одинъ изъ важныхъ предметовъ въ дѣлѣ гидротехническихъ сооружений. Подробности по устройству основаній, собственно для плотинъ и водоспусковъ, мы изложимъ въ третьей части, когда будемъ разсматривать самое производство работъ.

**35. Забивка свай.**—Мы уже замѣтили выше, что въ рѣдкихъ лишь случаяхъ гидротехническая постройка совершается безъ забивки свай; въ большинствѣ же случаевъ, если не употребляютъ шпунтовыхъ рядовъ, то всетаки приходится бить простыя сваи. Поэтому мы предварительно изложимъ правила относящіяся до свайной бойки и самое производство этихъ работъ, съ тѣмъ, чтобы при описаніи работъ по устройству плотинъ и водоспусковъ уже не обращаться болѣе къ этому предмету. Тамъ мы просто будемъ говорить что быются такія-то сваи, а о самомъ способѣ забивки, чтобы не отвлекаться отъ главнаго предмета, распространяться уже не будемъ.

*Сваи.* Лѣсъ на сваи обыкновенно употребляется у насъ дубовый, сосновый, еловый и иногда ольховый; чаще же всего сосновый. Для легкости и правильности забивки свай, необходимо чтобы лѣсъ назначаемый на сваи былъ ровный, не кривой, по возможности гладкій, не суковатый. Дубъ рѣдко бываетъ прямымъ и не суковатъ и въ возрастѣ въ которомъ онъ употребляется на сваи чаще бываетъ захвостоватъ. Только при густомъ насажденіи дубъ можетъ быть менѣе суковатъ и захвостоватъ и слѣдовательно наиболѣе пригоденъ на сваи. То же самое можно сказать и про черную ольху при употребленіи ея на сваи; какъ дубъ, такъ и ольха употребляются лишь на простыя сваи. Самыя гладкія и прямыя—сосновыя и еловыя сваи. Мы не имѣемъ личной опытности относительно прочности ольховыхъ свай, но ссылаясь на вышеприведенные нами авторитеты, должны допустить, что ольховыя сваи *подъ водою*, по крайней мѣрѣ столько же прочны какъ и дубовыя. Ольха, растущая по берегамъ рѣкъ, представляетъ драгоцѣнныя качества при употребленіи ея на сваи въ болотныхъ грунтахъ, говоритъ *Витрувій*; въ этомъ случаѣ она можетъ поддерживать безъ осадки большіе грузы возводимыхъ на ней строеній и находясь въ постоянной сырости сохраняется вѣчно. Это замѣчено особенно въ Равеннѣ, гдѣ, какъ публичныя,

такъ и частныя зданія построены на свайномъ основаніи <sup>1)</sup>. А потому въ отношеніи *прочности свай подъ водою*, мы поставимъ ихъ въ слѣдующемъ порядкѣ: дубовыя, ольховыя, сосновыя и еловыя какъ наименѣе прочныя изъ четырехъ. Но если верхи свай не находятся подъ водою, какъ напр. въ сваяхъ поддерживающихъ мельничныя амбары и снасти, лѣсопильны, сукновальни, гидравлическія колеса и наконецъ свай ледорѣзныя, то здѣсь слѣдуетъ отдать предпочтеніе дубовымъ, сосновымъ, еловымъ и затѣмъ уже ольховымъ.

По цѣнности—въ средней Россіи самыя дорогія свай дубовыя и самыя дешевыя—еловыя; поэтому въ смыслѣ удешевленія, на всѣ подводныя части выгоднѣе употреблять свай еловыя, а лишь свай выходящія изъ воды дѣлать сосновыя. На свай шпунтовыя по преимуществу употребляютъ сосну; при недостаткѣ же ея, или дороговизнѣ—ель. Нѣкоторые изъ нашихъ строителей предпочитаютъ сосновыя свай дубовымъ и предполагаютъ, что онѣ сохраняются лучше дубовыхъ, такъ что у насъ во всѣхъ капитальныхъ работахъ, въ особенности правительственныхъ, употребляютъ свай сосновыя. Во Франціи часто употребляютъ буковыя свай; не слѣдуетъ только, безъ крайней надобности, употреблять свай изъ мягкихъ деревьевъ, какъ напр. липа, тополь, осина, ива и т. п. Для сооруженій монументальныхъ и тяжелыхъ, не допускаютъ круглыхъ свай тоньше 6-ти вершковъ (толщина бревна всегда считается въ тонкомъ концѣ); для небольшихъ же гидротехническихъ сооруженій дубовыя свай употребляютъ не менѣе 3-хъ вершковъ толщиною, сосновыя же, еловыя и ольховыя не должны быть менѣе 4-хъ вершковъ. Простая, нешпунтовая, свая не тешется; дерево только очищается отъ коры; сухая, дубовая свая, всегда изъ молодаго возраста дерева, чаще забивается прямо въ корѣ. Верхній конецъ свай спиливается ровно, по возможности перпендикулярно къ оси свай, для правильнаго удара бабы, нижній же конецъ заостряется. Для правильнаго углубленія свай при забивкѣ, заостреніе ея должно быть симметрично относительно оси; ребра не должно дѣлать острыми и тесать на три грани, какъ въ *B*, а лучше заостривать свая на четыре грани, какъ въ *A*; при тескѣ на глазъ, при четырехъ граняхъ легче заостреніе сдѣлать симметричнымъ, хотя наши плотники привыкли чаще острить свая на три грани <sup>2)</sup>. При забивкѣ свай комлемъ внизъ, свая сначала идетъ въ землю труднѣе, чѣмъ при забивкѣ тонкимъ концемъ, но затѣмъ вбивается легче, ибо треніе земли о свая, при дальнѣйшемъ ея углубленіи, становится меньше. При вбиваніи же тонкимъ концемъ, свая углубляется труднѣе, но выдерживаетъ впослѣдствіи большій грузъ и будетъ сильнѣе сдвлена окружающимъ грунтомъ. А потому въ большинствѣ случаевъ свай забиваются тонкимъ концемъ внизъ, хотя опытъ показываетъ, что при

Черт. VХІІ.  
— фиг. 268.

<sup>1)</sup> Свай находящіяся постоянно подъ водою, сохраняются неопредѣленное число лѣтъ. Находили совершенно здоровыми дубовыя свай забытыя подъ водою лѣтъ 900 назадъ.

<sup>2)</sup> Длина заостренія дѣлается отъ 1½ до 2 разъ болѣе діаметра заостряемаго конца свай.

забивкѣ комлемъ внизъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, выигрывается около  $\frac{1}{6}$  времени.

Для того чтобы голова сваи, или верхній ея торець, по которому производится ударъ бабой, не расщеплялась отъ повторяемыхъ ударовъ, на верхній конецъ ея насаживается толстое желѣзное кольцо называемое *бугелемъ*. Желѣзо для бугеля берется въ  $\frac{1}{4}$  дюйма толщины и бугель набивается на голову сваи горячимъ; при охлажденіи, сжимаясь, онъ плотнѣе обхватываетъ сваю. Обыкновенно заготавливаютъ два бугеля, чтобы не было остановки въ работѣ; пока забивается одна свая, другая, слѣдующая за нею, заготавливается, т.-е. заостряется и на нее насаживается бугель, снятый съ прежде вбитой сваи.

При бойкѣ свай въ каменистомъ или сильно хрящеватомъ грунтѣ, чтобы предохранить остріе сваи отъ расщепленія, набиваютъ иногда на него желѣзный *башмакъ* *a*, котораго расходящіеся концы, съ отверстиями, прибаваются къ сваѣ гвоздями. Рѣже употребляютъ чугунные башмаки, но и желѣзные весьма удорожаютъ свайную байку и потому ихъ употребляютъ лишь въ крайне необходимыхъ случаяхъ. Прежде чѣмъ приступить къ обдѣлкѣ свай, забиваютъ *пробную сваю*, чтобы опредѣлить длину другихъ.

Въ капитальныхъ сооруженіяхъ, какъ напр. каменные водоспуски и каменные плотины или шлюзы, для шпунтовыхъ свай берутся бревна до 7 вершковъ толщиною: вообще же лѣсъ для шпунтовыхъ свай не долженъ быть тоньше 5 вершковъ. Какъ уже замѣтили выше, лѣсъ на шпунтовые сваи у насъ чаще употребляется сосновый, но за недостаткомъ или дороговизной такового, можетъ быть употребляемъ и еловый. Лѣсъ долженъ быть свѣжій, не просохшій или лежалый въ водѣ; сваи изъ сухаго лѣса косятся и коробятся, придя при забивкѣ въ соприкосновеніе съ водою.

Форму шпунту даютъ различную, но только наиболѣе простымъ шпунтамъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе; даже выгоднѣе, вмѣсто всякихъ шпунтовыхъ соединеній, какъ *A*, *B*, *C*, употреблять сваи безъ шпунтовъ и гребней, а прѣже *плазы* пригнанныя, какъ *D*; такія сваи съ усибхомъ употребляются въ Англіи и Германіи. При такихъ сваяхъ получается много экономіи въ лѣсѣ и работѣ, а непроницаемость, при тщательной забивкѣ, достигается почти такая же, какъ при сваяхъ съ шпунтами и гребнями, т.-е. во всякомъ случаѣ не совершенная; потому что при забивкѣ шпунтоваго ряда встрѣчается столько разнообразныхъ обстоятельствъ, что нѣтъ возможности пригнать сваи совершенно плотно одну къ другой.

У насъ для шпунтовыхъ свай чаще употребляютъ прямоугольный шпунтъ, въ которомъ ширина и глубина шпунта, а равно высота и толщина гребня, составляютъ  $\frac{1}{3}$  толщины обрусованной сваи, а форма того и другаго въ поперечномъ сѣченіи представляютъ квадратъ. Этотъ шпунтъ представляетъ больше шансовъ для непроницаемости, но за то при немъ забивка свай труднѣе, а гребень и щеки шпунта иногда при забивкѣ скалываются. Для экономіи въ работѣ можно тесать шпунтовые сваи только на два канта, на которыхъ выдѣлываются шпунтъ и гребень.

Заостроеніе шпунтовыхъ свай дѣлается иногда въ такой формѣ какъ показано на *A* и *C*, съ тою цѣлію, чтобы вновь вбиваемая свая *C* плотнѣе прижималась къ вбитой уже сваѣ *B*, вслѣдствіе нажиманія грунта *b* на подкосъ *a*, отчего верхъ свай *C* прижимается къ верху свай *B*. Поэтому лучше прежде не заострять шпунтовыхъ свай, а лишь передъ самой забивкой; опытный плотникъ такъ тогда заостряетъ сваю, чтобы она при вбиваніи нажималась въ ту или другую сторону и шпунтовый рядъ, сохраняя щитность и данное направленіе, имѣлъ бы сваи забитыми по возможности вертикально. Для этой же цѣли, какъ это увидимъ ниже, при забивкѣ шпунтовыхъ свай употребляются *направляющія рамы*, а самая забивка производится нѣсколькихъ свай заразъ, отъ 20 до 30, предварительно плотно и правильно установленныхъ, съ частой перестановкой копра, причемъ сначала употребляютъ легкія бабы для забивки ряда на нѣкоторую глубину, чтобы только хорошо утвердить сваи, а потомъ уже осаживаютъ рядъ тяжелой бабой. При этомъ способѣ забивки, гребни лучше удерживаются въ шпунтахъ свай.

фиг. 273.

Для устройства временныхъ перемычекъ или небольшихъ водоспусковъ и при небольшомъ напорѣ воды, вмѣсто шпунтовыхъ свай употребляютъ шпунтовые доски. Черезъ это ускоряется работа и удешевляется затрачиваемый матеріалъ. Толщина такихъ досокъ должна быть отъ 2-хъ до 4-хъ вершковъ, смотря по солидности сооруженія. Для досокъ, гребень и шпунтъ обыкновенно дѣлаются треугольными, причемъ уголь шпунта долженъ быть нѣсколько тупѣе угла гребня, для того чтобы при вбиваніи щеки шпунта не скалывались; равнымъ образомъ, чтобы при вбиваніи доски не кололись, ширина ихъ не должна быть болѣе 5—6 вершковъ. Шпунтовые доски, также какъ и шпунтовые сваи, забиваются при помощи направляющихъ рамъ. Когда доски не толсты, то ихъ забиваютъ въ два и въ три ряда; тогда ихъ дѣлаютъ прямыми кромками, но забиваютъ въ разноеть.

Черт. XVII.

фиг. 274.

Когда нижній конецъ свай упирается въ совершенно несжимаемый грунтъ, то грузъ, который можно положить на сваю, будетъ зависеть отъ сопротивленія свай раздробленію, если только свая не будетъ сгибаться. Обыкновенно принимаютъ, что *каждый квадратный дюймъ поперечнаго сѣченія свай не долженъ подвергаться давленію болѣе 26 пудовъ груза*. Но такой грузъ можетъ допускаться на сваи не тоньше 7 вершковъ въ діаметрѣ и который будетъ составлять на всю сваю 2360 пуд. Но на сваю діаметромъ въ 6 вершковъ допускается не болѣе 1500 пуд. всего груза, или 17,3 пуд. на квадратный дюймъ поперечнаго сѣченія; на 5-вершковую сваю не болѣе 750 пуд. т.-е. 12,5 пуд. на квадратный дюймъ сѣченія; на 4-хъ-вершковую сваю не болѣе 300 пуд., т.-е. около 8 пуд. на квадратный дюймъ. При нѣкоторомъ возвышеніи концевъ свай надъ землею, при которомъ онѣ въ состояніи сдѣлать прогибъ, эта нагрузка должна быть уменьшена.

Черт. XVI.

фиг. 280.

Если же свая не опирается на твердый матеріалъ, а поддерживается лишь треніемъ земли о боковую ея поверхность, то часто случается, что черезъ нѣсколько мѣсяцевъ или черезъ годъ послѣ забивки,

грунтъ между сваями слабѣетъ, т.-е. плотность его мало по малу сравнивается съ плотностью окружающаго грунта, такъ что свая со временемъ представляетъ меньшее сопротивленіе углубленію, чѣмъ во время забиванія. Въ такихъ случаяхъ надежнѣе допускать на сваю грузъ не болѣе 12—14 пудовъ на каждый квадратный дюймъ сѣченія сваи, а при слабомъ, плавучемъ грунтѣ и еще менѣе.

При употребленіи, какъ однѣхъ свай, простыхъ или шпунтовыхъ, такъ и свай связанныхъ ростверкомъ, подь основанія водоспусковъ, каменныхъ плотинъ и фундаменты вообще, главное правило которое слѣдуетъ соблюдать состоитъ въ томъ, чтобы эти деревянные части находились бы ниже перемѣннаго горизонта грунтовыхъ водъ и постоянно оставались бы покрытыми водою; подверженныя же переходу отъ сырости къ сухости, онѣ могутъ подвергаться гніенію и не будутъ уже служить прочнымъ и долговѣчнымъ основаніемъ.

**36. Коперъ.** — Сваи вбиваются въ землю ударами груза, который поднимается на извѣстную высоту и затѣмъ падаетъ на голову сваи укрѣпленную бугелемъ. Грузъ въ этомъ случаѣ носитъ названіе *бабы*, а станокъ, помощію котораго поднимается и опускается баба, называется *копромъ*. Если свая забивается безъ копра, то баба называется *ручною*; если же съ копромъ, то баба называется *копровою*. Коперъ также бываетъ *ручной* или *машинный*; въ первомъ, рабочіе забивающіе сваи поднимаютъ бабу посредствомъ каната и привязанныхъ къ нему веревочныхъ концовъ, называемыхъ *кошками*; во второмъ, рабочіе дѣйствуютъ *воротомъ*, на валь котораго навивается канатъ, а баба, помощію особаго механизма, поднявшись на извѣстную высоту, отцѣпляется отъ каната и свободно падаетъ на сваю. Какъ при бойкахъ свай на водѣ, такъ и въ сухомъ мѣстѣ, часто приходится устраивать подмости для копра, или на козлахъ изъ толстыхъ колевъ, или на тонкихъ временныхъ сваяхъ: колья вбиваются въ землю посредствомъ деревяннаго *барка*, или *чекмана* (а), т.-е. деревяннаго обрубка, дубоваго или березоваго, съ прибитою къ нему рукою; тонкія же сваи забиваются *ручною бабою* (б), состоящею также изъ деревяннаго обрубка отъ 1½ до 2-хъ аршинъ длиною, по возможности изъ твердаго и сухаго дерева, къ которому прибиты выгнутыя ручки, упирающіяся концами въ выдолбы, стѣланныя въ обрубокѣ. Тамъ гдѣ приходится часто и много работать ручной бабой, то для того чтобы дерево бабы не сбивалось, не кололось, и не расщеплялось, концы обрубка обтягиваются желѣзными кольцами, или бугелями, а самый ударъ производится желѣзнымъ поддономъ, стержень котораго проходитъ сквозь обрубокъ дерева бабы и укрѣпляется сверху навинченною на стержень гайкою. Ручки, кромѣ выдолбовъ, прибиваются къ дереву бабы гвоздями. Толщина обрубка должна быть не менѣе 7 вершковъ. Ручною бабою чаще дѣйствуютъ не болѣе 4-хъ, рѣже до 6 человекъ, и потому чаще она имѣетъ четыре ручки; вѣсъ ручной бабы рассчитывается такимъ образомъ, чтобы на каждаго рабочаго приходилось не болѣе 30 — 40 фунтовъ; а потому для

Черт. XVII.

•нг. 275.

•нг. 276.

•нг. 277.

и 278.

четырёхъ рабочихъ вѣсь ручной бабы долженъ быть отъ 3-хъ до 4-хъ пудовъ.

При вбиваніи свай ручною бабою, предварительно устраиваются подмости изъ досокъ, на передвижныхъ козлахъ, будетъ ли производиться бойка въ водѣ или на сухомъ мѣстѣ. Высота козелъ и подмостей соображается съ длиною свай и глубиною ея забивки. Установивъ сваю остриемъ на свое мѣсто, рабочіе сжимаютъ ее досками подмостей и становятся вокругъ, поставивъ бабу на голову свай. Сначала углубляютъ сваю легкими ударами бабы; по мѣрѣ же ея углубленія, производятъ по возможности полные и дружные удары, поднимая бабу на возможно большую для нихъ высоту.

Работа ручной бабой требуетъ навыка и когда свая еще стоитъ высоко и вслѣдствіе того зыбка, то при неосторожности рабочихъ баба можетъ соскочить съ свай и ушибить рабочихъ. А потому для подобной работы слѣдуетъ выбирать людей по возможности ловкихъ, равной силы и роста и ставить тѣхъ же людей въ одну смѣну; тогда они скорѣе принаравливаются къ работѣ и ведутъ ее скорѣе. Но забивка свай ручною бабою возможна только въ мягкомъ грунтѣ и притомъ при небольшой на нихъ нагрузкѣ, или гдѣ эти сваи имѣютъ лишь временное значеніе. Для забивки же свай постоянныхъ и подъ сооруженія прочныя и долговременныя, употребляютъ всегда коперъ. Ручной коперъ о двухъ стрѣлахъ (*a, a*), имѣетъ 2, 3 и 4 сажени отъ основанія до вершины; въ немъ: *A*—рама копра, которою коперъ ставится на землю или на подмости и которая поддерживаетъ коперъ въ вертикальномъ положеніи; *a, a*—ноги, или стрѣлы; *b*—верхняя подушка, или голова копра; *c, c*—подкосы, подпирающіе ноги, или стрѣлы; *d, d*—мѣстница, подпирающая и удерживающая стрѣлы, а также служащая для всхода въ случаѣ поправокъ въ верхней части копра; *e*—шківъ, чрезъ который перебидывается лопарный канатъ *m, m*, поднимающій чугунную бабу *M*; *n, n*, такелмный канатъ (танька), служащій для подниманія свай, при установкѣ ея на мѣсто подъ дѣйствіе копра; *f*—блокъ, чрезъ который проходитъ этотъ канатъ; *k, k, k*, кошки, или концы веревокъ прикрѣпленные къ лопарному канату, за которыя тянутъ рабочіе при подниманіи бабы.

Черт. XVIII  
фиг. 279.

Очевидно, что чѣмъ длиннѣе сваи, которыя приходится забивать, тѣмъ коперъ долженъ быть выше. Для устройства 4-хъ-саженнаго копра о двухъ стрѣлахъ, выбираютъ бревна изъ хорошаго сосноваго лѣса въ числѣ 9 штукъ, а именно:

2	бревна	длинною	3	сажени	толщиною	7	вершковъ.
1	"	"	4	"	"	7	"
4	"	"	3	"	"	5	"
2	"	"	4	"	"	6	"

Всѣ эти бревна обтесываются съ четырехъ сторонъ въ брусъ; два бруса изъ первыхъ двухъ бревенъ идутъ на раму, или основу копра; одинъ брусъ назначается для подушки, въ которую упираются стрѣлы,

а другой для хвоста, въ который упирается лѣстница. Хвостъ соединяется съ подушкой прямымъ шипомъ, сдѣланномъ на переднемъ концѣ хвостоваго бруса; этотъ шипъ вставляется въ сквозное гнѣздо, выдолбленное въ серединѣ подушки. Ширина шипа дѣлается отъ 2-хъ до 3-хъ вершковъ, а вышина до  $1\frac{1}{2}$  вершка. Хвостъ и подушка должны быть соединены между собою по наугольнику, т.-е. подъ прямымъ угломъ; они скрѣпляются еще двумя, на-косъ, распорными брусьями  $h h$ , концы которыхъ врубаются въ хвостъ и подушку сквороднемъ. Для этихъ распорокъ  $h h$ , берутъ брусья изъ бревенъ въ 3 саж. длиною и толщиною въ 5 вершковъ.

Стрѣлы, или ноги копра, готовятся изъ бревенъ въ 4 сажени длиною и въ 6 вершковъ толщиною. На каждомъ концѣ этихъ брусевъ зарубаютъ прямыя шипы; изъ нихъ нижніе вставляются въ гнѣзда  $O, O$  подушки, а на верхніе, своими гнѣздами, накладываетъ голова копра. Гнѣзда  $O, O$ , для шиповъ въ верхней сторонѣ подушки, вынимаются по сторонамъ хвостоваго гнѣзда  $s$ , въ разстояніи до 4-хъ вершковъ отъ середины; ширина этихъ гнѣздъ дѣлается въ  $1\frac{1}{2}$  вершка, длина въ 2 вершка, а глубина нѣсколько менѣе половины толщины подушки. При выдалбливаніи этихъ гнѣздъ должно остерегаться чтобы не попасть долбежкой въ гнѣздо  $S$ , хвостоваго шипа. Ноги, поставленныя шипами въ подушку и связанныя вверху головою копра, могутъ имѣть боковую качку; чтобы воспрепятствовать этому, укрѣпляютъ ихъ подкосами  $c, c$ ; эти подкосы готовятъ изъ брусевъ вытесанныхъ изъ 3-саженныхъ бревенъ, толщиною въ 5 вершковъ. Гнѣзда въ ногахъ, или стрѣлахъ, въ которыя упираются шипы подкосовъ  $c, c$ , дѣлаются на  $\frac{2}{3}$  вышины ногъ, считая отъ подушки рамы, а гнѣзда для шиповъ этихъ подкосовъ въ подушкѣ, выдалбливаются въ 8 вершкахъ отъ концовъ подушки. Задній подкосъ, или лѣстница  $d, d$ , готовится изъ бруса вытесаннаго изъ бревна въ 4 сажени длиною и въ 7 вершковъ толщиною. На нижнемъ концѣ этого подкоса зарубаютъ шипъ, входящій въ гнѣздо хвоста (выдолбленное въ разстояніи  $\frac{3}{4}$  до 1 аршина отъ его конца), а на верхнемъ концѣ зарубаютъ шейку  $t, t$ , помѣщающуюся между стрѣлами, въ выемкахъ сдѣланныхъ въ стрѣлахъ съ ихъ внутренней стороны, и скрѣпляемую съ стрѣлами сквознымъ болтомъ.

Когда части копра готовы, то для сборки его поступаютъ такъ: устанавливаютъ двое козелъ  $NN'$ ; въ одному изъ нихъ  $N'$  прислоняютъ раму копра  $AB$ , такъ, чтобы подушка ея  $D$  лежала на землѣ, а конецъ хвоста на поперечинѣ, или стелюгѣ, козла  $N'$ . Наклонно къ другому козлу  $N$  кладутъ стрѣлы  $a, a$ , копра. Послѣ того, съ помощію желѣзнаго лома, направляютъ нижніе шипы стрѣлъ въ ихъ гнѣзда на подушкѣ рамы. Для установленія же лѣстницы  $d, d$ , поднимаютъ верхній конецъ ея на стелюгу козла  $N$  и заводятъ его между стрѣлами  $a, a$ ; къ другому концу лѣстницы привязываютъ веревку  $n, n$ , и перекинувъ ее черезъ торецъ хвоста, поднимаютъ ею лѣстницу, направляя шипъ ея  $r$  въ гнѣздо  $q$ , сдѣланное для него въ концѣ хвоста. Чтобы веревка, при подниманіи, не соскользнула съ торца хвоста, слѣдуетъ



въ этомъ торцѣ обдѣлать небольшой желобокъ, въ которомъ ходила бы веревка. Вставивъ шипъ лѣстницы въ его гнѣздо, помощію веревокъ, или инымъ способомъ, накрѣпко соединяють временно лѣстницу съ хвостомъ, а потомъ приподнимають и верхній конецъ лѣстницы, вводя шейку ея въ вырубъ на стрѣлахъ, съ внутренней ихъ стороны. Затѣмъ, сдвинувъ стрѣлы, пропускають сквозь нихъ и сквозь шейку лѣстницы желѣзный болтъ и завинчивають его гайкою. Наконецъ на верхніе шипы стрѣлъ набивають голову копра, въ которой сдѣланы, съ нижней ея стороны, соотвѣтствующія этимъ шипамъ гнѣзда, а затѣмъ вставляютъ въ соотвѣтственные гнѣзда шипы откосовъ, поддерживающихъ стрѣлы отъ боковой качки.

Когда коперъ собранъ, то прилаживаютъ къ нему желѣзную оковку. Полосовое желѣзо для оковки копра обыкновенно берутъ не толще  $\frac{1}{4}$  дюйма и не шире 2-хъ дюймовъ, смотря по прочности которую желаютъ придать копру, обыкновенно вся оковка вѣситъ отъ 4-хъ до 5 пудовъ. Наугольники *a*, составляютъ главную часть оковки; ихъ дѣлають 3 штуки: два употребляютъ для скрѣпленія ногъ съ подушкой основанія, а третій — для скрѣпленія подушки съ хвостомъ. Наугольники прибиваются толстыми полукорабельными гвоздями на-глухо къ ногамъ, подушкѣ и хвосту. Два хомута *b*, употребляютъ для скрѣпленія головы копра со стрѣлами, или ногами. Накладки *c*, съ шпальромъ и съ пробоемъ *d*, употребляютъ для скрѣпленія стоячихъ подкосовъ съ ногами и подушкою (иногда онѣ въ этихъ мѣстахъ замѣняются простыми скобами *e*), и для скрѣпленія лѣстницы съ хвостомъ (всегда); такихъ накладокъ требуется 5 (если онѣ употребляются и на подкосы). Онѣ прибиваются гвоздями на-глухо въ одной части, а другую надѣваютъ на пробой, въ который сверхъ накладки забивается деревянный нагель. Раму копра связываютъ съ ея подкосами, или накладками съ пробоями *f*, или простыми желѣзными скобами *c*; ихъ требуется 4 штуки. Двѣ накладки *g*, прирѣзываются къ стрѣламъ съ боковыхъ наружныхъ сторонъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ въ нихъ пробуравлены дыры для шкивеннаго болта, чтобы предохранить ихъ отъ ударовъ, сотрясеній и тренія этого болта.

Когда коперъ собранъ и обоеванъ, то его ставятъ належащимъ образомъ на землю основаніемъ, или рамой *A*, и затѣмъ оснащаютъ. Для опусканія копра на землю, привязываютъ къ нему двѣ длинныя веревки, одну къ головѣ, а другую къ хвосту и вынимають изъ подъ хвоста козелъ *N'*, или стелюгу. Нѣсколько человекъ (до 10) берутся за веревку, привязанную къ хвосту и натягивають ее; въ то же время другіе рабочіе приподнимають ноги копра руками или баграми, а козелъ *N* или подставку изъ доски, постепенно придвигаютъ ближе къ рамѣ, подпирая ею стрѣлы, отчего коперъ все болѣе и болѣе садится на раму. Когда рама начнетъ уже замѣтно перевѣшивать, то нѣсколько рабочихъ, отъ веревки привязанной къ хвосту, перебѣгаютъ къ веревкѣ привязанной къ головѣ копра и придерживають, или вытравляютъ ее слегка, чтобы коперъ силою своей тяжести не сѣлъ бы

Черт. XVIII.  
• ил. 282.

• ил. 279.

• ил. 281.

вдругъ на раму. Рабочіе, оставшіеся при веревкѣ хвоста, по мѣрѣ того, какъ коперъ садится на раму, бросаютъ веревку и ухватываясь руками за раму и ея подкосы, или нажимаютъ ее къ землѣ, или поддерживаютъ, пока коперъ тихо, безъ удара, не встанетъ совершенно на раму.

Черт. XVIII.

•нг. 283.

*Копровая баба* можетъ быть деревянная или чугунная; на фиг. 283 *A* изображаетъ деревянную и *B*—чугунную бабу; *c, c*—стрѣлы копра; *b, b*,—пальцы, т.-е. деревянные, изъ крѣпкаго дерева (березы, клена, дуба) бруски, которые двигаясь съ легкимъ треніемъ между стрѣлами, заставляютъ бабу падать по направленію стрѣлъ, безъ качки въ сторону, и производятъ правильный ударъ на голову сваи. Клинья, или деревянные чеки *d*, удерживаютъ бабу у стрѣлъ во время ея паденія; эти клинья должны быть такъ пригнаны, чтобы баба не прижималась ими къ стрѣламъ, но могла бы свободно двигаться по нимъ. Ушко бабы, *a, a*, дѣлается обыкновенно желѣзное, какъ у чугунной, такъ и у деревянной бабы; оно должно быть такого размѣра, чтобы сквозь него могъ проходить толстый лопарный канатъ, поднимающій бабу. Чугунная баба всегда предпочтительнѣе деревянной; кромѣ меньшаго объема при томъ же вѣсѣ, она лучше передаетъ ударъ сваѣ; тогда какъ деревянная, хотя изъ самаго крѣпкаго дерева, скоро внизу мочалится и образуетъ на нижнемъ, ударяющемъ, торцѣ родъ упругой подушки, дурно передающей ударъ. Деревянная баба должна быть окована желѣзными обручами, нагоняемыми горячами. Деревянная дубовая баба, вѣсомъ отъ 6 до 10 пудовъ, бываетъ отъ 8 до 12 вершковъ толщиною и до 2 аршинъ длиною. Чугунныя бабы, для ручныхъ копровъ, бываютъ вѣсомъ отъ 5 до 35 пудовъ; на машинныхъ же копрахъ вѣсъ бабы доходитъ до 50 и болѣе пудовъ. Такъ какъ кубическій футъ чугуна около 10 разъ тяжелѣе вѣса кубическаго фута сухаго дуба (ибо вѣсъ кубич. фута чугуна составляетъ около 12.5 пудовъ, а кубич. футъ сухаго дуба около 1,25 пуд.), то притомъ же вѣсъ бабы объема деревянной долженъ быть въ 10 разъ болѣе объема чугунной бабы. Для успешной бойки сваи, *вѣсъ бабы долженъ превосходить по крайней мѣрѣ въ 2 1/2 раза вѣсъ сваи*; при болѣемъ же вѣсѣ бабы, сравнительно съ вѣсомъ сваи, бойка идетъ еще успешнѣе.

При длинѣ сосновой сваи въ 3 сажени и при толщинѣ ея:

въ 4 верш. вѣсъ сваи будетъ	8	пуд. а слѣдоват. вѣсъ бабы не менѣе	20 пуд.
" 4 1/2 " " " "	10	" " " "	25 "
" 5 " " " "	12,25	" " " "	30 "
" 5 1/2 " " " "	14.25	" " " "	35 "
" 6 " " " "	17	" " " "	43 "
" 6 1/2 " " " "	19	" " " "	47 "
" 7 " " " "	22	" " " "	55 "

*Шкивъ*, черезъ который перекидывается лопарный канатъ (лопарь) поднимающій бабу, бываетъ также деревянный или чугунный и послѣдній, особенно при небольшихъ размѣрахъ, предпочтительнѣе, такъ какъ прочнѣе

и желобъ его можетъ быть гладко обточенъ, что служить къ сохраненію каната. Малый діаметръ для шкива невыгоденъ, такъ какъ малый шкивъ увеличиваетъ работу и скорѣе перетираетъ и рветъ канатъ. Поэтому иногда даютъ шкиву діаметръ до 5 футовъ, но въ такомъ случаѣ его уже дѣлаютъ деревяннымъ, притомъ коперъ требуетъ особыхъ, приспособленій для шкива столь большаго діаметра, такъ какъ болтъ на которомъ онъ вращается, долженъ быть укрѣпленъ въ стрѣль, позади ихъ, какъ видно на фиг. 284.—Для вышеописаннаго же ручнаго копра, обыкновенно даютъ діаметру шкива 12 вершковъ и не болѣе одного аршина. *Бемдоръ* замѣчаетъ, между прочимъ, что при увеличеніи діаметра шкива до  $4\frac{1}{2}$  футовъ, вмѣсто малаго шкива, можно было ставить на коперъ 16 человекъ, вмѣсто 20.

Черт. XIX.  
фиг. 284.

Фиг. 285 изображаетъ чугунные шкивы, съ ручками и цѣльный; фиг. 286 и 287 деревянные, изъ которыхъ на фиг. 286 представленъ цѣльный шкивъ, связанный изъ досокъ, а на фиг. 287 деревянный шкивъ со спицами, или ручками; какъ тотъ, такъ и другой стянуты по краямъ желѣзными кольцами, или шинами, и кромѣ того окованы съ двухъ сторонъ, въ мѣстѣ прохожденія желѣзнаго шворня, на которомъ вращается шкивъ. Шворень дѣлается не менѣе одного дюйма въ діаметрѣ; онъ такъ укрѣпляется въ стрѣлахъ, чтобы не вращался во время подниманія и опусканія бабы, а шкивъ вращался бы на немъ. Для этого концы шворня, или болта, дѣлаются четырехгранными и сидятъ плотно въ оковкѣ.

фиг. 285.

Коперъ устанавливается при бойкѣ свай по возможности такъ, чтобы стрѣлы его были вертикальны, а шкивъ и его шворень помещаются такъ, чтобы ось каната, середина ушка бабы и центръ ея тяжести находились бы на одной вертикальной линіи, ибо только при этомъ условіи подниманіе бабы будетъ происходить при наименьшемъ треніи. Глубина желоба въ шкивѣ должна быть не болѣе  $\frac{1}{2}$  дюйма; глубокой желобъ скорѣе рветъ канатъ. Въ деревянные шкивы вставляются желѣзные втулки, какъ для сохраненія шкива, такъ и для облегченія работы.

*Лопарный канатъ*, или *лопарь*, долженъ быть приготовленъ изъ хорошей пеньки и имѣть въ окружности отъ 4 до 6 дюймовъ; для 4 саженнаго копра длина каната берется въ  $4\frac{1}{2}$  сажени. *Кошки* суть веревки, имѣющія въ окружности  $1\frac{1}{2}$  дюйма: для 4 саженнаго копра ихъ нужно до 40 погонныхъ саженей: для таковаго же копра нужно *такельнаго каната* до 10 погонныхъ саженей, толщиною въ окружности около 3 дюймовъ. Длина кошекъ должна быть такая, чтобы когда баба спущена внизъ до основанія копра, а кошки вытянуты по направленію задняго подкоса, или лѣстницы, то концы ихъ касались бы земли на разстояніи 7 аршинъ отъ хвоста копра. У насъ на каждую кошку ставятъ до 7 человекъ и потому для дѣйствія бабою въ 35 пудовъ потребно отъ 5 до 6 кошекъ; иногда же ставятъ по одному человеку на кошку, или по два и по три, и тогда число кошекъ должно соответствовать этому расчету людей. При бабахъ нетяжелыхъ, на каждый пудъ бабы полагается одинъ человекъ; при вѣсѣ бабы отъ 30 и болѣе

пудовъ, на каждаго человѣка нужно полагать отъ 35 до 30 фунтовъ вѣса бабы. Высота подъема бабы на ручныхъ копрахъ бываетъ въ 4 фута и рѣдко доходитъ до 5 футъ. Наибольшій вѣсъ бабы для ручныхъ копровъ составляетъ 35 пудовъ.

*Машинный коперъ* отличается отъ ручнаго тѣмъ, что на немъ баба приводится въ дѣйствіе не непосредственно рабочими помощью кошекъ, привязанныхъ къ канату, а различными механическими приспособленіями. Для дѣйствія бабою на машинномъ копрѣ, преимущественно употребляютъ горизонтальный или вертикальный валь, или барабанъ, на который наматывается лопарный канатъ; валь приводится въ дѣйствіе воротомъ или какою либо зубчатою системою. На прилагаемыхъ фиг. 288 и 289, представленъ машинный коперъ съ вертикальнымъ валомъ, приводимомъ въ движеніе воротомъ, на который дѣйствуютъ рабочіе посредствомъ *пальцевъ*, находящихся на колесѣ ворота. Изъ фиг. 288 ясно видно, какимъ образомъ обыкновенный ручной коперъ можетъ быть обращенъ въ машинный. Для болѣе удобнаго дѣйствія рабочихъ, на рамѣ подъ воротомъ иногда настиляется полъ; ободъ колеса долженъ отстоять отъ пола на  $1\frac{1}{2}$  аршина. Длина лопарнаго каната въ машинномъ копрѣ должна быть такова, чтобы онъ будучи обернуть два или три раза вокругъ вала, проходилъ черезъ оба шкива и чтобы свободный его конецъ впереди ногъ копра доставалъ бы до рамы. Другой конецъ лопарнаго каната прикрѣпляется къ валу, или барабану, однимъ или двумя полукорабельными гвоздями. Передній конецъ лопаря въ машинномъ копрѣ привязывается не къ ушку бабы, какъ въ ручномъ копрѣ, а къ желѣзному кольцу *a*, особаго крюка *N*, который захватываетъ ушко бабы, какъ видно на фиг. 290. Когда конецъ веревки *n* виситъ свободно, тогда крюкъ *N* захватывая за ушко бабы, какъ видно на фиг. 290 *A*, поддерживаетъ ее и при дѣйствіи воротомъ поднимаетъ бабу; когда же баба поднята на надлежащую высоту, тогда дергаютъ, натягивая, веревку *n*, а крюкъ *N* выходитъ изъ ушка бабы, какъ видно на фиг. 290 *B*, позволяетъ ей свободно падать на сваю. Послѣ паденія бабы крюкъ *N* стягиваютъ внизъ, отпуская воротъ назадъ, задѣваютъ имъ опять ушко бабы и снова поднимаютъ ее для новаго удара и т. д. Крюкъ *N* выковывается изъ толстаго, отъ  $1\frac{1}{2}$  до двухъ дюймовъ, круглаго желѣза; длина крюка дѣлается около  $2\frac{1}{2}$  футовъ. Описанія болѣе сложныхъ механическихъ копровъ, а тѣмъ болѣе паровыхъ и пороховыхъ, мы приводить здѣсь не будемъ, ограничиваясь вышележающимъ, такъ какъ болѣе сложные копры употребляются лишь при очень большихъ и цѣнныхъ сооруженіяхъ.

Хотя машинные копры при забивкѣ свай и экономичнѣе, но въ Россіи чаще предпочитаютъ забивку свай ручными копрами, такъ какъ люди къ ней болѣе привычны; они легко и скоро переставляютъ коперъ на новую сваю и работа идетъ безостановочно. Выгода механическаго копра заключается въ томъ, что въ немъ вѣсъ бабы можетъ быть болѣе, а главное, она можетъ падать съ большей высоты и слѣдовательно при ударѣ о сваю давать большую механическую работу. Называя вѣсъ

бабы чрез  $P$  и скорость ея, въ моментѣ прикосновенія съ головой сваи, при паденіи, чрезъ  $v$ , мы уже знаемъ, что въ этотъ моментъ баба обладаетъ живою силою  $\frac{P}{g} \cdot v^2$  (или  $Mv^2$ , если  $\frac{P}{g} = M$ ), а количество механической работы, даваемой бабой при ударѣ о сваю, равняется половинѣ ея живой силы и будетъ  $\frac{P}{2g} \cdot v^2$ . Слѣдовательно эта механическая работа, заставляющая сваю опускаться на известную глубину въ землю, только прямо пропорціональна вѣсу бабы, но пропорціональна квадрату скорости ея паденія и слѣдовательно возростаеть быстрѣе съ увеличеніемъ скорости паденія, или высотой паденія бабы, чѣмъ съ увеличеніемъ ея вѣса. При ручномъ копрѣ баба можетъ падать съ высоты только 4 или 5 футовъ, а въ механическомъ, напр. 4 сажень. копрѣ, она можетъ падать съ высоты болѣе чѣмъ въ 20 футовъ. Скорость тѣла свободно падающаго съ высоты  $h$  выражается формулою:  $v = \sqrt{2gh}$ ; а потому скорость бабы въ концѣ паденія, или въ моментъ удара, съ 4 футовъ высоты будетъ  $v = 16$  футовъ, а съ высоты 20 футовъ, эта скорость  $v = 35,88$  футовъ. А потому при томъ же вѣсѣ бабы, напр. въ 20 пудовъ, при каждомъ ударѣ ручнаго копра, количество механической работы передаваемое свай будетъ:  $\frac{P}{2g} \cdot v^2 = \frac{20 \cdot (16)^2}{64,36} = 79,55$  пудофутовъ, а при каждомъ ударѣ механическаго копра, количество этой механической работы будетъ:  $\frac{P}{g^2} \cdot v'^2 = \frac{20 \cdot (35,9)^2}{64,36} = 400,5$  пудофутовъ, или въ 5 разъ больше. Иными словами, на ручномъ копрѣ нужно сдѣлать 5 ударовъ чтобы заставить сваю углубляться на ту же величину, на которую она углубляется отъ одного удара механическаго копра. Притомъ, число рабочихъ необходимыхъ для подымки бабы на ручномъ копрѣ, требуется несравненно больше чѣмъ на механическомъ, на которомъ эта подымка дѣлается помощію ворота. На машинномъ копрѣ на каждого человѣка полагають отъ 4 до 5 пудовъ вѣса бабы; такъ что на бабу вѣсомъ въ 35 пудовъ становяты для подъема отъ 7 до 9 человѣкъ и еще одного для сдергиванія и зацѣпленія крюка, сверхъ того также двухъ *закоперщиковъ*, какъ и при ручномъ копрѣ; слѣдовательно всего отъ 10 до 12 человѣкъ. При ручномъ же копрѣ и при этомъ вѣсѣ бабы, потребовалось бы всѣхъ рабочихъ отъ 42 до 49 человѣкъ. Но не смотря на это преимущество механическаго копра передъ ручнымъ, здѣсь важную роль играетъ время, а именно какое число ударовъ можно совершить тѣмъ и другимъ копромъ въ данное время. На ручномъ копрѣ подымка и опусканіе бабы производится несравненно скорѣе чѣмъ на механическомъ, на которомъ баба подымается довольно медленно и производство каждого удара сопровождается еще спусканіемъ и зацѣпленіемъ крюка за ушко бабы, на что также требуется нѣкоторое время. Если же кромѣ общаго механическаго закона: *что выигрывается въ силѣ, то теряется во времени*—принять въ расчетъ еще и новыхъ рабочихъ, при той и другой работѣ, то и оказывается на практикѣ, что работа съ ручнымъ копромъ бываетъ иногда производительнѣе и экономичнѣе чѣмъ съ механическимъ.

**37. Бойка свай.** — Предварительно бойки свай, должна быть сдѣлана подробная разбивка работы на мѣстности, и, какъ линіи шпунтовыхъ рядовъ, такъ и мѣста отдѣльныхъ круглыхъ свай, должны быть обозначены кольями. Затѣмъ, по соображеніи, откуда должна начаться работа, устраиваются подмости для помѣщенія копра, или копровъ, когда работа, по обширности ея, производится нѣсколькими копрами. Когда бойка свай производится на сухомъ мѣстѣ, то подмости устраиваются прямо на землѣ, изъ досокъ съ подложенными подъ ними бревнами; если же на водѣ, то подмости устраиваются на козлахъ. Не должно тратить на подмости хорошаго лѣснаго матеріала, но однако необходимо обращать тщательное вниманіе чтобы подмости были устроены твердо и прочно, какъ для безопасности рабочихъ, такъ и для устойчиваго положенія копра во время работы. При устройствѣ подмостей на козлахъ, должно стараться, чтобы копры стояли на одномъ ряду козель, а рабочіе на другомъ ряду. Иногда для забивки свай на водѣ подмости устраиваютъ на лодкахъ или на плоткахъ изъ бревенъ.

Когда подмости готовы и копры оснащены, то помѣщеніе ихъ на подмости, установка, надвигка и передвиженіе съ свай на сваю, подноска и установка свай, производятся тѣми же рабочими, которые назначены къ копру для забивки свай. Если рабочіе малоопытны въ бойкѣ или малосильны, то прибавляютъ на ручной коперъ отъ 1 до 5 чело-вѣкъ противъ вышеприведеннаго расчета по грузу бабы. При бойкѣ свай, кромѣ рабочихъ, которые собственно тянутъ за кошки и производятъ всѣ необходимыя передвиженія съ копромъ, назначаются къ каждому копру одинъ или два плотника, опытные въ бойкѣ свай и которые называются *закоперщиками*. Рабочіе на копрѣ исполняютъ исключительно распоряженія закоперщика и обязаны быть у него въ полномъ повиновеніи: онъ руководитъ рабочими, какъ въ производствѣ бойки, такъ и во всѣхъ необходимыхъ передвиженіяхъ копра. Подручный закоперщика, или второй закоперщикъ, помогаетъ первому во всемъ и особенно необходимо ему подѣлывать лѣсами, для подмостей. Когда коперъ стоитъ на нихъ, для установки свай на мѣсто, для нажима шпунтовыхъ свай и т. п. Кромѣ топора закоперщикъ, при каждомъ копрѣ, долженъ имѣть по крайней мѣрѣ два желѣзныхъ лома и нѣсколько надежныхъ березовыхъ *анштурговъ* (толщиною въ оглоблю и длиною отъ 2 до 3 аршинъ), а равно запасныя доски и *ваги* (тонкія бревна). Г. Гаусманъ слѣдующимъ образомъ опредѣляетъ обязанности закоперщика; закоперщикъ долженъ: 1) смотрѣть за прочностью и благонадежностью подмостей, на которыхъ стоитъ и передвигается коперъ и на которыхъ стоятъ рабочіе дѣйствующіе копромъ; 2) производить исправленія разныхъ частей копра и его оснастки; 3) наблюдать, чтобы подушка и хвостъ копра всегда плотно опирались на подкладкахъ, не только въ двухъ мѣстахъ, но непременно въ трехъ, т.-е. при концахъ и въ срединѣ, отчего зависитъ устойчивость копра и не столь вредное сотрясеніе въ частяхъ его при каждомъ ударѣ бабы; 4) провѣрять по отвѣсу стрѣлы копра и забиваемую сваю и наблюдать чтобы баба не отбивала сваю въ сторону и не разбивала

ея головы; 5) распредѣлять рабочихъ поровну по кошкамъ и разставлять людей такъ, чтобы всѣ были обращены лицомъ къ средней кошке, причемъ болѣе рослыхъ людей ставить впередъ, а малорослыхъ назадъ; 6) наблюдать чтобы всѣ рабочіе одновременно и дружно поднимали и опускали бабу и 7) предупреждать рабочихъ, не привыкшихъ къ дѣлу, чтобы они не становились къ ногамъ копра и остерегались бабы и ея пальцевъ.

Для передвиженія копра, съ мѣста сборки его и оснастки, на мѣсто работъ, закоперщикъ, очистивъ ходъ для копра, подводитъ подъ него двѣ или три доски, поворачиваетъ его лицомъ къ мѣсту работъ; затѣмъ при помощи ломовъ, аншпуговъ или вагъ, рабочіе передвигаютъ коперъ, иногда привязывая къ нему веревки для тяги. При небольшомъ передвиженіи копра, напр. съ сваи на сваю, бабы съ копра не снимаютъ, а опускаютъ ее на *малую подстрѣлину*, т.-е. подпираютъ невысокой жердью, которая поддерживаетъ нижній палецъ бабы и не позволяетъ ей опускаться. При всякомъ же значительномъ передвиженіи копра или по неровному мѣсту, гдѣ во время передвиженія коперъ можетъ наклоняться, баба должна быть снята съ копра, чтобы не ушибить рабочихъ.

Лицевая сторона ногъ копра должна находиться на  $\frac{1}{2}$  толщины сваи, гдѣ мѣсто ея забивки обозначено коломъ; помощію подкладокъ и клинцевъ, а равно отвѣса, закоперщикъ устанавливаетъ коперъ въ вертикальномъ положеніи. Поднесенную сваю такелемъ поднимаютъ вверхъ за ея голову, а остріе сваи устанавливаютъ на то мѣсто гдѣ она должна быть вбита. Передъ этимъ баба поднимается возможно выше и подъ ея нижній палецъ подставляется *большая стрѣла*, которая нижнимъ концомъ упирается въ зарубку хвоста, сдѣланную позади ногъ и не позволяетъ бабѣ опуститься внизъ. Когда свая установлена на мѣстѣ вертикально, закоперщикъ обхватываетъ ее *штропомъ*, т.-е. веревкой, на концѣ которой сдѣланы петли, фиг. 291, и петли штропа пропускаетъ между ногъ копра; въ петли подручный просовываетъ ломъ, или аншпугъ, короткій конецъ котораго упираетъ сзади въ одну изъ ногъ копра, а длиннымъ концемъ притягиваетъ сваю къ стрѣламъ, посредствомъ петель штропа, и удерживаетъ такимъ образомъ сваю во время бойки въ надлежащемъ положеніи. Тогда вынимаютъ большую стрѣлу и даютъ сначала тихіе и слабые удары бабою по головѣ сваи, пока она нѣсколько углубится и приметъ устойчивое положеніе. Проверивъ, правильно ли пошла свая, начинаютъ осаживать ее полными ударами. Во время бойки подручный продолжаетъ удерживать сваю аншпугомъ за петли штропа, а закоперщикъ становится впереди сваи, закладываетъ ломъ или аншпугъ концемъ за одну изъ ногъ копра съ внутренней стороны, а другимъ концемъ нажимаетъ на сваю; такимъ образомъ придерживая сваю съ боку, онъ слабымъ нажатіемъ руки на аншпугъ, можетъ пошатнуть верхъ сваи вправо или влѣво; подручный же своимъ ломомъ можетъ полатать верхъ сваи впередъ или назадъ, отпуская петли штропа или натягивая ихъ. Закоперщикъ и его подручный всегда должны становиться такъ относительно своихъ аншпуговъ, чтобы не отталкивать ихъ отъ

Черт. XIX.  
энг. 291.

себя, а притягивать въ себѣ. При бойкѣ свай ручнымъ копромъ, послѣ нѣсколькихъ сряду повторенныхъ ударовъ, бойка останавливается и рабочіе отдыхаютъ; число ударовъ производимыхъ между двумя отдыхами называется *залогомъ*. Залогъ обыкновенно дѣлаютъ въ 30 ударовъ; залогъ вмѣстѣ съ отдыхомъ продолжается 4 минуты. Въ рабочій день нельзя требовать отъ рабочихъ болѣе 120 залоговъ по 30 ударовъ каждый; но на урокъ они дѣлаютъ отъ 160 до 170 залоговъ въ день. Количество 120 залоговъ и залогъ въ 30 ударовъ, полагается при вѣсѣ бабы отъ 18 до 25 пудовъ и высотѣ подъема ея въ 4 фута. На машинныхъ копрахъ залогъ бываетъ въ 15—10 ударовъ, при вѣсѣ бабы отъ 30 до 60 пудовъ и высотѣ подъема отъ 16 до 8 футовъ. Для облегченія подъема бабы, стрѣлы, гдѣ она скользитъ по нимъ, а равно гдѣ скользятъ по нимъ ея пальцы, смазываютъ саломъ.

При бойкѣ свай, закоперщикъ считаетъ число ударовъ; съ послѣднимъ ударомъ залога онъ кричитъ: „залогъ“ и тогда рабочіе прекращаютъ бойку. Онъ выкрикиваетъ также слово „залогъ“, когда считаетъ нужнымъ остановить бойку по какому-либо обстоятельству, хотя бы число ударовъ и не дошло до положеннаго въ залогъ. „Забивка свай круглыхъ и шпунтовыхъ, составляетъ работу однообразную и скучную, наводящую тоску на самихъ рабочихъ, говоритъ г. Гаусманъ; почему у насъ вообще принято производить свайную бойку съ пѣснями и прибаутками мѣстнаго весельчака изъ рабочихъ“. Потомъ, обыкновенно передъ началомъ каждаго залога и при послѣднемъ напѣвѣ „дубинушка ухни, зеленая сама поидетъ“ — рабочіе дружно поднимаютъ бабу со свай и уже молча отбиваютъ весь залогъ. Не слѣдуетъ допускать пѣнія когда снимаютъ бабу со стрѣлы, когда начинаютъ первую забивку только что установленной свай или когда только что поставленъ *подбабокъ*. Въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ опускать бабу съ осторожностью, тихо и плавно.

Черт. XX.  
фиг. 292.

Когда голова свай, при забивкѣ, опустится ниже рамы копра, то далѣе ее забиваютъ помощію *подбабка*, состоящаго изъ обрубка дерева съ ручкой, двумя бугелями на концахъ и 6-ти дюймовымъ желѣзнымъ, заостреннымъ стержнемъ на нижнемъ концѣ, фиг. 292. Рабочій поставивъ конецъ острія на средину головы свай, держитъ подбабокъ за ручку, пока стержень не войдетъ въ голову свай. При бойкѣ съ подбабкомъ, этотъ послѣдній заштропляется подручнымъ закоперщика также какъ и свая.

Величина осадки свай послѣ каждаго залога отмѣчается зарубкой, или чертой карандаша, на брусѣ, поставленномъ у стрѣлы. Только при самыхъ слабыхъ грунтахъ свая отъ начала до конца бойки углубляется скоро и почти отъ каждаго залога на одинаковую глубину; при грунтахъ же твердыхъ, углубленіе свай, послѣ каждаго залога, все дѣлается менѣе и менѣе и только свая упершись остриемъ въ какой-либо твердый предметъ, какъ напр. попадая на значительный камень, останавливается и отъ полного залога уже нисколько не углубляется; дальнѣйшая бойка подобной свай прекращается, такъ какъ она можетъ



повести къ раздробленію головы свай или къ ея перелому. Но однако бойка свай останавливается и тогда, когда углубленіе ея отъ залога получается слишкомъ малое; въ такомъ случаѣ свая бьется, какъ выражаются, до *отказа*. Свая считается забитою до отказа, когда отъ залога углубляется: для предполагаемой нагрузки въ 1500 пудовъ только на  $\frac{1}{2}$  дюйма; для нагрузки въ 750 пудовъ — на 1 дюймъ; и для нагрузки въ 300 пудовъ — на 2 дюйма. При длинѣ свай въ 4 и 5 сажени, не слѣдуетъ добиваться малыхъ отказовъ для избѣжанія перелома свай.

*Забивка шпунтовыхъ свай.* Мы уже выше говорили, что шпунтовые ряды свай забиваются съ цѣлю прервать сообщеніе воды въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ грунтъ имѣетъ водопускающіе слои. Мы также видѣли, что въ долинахъ рѣчекъ наносные слои чаще лежатъ горизонтально; поэтому шпунтовымъ рядомъ необходимо пройти весь пропускной слой съ тѣмъ, чтобы концы свай были углублены въ непронусной, напр. глинистый слой. Если  $A B$ , долина рѣчки и  $m$  ея русло;  $a, a, b, b$ , слои диллювія вторыхъ береговъ;  $a, c, c; d, d; e, e$ , наносные рѣчные слои различнаго свойства; и если  $d, d$ , будетъ на примѣръ пропускной слой изъ гравія и песка, а  $e, e$ , непронусной слой изъ глины, то рядъ шпунтовыхъ свай долженъ пересѣчь весь слой  $d, d$ , и углубиться въ слой  $e, e$ , какъ это видно въ ряду свай отъ  $n$  до  $k$ . Но концы свай не должны подниматься съ поднятіемъ мѣстности отъ  $m$  къ  $B$  и укорачиваться, какъ это видно въ ряду свай отъ  $k$  до  $p$ ; ибо тогда проникаемый водою слой  $d, d$ , не будетъ пересѣченъ шпунтовымъ рядомъ и цѣль забивки шпунтоваго ряда не будетъ достигнута. А потому предварительно забивки шпунтоваго ряда, которая и затруднительна и обходится дорого, всегда необходимо сдѣлать зондировку почвы буромъ, копаніемъ небольшихъ колодцевъ, или желѣзнымъ щупомъ, какъ для того, чтобы убѣдиться въ глубинѣ залеганія проникаемаго и непроницаемаго водою слоевъ, такъ и въ томъ, нѣтъ ли мѣстныхъ препятствій для забивки шпунтоваго ряда, т.-е. щепы, лома, свай отъ прежнихъ на этомъ мѣстѣ сооруженій, или отдѣльныхъ значительныхъ или небольшихъ, но сплошныхъ камней. Если эти препятствія окажутся незначительны и въ небольшомъ количествѣ, то слѣдуетъ отъ нихъ по возможности освободить грунтъ предварительно, или на нѣкоторыя сваи надѣть желѣзные башмаки; въ противномъ случаѣ, если условія мѣстности позволяютъ, перенести сооруженіе нѣсколько выше или ниже по теченію, гдѣ окажется грунтъ удобный для бойки шпунтоваго ряда; или наконецъ совершенно отказаться отъ этой бойки и принять инныя мѣры, замѣняющія шпунтовые ряды.

Черт. XX.  
сиг. 293.

Для забивки шпунтоваго ряда, прежде всего готовятъ вѣшь ряда *направляющія рамы*. Для этого забиваютъ два ряда простыхъ круглыхъ свай и на эти сваи накладываютъ на шипы продольные брусья, между которыми забивается уже шпунтовый рядъ, фиг. 294. Эти круглыя рамныя сваи забиваются на разстояніи одной сажени свая отъ сваи вдоль линіи и отъ 10 до 12 вершковъ, середина отъ середины

сиг. 294.

свай, попереку шпунтовой линіи. Свай бьются, или одна противъ другой (парами), или въ шахматномъ порядкѣ. Если эти сваи служатъ только для набивки шпунтоваго ряда и на это время, то для нихъ берутъ лѣсъ тонкій и забиваютъ ихъ ручными бабами; если же онѣ будутъ служить, независимо, и самому сооруженію, то для нихъ берется настоящій свайный лѣсъ и онѣ забиваются копромъ. Длина же ихъ рассчитывается, какъ на этомъ основаніи, такъ и на томъ, что раму для шпунтовыхъ свай обыкновенно кладутъ непосредственно надъ помостомъ, на которомъ стоитъ коперъ, но чаще всего пользуются этими временными рамами и на нихъ перекадываютъ лѣса для подмостей. Впрочемъ всегда должно стараться расположить рамы около одной сажени выше поверхности земли, несмотря на то что верхъ шпунтоваго ряда иногда проектомъ опредѣленъ наравнѣ съ землею; въслѣдствіи можно снять временныя рамы и копрами добить, или окончательно осадить, сваи шпунтоваго ряда. Такое возвышеніе рамы надъ мѣстностью полезно для правильнаго проведенія длиннаго шпунтоваго ряда. Если шпунтовый рядъ проводится чрезъ воду, то и въ этомъ случаѣ раму должно располагать по меньшей мѣрѣ на  $1\frac{1}{2}$  или 2 аршина надъ водою.

Когда круглыя рамныя сваи забиты, то на вышеуказанной высотѣ ихъ верхи срѣзаютъ (отпиливаютъ) подъ ватерпасъ и на каждой свай зарубаютъ обыкновенный шипъ, который проходитъ съвозъ гнѣздо насаживаемаго на сваю рамнаго бруса. Если рамныя брусья обтесаны только съ одной стороны, то этой тесанной стороной они обращаются внутрь въ шпунтовому ряду. Разстояніе тесанныхъ сторонъ брусевъ рамы должно быть на  $1\frac{1}{2}$  до 2 вершковъ больше толщины заготовленныхъ шпунтовыхъ свай, которыя, какъ сами, такъ ихъ шпунты и гребни, отесываются по одной скобкѣ. Чрезъ каждыя  $1\frac{1}{2}$  сажени брусья рамы стягиваются желѣзными болтами, около 1 дюйма толщиною, навинчиваемыми на нихъ гайками. Иногда, вмѣсто болтовъ, употребляютъ досчатые схваты, которыя врубаются сверху въ оба бруса рамы съворочнемъ.

Черт. XX.

•илг. 285

Когда рама готова, то забиваютъ первую шпунтовую сваю только на  $\frac{1}{4}$  или на  $\frac{1}{2}$  требуемаго углубленія, хорошо вывѣряютъ ее и подпираютъ подпоркой, чтобы вторая, приставленная къ ней свая, при забивкѣ не измѣнила вертикальнаго ея положенія. Г. Гаусманъ совѣтуетъ, на основаніи опыта, вести забивку шпунтовыхъ свай гребнемъ впередъ, а не шпунтомъ. У второй и слѣдующихъ свай подкапываютъ заостренную часть *a*, *b*, чтобы при бойкѣ верхъ второй сваи лучше прижимался къ первой. Когда вторая свая своимъ шпунтомъ будетъ надѣта на гребень первой, неполнѣ забитой и остриемъ коснется земли, фиг. 297, то на нижнюю ея часть, подъ лѣсами, надѣваютъ *поплавки* *n*, *n*, т.-е. короткій обрубокъ отъ шпунтовой же сваи (длиною отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  арш.), который прикладываютъ на гребень второй сваи, какъ бы слѣдующую 3-ю сваю. и посредствомъ его плотно прижимаютъ 2-ю сваю къ 1-й помощью наклонной распорки *m*, ударяя обухомъ топора

•илг. 296.

•илг. 297.

сверху по поплавку. Во время забивки второй сваи наблюдаютъ, чтобы поплавокъ не упирался въ землю, но постоянно плотно прижималъ бы 2-ю сваю къ первой, для чего время отъ времени приходится мѣнять длину подпорки *m* и часто осаживать ударомъ обуха поплавокъ внизъ.

Для приданія сваямъ правильнаго, вертикальнаго положенія, между рамными брусьями и забиваемыми сваями вставляются клинья, ослабленіемъ или забиваніемъ, которыхъ верхъ сваи отклоняютъ вправо или влево отъ общаго направленія шпунтоваго ряда. Только при забивкѣ двухъ-трехъ первыхъ свай, онѣ могутъ быть заштроплены къ ногамъ копра; но при сплошной стѣнѣ шпунтоваго ряда, дальнѣйшее заштропленіе свай дѣлается невозможнымъ, а потому здѣсь поплавокъ и клинья замѣняютъ собою штропъ. Вторую сваю также не догоняютъ до мѣста, какъ и первую, и останавливаютъ ея забивку когда верхъ ея сравняется съ первой свай; точно такимъ же образомъ продолжаютъ бить 3-ю и дальнѣйшія по счету сваи. Такая забивка составляетъ первую наборку шпунтовыхъ свай; когда коперъ, производящій наборку, отойдетъ сажени на три отъ первой сваи, тогда можно поставить другой коперъ на первую сваю, для окончательной забивки шпунтоваго ряда, при которой забиваютъ двѣ рядомъ стоящія сваи разомъ, *для чего ни обѣ сваи нагоняютъ общій бузель*. Иногда и во второй разъ сваи еще не загоняются до мѣста, и ихъ осаживаютъ въ третій разъ. Вообще, чѣмъ постепеннѣе сваи шпунтоваго ряда будутъ осаживаться, тѣмъ правильнѣе онѣ углубятся и можно скорѣе поручиться за успѣхъ въ работѣ.

Тѣ же приемы употребляются и при забивкѣ шпунтоваго ряда изъ досокъ, но здѣсь слѣдуетъ обращаться осторожнѣе и опускать бабу съ меньшей высоты, чтобы не раздробить и не расколоть шпунтовья доски. Вообще бойка свай требуетъ большаго вниманія со стороны наблюдающаго за работами; ибо иногда, по злоупотребленію, рабочіе спиливаютъ сваю недостаточно ее забивши или укорачиваютъ ее при началѣ забивки: забиваютъ сваи криво и косо, что составляетъ особенно важный недостатокъ при забивкѣ шпунтовыхъ рядовъ, которые чрезъ это теряютъ все свое значеніе. Если уклоненіе шпунтовой сваи послѣдуетъ при забивкѣ, то должно остановиться забойкой и вытащить сваю изъ земли тщательно осмотрѣть мѣсто и сваю. Иногда щелка, камешекъ, или другое незначительное препятствіе, попавшее между двумя сваями, бываетъ причиной отклоненія сваи отъ преже забитой. Всякая щель между двумя шпунтовыми сваями бываетъ вредна, но щель упирающаяся книзу не должна быть допускаема; и если такую сваю нельзя уже вытащить, то ее перестаютъ бить, а бьютъ слѣдующія за нею сваи, подкашивая круче ихъ остріе, чтобы притиснуть сильнѣе и эту, дурно идущую сваю, которая добывается потомъ.

Иногда верхи шпунтовыхъ свай набраннаго ряда наваливаются на первую сваю или отваливаются къ вбиваемой свай, то-есть сваи стоятъ вѣромъ. Въ такомъ случаѣ не слѣдуетъ продолжать набраніе свай въ раму на большую длину, а набравъ на длину 2-хъ или 3-хъ саженьей, должно обернуть коперъ назадъ и добить до мѣста набранныя

свай; затѣмъ ослабленіемъ или бѣльшимъ нажиманіемъ поплавка, при установкѣ слѣдующихъ свай, бѣльшимъ или меньшимъ подкашиваніемъ ихъ острія, измѣненіемъ направленія удара бабы на сваю (черезъ наклоненіе копра), исправляется дальнѣйшее наклоненіе свай въ шпунтовомъ ряду.

Черт. XX.  
фиг. 298.

Что касается до вытаскиванія недобитыхъ почему-либо свай, то самый простой способъ основанъ на дѣйствіи рычага, который въ настоящемъ случаѣ составляетъ бревно, подпертое подкладкою или козломъ, и къ короткому концу котораго привязывается свая, а на длинный конецъ дѣйствуютъ рабочіе. Чтобы веревки не соскакивали со свай, сквозь сваю пропускается нагель, за который зацѣпляется веревка, фиг. 298.

При бойкѣ свай машиннымъ копромъ употребляются тѣ же приемы. Для подъема бабы машиннымъ копромъ, рабочихъ разставляютъ вокругъ ворота и даютъ каждому по аншпугу, длиною до двухъ аршинъ; всѣ они кладутъ свои аншпуги на колесо ворота такъ, чтобы одинъ конецъ аншпуга былъ упертъ въ гнѣздо вала ворота, серединою же, или двумя третями длины, аншпугъ закладывается за палець, или цѣвку колеса; рабочіе же становятся каждый за своимъ аншпугомъ, однимъ бокомъ (обыкновенно правымъ) плотно къ колесу. Нажимая аншпугъ впередъ, они приводятъ въ дѣйствіе ворота. Иногда вмѣсто колеса и съемныхъ аншпуговъ, къ валу непосредственно прицѣпляютъ рычаги, на которые дѣйствуютъ рабочіе. При производствѣ этой работы непривычными еще рабочими, необходимо объяснить имъ, что они должны ходить мѣрнымъ шагомъ, не торопясь, подаваться впередъ не отходя отъ колеса, придерживать и нажимать аншпуги на цѣвки, пока закоперщикъ не закричитъ „ударю!“ Въ этотъ моментъ рабочіе должны остановиться, не отдавая ворота и быть готовыми къ тому, что ворота мгновенно освободится отъ груза бабы. Закоперщикъ, тотчасъ послѣ крика „ударю“, слергиваетъ вѣрвь съ бабы, а рабочіе, упираясь на заднюю ногу, не трогаются съ мѣста, но всѣ они послѣ удара бабы поднимаютъ свои аншпуги и тогда уже слергиваютъ крюкъ внизъ, сметывая лопарь съ вала. Когда вѣрвь будетъ снова зацѣпленъ за ушко бабы, рабочіе закладываютъ аншпуги въ ближайшія къ нимъ гнѣзда и зацѣвки и продолжаютъ работу. Вращающіеся пятники вала и оси шкивовъ должны быть смазаны масломъ.

Не совсѣмъ удобно начинать забивку свай машиннымъ копромъ, говорить г. Гаусманъ, но употребленіе его болѣе примѣняется къ продолженію забивки уже установленныхъ и набранныхъ, но не до конца вбитыхъ свай, какъ круглыхъ, такъ и шпунтовыхъ. Неудобство это состоитъ въ томъ, что подноски и установка свай, а равно передвижка копра малымъ числомъ рабочихъ, имѣющихся при машинномъ копрѣ, трудно исполняются. Зацѣпленіе крюка за бабу также сопряжено съ неудобствами, когда свая въ началѣ бойки еще высоко стоитъ надъ подмостями; частое передвиженіе копра, неизбѣжное при началѣ забивки, также затрудняетъ ходъ работъ. Главное назначеніе машиннаго

копра состоитъ въ производствѣ сильныхъ ударовъ, между тѣмъ при началѣ забивки удары должны быть слабѣе. Всѣ эти неудобства, говоритъ г. Гаусманъ, устраняются тѣмъ, при большихъ работахъ, что сначала употребляютъ ручные копры для установки свай и для первоначальной ихъ забивки; когда же сваи отъ залога подаются къ низу менѣе трехъ дюймовъ, то оставляютъ ихъ недобитыми ручнымъ копромъ, а по освобожденіи мѣста надвигаютъ машинный и усиленными его ударами догоняютъ сваи до мѣста. Тогда каждый коперъ дѣйствуетъ при наиболѣе выгодныхъ для него условіяхъ.

При нѣкоторыхъ грунтахъ оказывается, что учащенными ударами бабы, падающей съ небольшой высоты, достигаются лучшіе результаты, чѣмъ рѣдкими ударами съ большой высоты. А потому въ каждомъ данномъ случаѣ, непосредственными опытами, слѣдуетъ убѣдиться въ выгоде употребленія машиннаго или ручнаго копра. Но за машиннымъ копромъ всегда остаются въ нѣкоторыхъ случаяхъ тѣ преимущества, что 1) съ нимъ можно производить работу съ меньшимъ числомъ рабочихъ; 2) сваи, которыя не подаются отъ ручнаго копра, могутъ быть забиты машиннымъ, и 3) при маломъ просторѣ въ мѣстѣ производства работъ, машинный коперъ занимаетъ вдвое меньше мѣста, чѣмъ ручной съ рабочими <sup>1)</sup>.

По урочному положенію, 25 рабочихъ, при двухъ закоперщикахъ, забьютъ въ день, на глубину двухъ сажень, семершковыхъ свай простыхъ (круглыхъ): а) при обыкновенномъ мягкомъ грунтѣ отъ 12 до 15 свай, б) при глинистомъ, средней твердости, отъ 8 до 10 свай; в) при крѣпко-глинистомъ и каменистомъ грунтѣ отъ 5 до 7 свай. Шпунтовыхъ же свай, при тѣхъ же условіяхъ: а) отъ 10 до 12; б) отъ 6 до 8; и в) отъ 4 до 6 свай.

---

<sup>1)</sup> Б. Гаусманъ. Практическое руководство къ устройству плотинъ. Литографир. Дирекціи строительнаго училища. С.-Петербургъ. 1876 г.

## ГЛАВА XII.

### ФАШИНЫ И ФАШИННЫЯ РАБОТЫ <sup>1)</sup>.

**38. Фашины.**—Фашинами называютъ пуки, или снопы хвороста изъ молодыхъ, по преимуществу мягкихъ листовыхъ лѣсныхъ породъ, сложенныхъ комлями въ одну или двѣ стороны и перевязанныхъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ своей длины прутяными же кручеными перевязями называемыми *вицами*. Фашины приготовляются изъ очень молодыхъ деревьевъ, толщиною въ комлѣ не болѣе дюйма, или изъ древесныхъ вѣтвей такой же толщины, но по возможности прямыхъ. Различные виды ивъ и тополей составляютъ лучшія лѣсныя породы для вязки фашинь; береза и ольха для этой цѣли хуже и фашины приготовленныя изъ этихъ породъ должны быть всегда покрыты водою; хвойный лѣсъ для вязки фашинь не годится и можетъ быть употребленъ только за совершеннымъ недостаткомъ другихъ породъ и лишь подъ водою. Какъ увидимъ ниже, главное преимущество ивъ и тополей заключается въ ихъ способности къ проростанію и образованію побѣговъ. Поэтому, гдѣ фашинныя сооруженія производятся въ большомъ видѣ и поддерживаются постоянно, въ число фашинныхъ работъ входятъ и разведенія ивовыхъ и тополевыхъ разсадниковъ, дающихъ матеріалъ, какъ для вязки фашинь, такъ и устройства плетневыхъ заборовъ ограждающихъ фашинныя сооруженія. Деревья и хворостъ только что срубленные, или срѣзанные, т.-е. свѣжіе, лучше для вязки фашинь, чѣмъ лежалые или засохшіе.

Деревца и вѣтви, сложенные въ пучекъ и туго перевязанныя, должны имѣть, въ формѣ фашины, одинъ футъ діаметромъ; длина же фашины, при вязкѣ въ одинъ комель, чаще бываетъ около 9 футовъ, съ двумя или тремя перевязями, и такая фашина называется *однокомельною*. Если же фашина складывается и вяжется на два комля, съ обѣихъ концовъ, а

<sup>1)</sup> Практическое руководство къ произведенію изъ фашинь разнаго рода сооруженій. Составилъ *Францъ Зеге*. С.-Петербург. 1834 г. А также: *Architecture hydraulique par Belidore* и вышеуказанное сочиненіе *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées par A. Debauve*. Paris. 1878.

макушки деревьевъ и вѣтвей сходятся въ срединѣ длины фашины, то такая фашина называется *двукомельною*; она также должна имѣть одинъ футъ въ діаметрѣ по всей длинѣ, которая чаще простирается до 14-ти футовъ, и перевязывается чрезъ каждые 3 или 3½ фута своей длины. какъ въ однокомельной, такъ и двукомельной фашинахъ, первая перевязи отстоятъ отъ комля на одинъ футъ.

На фиг. 299, *a* изображаетъ однокомельную фащину съ двумя, а *b* — однокомельную фащину съ тремя вицами; *c* — изображаетъ двукомельную фащину. Размѣръ однокомельныхъ фащинъ, въ одинъ футъ діаметромъ и около 9 футовъ длины, опредѣляется тѣмъ условіемъ, что при этомъ размѣрѣ онѣ удобны для переноски и накидки ихъ однимъ человѣкомъ; для прочности же фащинныхъ сооружений, длинныя фашины лучше; фашины же короче 9 футовъ уже не хорошо связываются между собою и потому могутъ быть употребляемы только внутри фащиннаго сооруженія. Хотя фащинныя сооруженія, кромѣ военно-инженерныхъ работъ, главнымъ образомъ употребляются для регулированія рѣчныхъ руслъ и теченія рѣкъ, а также для укрѣпленія ихъ береговъ, но однако этого рода работы могутъ оказать большую пользу и при сооруженіи плотинъ, въ особенности же въ случаѣ прорыва плотинъ, фашины представляютъ неоцѣнимый матеріалъ для быстрой зачѣлки прорванной части. Фашины употребляются также съ пользою для устройства временныхъ перемычекъ, ограждающихъ мѣсто производства работъ, при сооруженіи водоспусковъ; для образованія сливныхъ мостовъ, для укрѣпленія береговъ тотчасъ ниже водоспусковъ, для укрѣпленія откосовъ плотинъ, обращенныхъ къ сторовѣ пруда и наконецъ, иногда, для образованія плечей водоспуска и самаго водоспуска, въ случаѣ недостатка строеваго лѣса.

Черт. XX.  
— фиг. 299.

Производимыя въ рѣкахъ фащинныя сооруженія вообще называются *укладными* <sup>1)</sup> *сооруженіями* (Rackwerke), потому что онѣ образуются чрезъ укладываніе фащинъ опредѣленнымъ порядкомъ. Не смотря на простоту матеріала, фащинныя работы въ рѣкахъ, производимыя иногда на большой глубинѣ и при быстромъ теченіи, требуютъ тщательнаго вниманія и большаго искусства, чтобы быть дѣйствительно прочными сооруженіями. Во многихъ случаяхъ фащинныя сооруженія бывають прочнѣе, чѣмъ возводимыя изъ камня и свайной бойки, и, при нѣкоторыхъ условіяхъ, фашины не могутъ быть замѣнены никакимъ другимъ матеріаломъ и безъ нихъ нужно было бы отказаться отъ самаго производства работы. Только въ горныхъ, очень быстрыхъ потокахъ, фащинныя работы не могутъ быть примѣняемы, такъ какъ не могутъ долго противостоять непрерывному дѣйствію на нихъ хряща и камней, переносимыхъ подобными потоками и разрушающихъ треніемъ и ударами самую фащину.

Укажемъ здѣсь на главныя фащинныя укладныя сооруженія, производимыя въ рѣкахъ съ различными цѣлями:

1) *Прикройныя по берегамъ*, которыми прикрываются подводныя части береговъ по всей длинѣ, гдѣ они бывають подвержены дѣйствію рѣчной струи и вслѣдствіе того обрушенію.

<sup>1)</sup> А также навидными.

Черт. XX.  
•анг. 300.

2) *Рѣчныя буны*, или выступающія въ русло рѣки полуплотины. Всѣ онѣ однимъ концомъ примыкаютъ къ берегу, а другимъ, произвольнымъ направленіемъ, входятъ въ рѣку на опредѣленную длину, не достигая противоположнаго берега. Буны подраздѣляются: а) на *охранительныя буны*, служащія для отвода рѣчной струи отъ повреждаемаго берега; въ этомъ случаѣ онѣ дѣлаются короткими съ оставленіемъ между ними небольшихъ промежутковъ; при такомъ устройствѣ онѣ менѣе подвергаются дѣйствію струи, скорѣе образуютъ въ промежуткахъ наносы и, не входя въ значительную глубину рѣки обходятся дешевле; б) *струе-отпорныя буны*, т.-е. отводящія или наводящія струю на требуемую часть берега. Онѣ главнымъ образомъ устраиваются съ цѣлью уничтоженія въ рѣкѣ наносовъ и песчаныхъ мелей; стѣсная живое сѣченіе рѣки, онѣ заставляють ее углублять свое русло и такимъ образомъ уничтожать наносы и мели; в) *перенимающія буны*, которыя, наоборотъ, удерживаютъ около себя наносы и способствуютъ ихъ отложенію тамъ, гдѣ это признается необходимымъ; г) *струе-пріемныя и раздваивающія буны* ставятся тамъ, гдѣ нужно раздвоить струю теченія, или для предохраненія берега, или для направленія рѣчной струи въ болѣебольшемъ количествѣ къ мельницамъ. Подобнаго рода буны обыкновенно подвергаются сильному дѣйствію струи, почему должны быть устраиваемы прочнѣе; головѣ ихъ, встрѣчающей струю, даютъ широкое основаніе и отлогіе откосы съ тою цѣлю, чтобы она не могла быть подмыта и опрокинута напоромъ струи и льда; д) *струе-стѣснительныя буны*, устраиваемыя одна противъ другой, съ противоположныхъ береговъ, для стѣсненія живаго сѣченія, чтобы заставить рѣку углубить свое русло. Къ этого рода бунамъ иногда придѣлываются крылья, параллельныя струѣ.

Способъ постройки всѣхъ этихъ бунъ одинаковъ.

3) *Запрудныя глухія плотины*, служатъ для загражденія побочныхъ рукавовъ, чтобы усилить массу воды въ главной рѣкѣ; для задѣлыванія прорывовъ въ продольныхъ береговыхъ плотинахъ или въ земляныхъ поперечныхъ дамбахъ.

4) *Перемычки, съ перепадами воды, или водосливами*, устраиваются одинаково съ глухими плотинами, но обыкновенно бываютъ ниже этихъ послѣднихъ.

5) Къ фашиннымъ работамъ принадлежатъ также *покрывала*, устраиваемыя надъ укладными сооружениями. А именно *фашинное покрывало*, устраиваемое изъ свѣжаго хвороста и способствующее скорѣйшему проростанію, или прозеленѣнію поверхности укладнаго сооружения; своими образующимися корнями оно связываетъ сооруженіе внизу, а отростками вверху ослабляетъ вредное дѣйствіе на сооруженіе переливающейся черезъ него струи, во время возвышенія уровня воды въ рѣкѣ. *Метловыя покрывала*, выстилаются на поверхности такихъ бунъ, плотинъ и перемычекъ, черезъ которыя переливается весенняя вода и проходитъ ледь.

6) *Береговая одежда*, для охраненія береговъ и насыпей отъ подмытія и обваловъ, въ рѣкахъ, плотинахъ и каналахъ.



7) *Погружаемые фашинные составы, или тюфяки*, состоящие изъ двухъ сѣтей, или рѣшетокъ, на подобіе брусчатыхъ ростверковъ, но составленныхъ изъ плетеныхъ прутяныхъ канатовъ, между которыми сжимаются въ нѣсколько рядовъ фашины, образующія слой, толщиною отъ 4 до 6 футовъ; или изъ нѣсколькихъ рядовъ прутяныхъ канатовъ, поперекъ которыхъ укладываются и связываются двукомельныя фашины, плотно настилаемая въ нѣсколько рядовъ и образующія родъ тюфяка. Эти составы, или тюфяки, всею массою опускаются на дно, подъ основанія морскихъ или рѣчныхъ сооружений и подъ береговья или шоссейныя насыпи, возводимыя на топкихъ мѣстахъ. Если эти фашинные составы опускаются на дно рѣки, подъ мостовые устои и быки, то сваи для основанія быковъ бьются сквозь эти составы, которые, будучи замываемы отложеніями рѣки, препятствуютъ подмыванію этихъ основаній.

8) *Погружаемая фашина*, употребляются въ нѣкоторыхъ случаяхъ вмѣсто погружаемыхъ тюфяковъ, также съ цѣлю огражденія отъ подмыва подошвы какого-либо сооружения въ водѣ. Такого рода огражденія образуются изъ фашинъ, обвязанныхъ кругомъ крупными камнями.

9) *Фашинные стѣны подъ водою*, образуемая фашинами, наполненными камнями, или крупнымъ хрящемъ, и опускаемыми въ воду между рядами набитыхъ свай.

На всѣ вышеприведенныя работы въ Германіи употребляютъ однокомельныя фашины: двукомельныя же у насъ съ пользою употребляютъ подъ основанія дорогъ и бичевниковъ, проводимыхъ чрезъ наводняемыя мѣста, а также для покрыванія верхнихъ частей плотинъ, заливаемыхъ весенними водами. Инженеръ *Кульманъ* полагаетъ, что даже въ горныхъ рѣкахъ, если только переносимы ими, во время разливовъ, лѣсъ и камни не представляютъ большихъ размѣровъ, выгоднѣе употреблять фашинные, чѣмъ каменные сооружения, особенно если эти сооружения должны быть лишь временными. Если фашинные работы прослужатъ не болѣе 10 или 12 лѣтъ, то въ теченіе этого времени онѣ могутъ исполнить свое назначеніе и въ быстрыхъ потокахъ; при своей упругости и хорошей связи, онѣ могутъ оказываться прочнѣе каменныхъ. Въ горныхъ оврагахъ, размываемыхъ весенними водами, перемычки изъ фашинъ задерживаютъ огромное количество грая: нужно только стараться, чтобы эти перемычки имѣли больше высоты у береговъ, чѣмъ у срединъ, дабы потокъ удалялся отъ береговъ и не размывалъ ихъ: тогда края скоро покрываются растительностію и предохраняютъ собою дальнѣйшее размываніе. Во Франціи, говоритъ *Дебогъ*, укладныя фашинные сооружения выходятъ изъ употребленія, вслѣдствіе дороговизны лѣснаго матеріала и заработной платы, а также вслѣдствіе удешевленія средствъ перевозки каменныхъ матеріаловъ, для чего, при большихъ работахъ, какъ наприм. работы на Рейнѣ, можетъ быть устроена временная желѣзная дорога. У насъ же въ Россіи, во многихъ еще мѣстахъ, вслѣдствіе недостатка камня, дешевизны хвороста и рабочихъ рукъ, фашинные работы могутъ еще долгое время имѣть значеніе и обширное примѣненіе.

При производствѣ фашинныхъ работъ употребляются фашины однокомельныя или двухкомельныя; прутяные канаты для прикрѣпленія рядовъ фашинъ; вицы — для вязки фашинъ и прутяныхъ канатовъ; колья — для прикрѣпленія фашинъ и канатовъ и земля — для засыпки фашинныхъ рядовъ.

*Вязка фашинъ.* Для вязки фашинъ предварительно устраивается станокъ изъ колеевъ; колья, длиною въ 2 аршина, вбиваются въ землю крестообразно и связываются прутяною перевязкою по два вмѣстѣ. на высотѣ отъ земли около 2-хъ футовъ. Для вязки однокомельныхъ фашинъ пужно три, или четыре, такихъ козла, смотря по длинѣ фашинъ. На этотъ станокъ кладется заготовленный хворостъ или вѣтви, комлями всѣ въ одну сторону и въ такомъ количествѣ, чтобы фашина въ этомъ комлевомъ концѣ, при плотномъ ея сжатіи, имѣла въ діаметрѣ одинъ футъ. Толщина ея измѣряется раздвижнымъ желѣзнымъ обхватомъ. Діаметръ всѣхъ фашинъ долженъ быть одинаковъ, для правильной и плотной ихъ укладки. Выровнявъ комли хвороста и отступя отъ конца комлей на одинъ футъ, сжимаютъ фашину въ этомъ мѣстѣ веревкою, или цѣпью, обернутою кругомъ фашины; для этого двое рабочихъ натягиваютъ веревку помощію колеевъ, а третій рабочій, въ то же время, плотно обвязываетъ фашину, около сжатого мѣста, приготовленною вицею, или крученою лозою. Подобнымъ же образомъ фашина обвязывается и другою вицею, отступя отъ первой обвязки на три или на четыре фута, такъ, чтобы вторая обвязка пришлась на серединѣ всей длины фашины. Если же хворостъ, употребляемый на вязку фашинъ, длиненъ и фашины изъ него будутъ имѣть отъ 12 до 14 футовъ длины, то нужно прибавлять третью обвязку, также на половинѣ всей длины фашины. Изготовленная такимъ образомъ фашина снимается со станка, на который вновь накладывается хворостъ для вязки слѣдующей фашины. Точно такимъ же образомъ вяжутся и двухкомельныя фашины, но только для нихъ станокъ изъ колеевъ дѣлается длиннѣе, комли же хвороста кладутся въ обѣ стороны и хворостъ такъ разравнивается, чтобы фашина по всей длинѣ была одинаковаго діаметра и по возможности одинаковой плотности. Перевязываются же онѣ также на разстояніи одного фута отъ комлей, а среднія перевязки располагаются такъ, чтобы между всѣми перевязками было разстояніе отъ 3 до 3½ футовъ одна отъ другой.

Для ускоренія работы, рабочіе, привыкшіе къ вязкѣ фашинъ, вяжутъ ихъ иногда безъ станка прямо на землѣ и не сжимая для перевязки веревкою или цѣпью; но фашины, такимъ образомъ связанныя, не бываютъ достаточно плотны, т.-е. при томъ же діаметрѣ не вмѣстятъ въ себѣ столько же хворосту, какъ вязанныя и сжимаемыя на станкѣ, и потому не такъ легко погружаются въ воду.

*Вицы*, употребляемыя для обвязки, какъ фашинъ, такъ и прутяныхъ, или фашинныхъ канатовъ, приготовляются изъ лучшей, тонкой, ровной и гибкой лозы, или вѣтвей тополя, которыя легко скручиваются, не ломаясь. За недостаткомъ подобнаго лозоваго или тополеваго матеріала, вицы могутъ быть приготовляемы изъ молодого березняка. Для

приготовленія виць, или фашинныхъ обвязокъ, если лоза еще слишкомъ сочна, ее предварительно выпариваютъ на огнѣ и потомъ раскладываютъ на солнцѣ; если же она уже завяла, то въ этомъ нѣтъ необходимости. Работникъ, взявъ лозовую вѣтвь, наступаетъ на ее комель ногою или ущемляетъ этотъ комель въ щель надколотаго кола, вбитаго въ землю и потомъ закручиваетъ верхній конецъ вицы въ одну сторону правою рукою, а лѣвою, между тѣмъ, растягиваетъ и выпрямляетъ закрученную часть лозы. Такимъ образомъ вица должна быть скручена постепенно по всей своей длинѣ. Тогда работникъ дѣлаетъ петлю на верхней части скрученной вицы и пропускаетъ комель сквозь загнутую вершину лозы, образующую петлю. При приготовленіи фашинъ, вицы должны быть предварительно заготовлены въ достаточномъ количествѣ. При обвязкѣ фашинъ концы виць должны быть такъ заправлены подъ перевязку, чтобы они не распустились; для этого, подложивъ вицу подъ хворостъ, собранный на станкѣ, рабочій просовываетъ комель вицы сквозь петлю и, надавивъ фашину колѣномъ, затягиваетъ вицу кругомъ фашины какъ можно туже, завязываетъ ее такъ же, какъ вяжутъ хлѣбные снопы и затѣмъ затыкаетъ комель вицы подъ обвязку, внутрь фашины. Хорошо связанная фашина не должна разсыпаться при подниманіи ее за обвязку и паденіи на землю и не должна заключать внутри мелкихъ обрывковъ хвороста, не проходящихъ сквозь всю ее длину.

Черт. XXI.  
•ил. 304.

*Прутяные канаты* накладываются поперегъ рядовъ уложенныхъ фашинъ, для укрѣпленія насланныхъ рядовъ. Эти канаты суть также фашины, но только длинныя и тонкія, связанные изъ длинныхъ и тонкихъ вѣтвей, но преимуществу лозовыхъ, или тополевыхъ, а въ случаѣ недостатка ихъ изъ молодаго березняка. Такіе канаты вяжутся длиною въ 7, 8 и 9 саж. и толщиною въ поперечникѣ отъ 4 до 5 дюймовъ. Они получаютъ обвязку чрезъ каждые 8 дюймовъ, или по 10 обвязокъ на погонную сажень длины. Слишкомъ толстые канаты оставляли бы большіе промежутки между послѣдовательными рядами фашинъ, а тонкіе разрывались бы при вколачиваніи сквозь нихъ кольевъ. Комли и макушки вѣтвей должны располагаться въ канатахъ въ разномѣтъ, т.е. чтобы они перемежались между собою и представляли вездѣ равномѣрное сопротивление и давали канату вездѣ одинаковую толщину. Канаты вяжутся на такихъ же станкахъ изъ кольевъ, какъ и фашины. Для этого на ровномъ мѣстѣ вбиваютъ прямо рядъ кольевъ, въ разстояніи 2-хъ футовъ колъ отъ кола; на высотѣ 1½ или 2-хъ футовъ отъ земли на каждомъ колѣ дѣлаютъ замѣтку и къ первымъ кольямъ набиваютъ другой рядъ кольевъ наискось такъ, чтобы они касались первыхъ кольевъ въ замѣткѣ, а затѣмъ въ этомъ же мѣстѣ перевязываютъ каждую пару кольевъ въ отдѣльный козель, и тогда станокъ готовъ. Отобравъ пригодный для канатовъ хворостъ, раскладываютъ его по станку въ опредѣленную толщину, наблюдая чтобы комли хвороста не сходились въ одномъ мѣстѣ длины и находились бы внутри каната. Потомъ канатъ перевязывается вицами въ трехъ мѣстахъ по каждому промежутку между рядами; при вязкѣ слѣдуетъ наблюдать, чтобы всѣ узлы вязки прихо-

дились на одной сторонѣ каната, дабы при укладкѣ каната на ряды фашинъ, всѣ они могли быть обращены и запрятаны подъ низъ каната и чрезъ это перевязи меньше подвергались бы поврежденію. Канатъ только тогда хорошъ, когда очень туго перевязанъ и при растяженіи не разрывается.

*Колья* для прибивки фашинъ и канатовъ готовятся, длиною въ 4 фута а толщиною отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 2-хъ дюймовъ, изъ такого хвороста, который для фашинъ былъ бы слишкомъ толстъ, или изъ всякаго лѣсу который легко раскалывается. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ наприм., для верхнихъ фашиннаго и метловаго покрывала, колья употребляются длиною только отъ 2 до 3 футовъ и готовятся весною изъ ивы, толщиною въ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюйма, для того, чтобы при употребленіи они принялись и пустили отростки. Если же чрезъ эти покрывала бываетъ ледоходъ, то колья готовятъ съ крючьями, т.-е. изъ вѣтвей, у которыхъ можно оставить сучекъ, длиною въ 3 или 4 дюйма, или дѣлаютъ этотъ крючекъ искусственно.

Черт. XXI.  
ялг. 305.

Земля для загрузки фашинъ берется ближайшая; если фашины зелены и многолиственны, то лучший матеріалъ для загрузки — крупный песокъ, хрящъ, или чура; если фашины уже завяли и сохлись, то всего лучше употребить землю тучную, глинистую или дерновую. Если же вблизи нѣтъ другой земли кромѣ песка, то по крайней мѣрѣ первый слой фашинъ необходимо загрузить тучной глинистой землею, чтобы песокъ не могъ проходить сквозъ этотъ слой и возвышать подъ нимъ дно рѣки. Послѣдній же слой, надъ всякимъ укладнымъ сооруженіемъ, долженъ состоять изъ тучной земли, съ той цѣлю, чтобы ивовая лоза принялась въ ней и хорошо прозеленѣла. Торфяная или болотная земля, какъ очень легкая, вовсе не годится для загрузки фашинъ.

**39. Укладныя сооруженія.** — Не смотря на различныя цѣли и назначенія укладныхъ сооруженій, способъ постройки ихъ всѣхъ одинаковъ. Подъ укладными сооруженіями, какъ уже замѣтили выше, разумѣются: прикройныя по берегамъ, разнаго рода бунны, запрудныя плотины и перемычки. Въ общихъ чертахъ всѣ этого рода сооруженія образуются такъ: начавъ съ берега, на поверхности воды связываются фашины слоями, посредствомъ прутяныхъ канатовъ и колевъ и нагружаются пескомъ или землею; по наложеніи на землю новаго слоя фашинъ и загрузеніи его, нижній слой всей массой опускается въ воду и по мѣрѣ дальнѣйшаго наглядыванія рядовъ фашинъ и ихъ загрузенія, ложится, наконецъ, на дно рѣки. Когда нижніе слои легли на дно русла, а верхніе на надлежащей высотѣ надъ водою хорошо укрѣплены, то составляется такимъ образомъ неразрывное цѣльное тѣло изъ перемежающихся слоевъ фашинъ и земли, которое въ состояніи прервать движеніе рѣчной воды или направить струю теченія въ ту или другую сторону и предохранить берегъ отъ разрушительнаго ея дѣйствія. Мы, для примѣра, подробнѣе изложимъ способъ сооруженія бунъ и запрудныхъ плотинъ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Устройство запрудныхъ фашинныхъ плотинъ (гл. XVII ст. 53) изложено въ 3-й части.

Верхняя ширина буны соображается съ силой теченія и въ особенности съ силой ледохода, а также съ протяженіемъ, на которое буна входитъ въ русло рѣки. При небольшой скорости теченія, ширина буны вверху бываетъ отъ 9 до 12 футовъ; на большихъ же и быстрыхъ рѣкахъ и при значительной длинѣ буны, эта ширина простирается до 18 футовъ. Ширина же вверху запрудныхъ плотинъ и перемычекъ, достигаетъ до 60 футовъ, если скорость теченія велика и ледоходъ силенъ. Что же касается до ширины основаній, то обыкновенно всѣмъ фашиннымъ сооруженіямъ дается одинокій откосъ, или наклонъ въ  $45^\circ$ , и гдѣ, слѣдовательно, откосъ равенъ высотѣ сооруженія. Хотя всякое сооруженіе лучше сопротивляется давленію воды и опрокидыванію, чѣмъ шире его основаніе и отложе откосы, но какъ толщина фашинь равна одному футу и какъ комли однокомельныхъ фашинь всегда кладутся внутрь сооруженія а концы въ наружу откоса, такъ какъ при этомъ положеніи труднѣе выдернуть фашину изъ сооруженія и при проходѣ льда сооруженіе терпитъ менѣе; при большихъ же откосахъ метловые концы фашинь оставались бы внаружѣ безъ нагрузки на большую длину и свободный конецъ фашины въ  $1\frac{1}{2}$  или 2 фута длиною болѣе подвергался бы поврежденію при проходѣ льда, чѣмъ одно-футовый, при одинокомъ откосѣ, то на этомъ основаніи и принимается одинокій откосъ, за исключеніемъ, какъ увидимъ, головъ бунъ, гдѣ иногда допускается болѣе отлогій откосъ. А потому, когда известна верхняя ширина  $a$  и высота  $h$  буны, то ширина  $b$  нижняго основанія буны  $b = a + 2h$ .

Вышина буны надъ поверхностью воды зависитъ отъ условія, чтобы буна на своей поверхности хорошо прозеленѣла, такъ какъ укладное сооруженіе можетъ быть признано прочнымъ лишь тогда, когда тонкія вѣтви фашинь или покрываль, выходящія внаружу изъ поверхности сооруженія, хорошо примутся, пустятъ ростки и корни, а послѣдніе, переплетаясь внутри, дадутъ всей массѣ такую связь, которая можетъ противустоять сильному напору струи и ходу льда. А если побѣги стригутся черезъ три—четыре года, то изъ нихъ не образуются толстые стволы и сильный ледоходъ, переходя чрезъ сооруженіе, хотя согнетъ и оскоблитъ вершины вѣтвей, но не встрѣчая сопротивленія отъ тонкихъ прутьевъ, не будетъ повреждать сооруженія. Если же вершина буны не прозеленѣетъ, то, находясь внѣ воды, фашинный хвостъ высохнетъ, вѣтви полопаются и тогда при водополюѣ, не только снесется верхняя часть хвоста, но и самая буна, какъ неимѣющая корневой связи, можетъ быть разрушена. Опытъ показываетъ, что для хорошаго прозеленѣнія поверхности буны, эта поверхность должна возвышаться на одинъ футъ надъ уровнемъ обыкновенной меженной воды. При чемъ всегда лучше дать *меньшую высоту* поверхности буны надъ уровнемъ воды, въ случаѣ значительныхъ измѣненій въ этомъ уровнѣ въ лѣтнее время, чѣмъ большую, при которой отростки съ ихъ корнями могутъ быть лишены необходимой влаги для ихъ хорошаго проростанія.

Поэтому, глубина меженной воды увеличенная на одинъ футъ, опредѣляетъ высоту буны. Но при этомъ слѣдуетъ замѣтить, что подобныя сооруженія всегда даютъ осадку отъ времени и опытъ указываетъ, что онѣ садятся на  $\frac{1}{12}$  своей первоначальной вышины. А потому вышеприведенную высоту нужно увеличивать на  $\frac{1}{12}$  часть, въ виду будущей осадки сооруженія.

Затѣмъ, какъ уже замѣтили выше, во всѣхъ родахъ фашинныхъ сооруженій должно наблюдать, чтобы внаружу были выпускаемы одни метловые концы фашинъ, какъ потому, что ихъ за эти концы вытаскивать гораздо труднѣе чѣмъ за комлевыя, такъ и потому, что въ этомъ положеніи онѣ менѣе оказываютъ сопротивленіе при проходѣ льда и менѣе имъ повреждаются.

Самое удобное время для производства фашинныхъ работъ тотчасъ по спадѣ весеннихъ водъ; тогда, по окончаніи работы, останется еще довольно времени на осадку сооруженія, чтобы затѣмъ осенью его выровнять и разослать по поверхности фашинное покрывало, для обезпеченія отъ дѣйствія проходящаго весной льда. Покрывало же неудобно устраивать лѣтомъ, такъ какъ въ это время года лоза рѣдко и трудно принимается.

Мы не будемъ входить здѣсь въ подробности относительно расположения бунъ, въ зависимости отъ цѣлей ихъ устройства и свойства рѣкъ, такъ какъ, во первыхъ, подобныя соображенія должны видоизмѣняться въ каждомъ частномъ случаѣ и желающіе ознакомиться съ подробностями проектированія устройства бунъ, могутъ обратиться къ спеціальнымъ сочиненіямъ по этому предмету <sup>1)</sup>; а во вторыхъ, цѣль наша заключается въ указаніи техническихъ приѣмовъ, при устройствѣ фашинныхъ сооруженій, которые съ пользою могутъ быть примѣняемы при устройствѣ плотинъ, не только фашинныхъ, но и земляныхъ.

А потому повторимъ коротко, что цѣль построенія рѣчныхъ бунъ состоитъ: въ отводѣ или измѣненіи направленія рѣчной струи; въ углубленіи фарватера въ данномъ мѣстѣ рѣки, чрезъ стѣсненіе русла, или ширины ея; въ уничтоженіи мелей и острововъ; въ размытіи противоположнаго берега или въ защитѣ отъ обваловъ берега, къ которому примыкаетъ буна, искусственнымъ образованіемъ около него наносовъ и обзамеленій; въ измѣненіи всего направленія рѣки въ данномъ мѣстѣ и т. д.

Черт. XXI.  
•илг. 306.

На фиг. 306,  $ab$ ,  $a'b'$ ,  $a''b''$ , изображаютъ буны имѣющія различныя направленія относительно теченія. Часть  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  буны, которая примыкаетъ къ берегу, называется *замкомъ*, или *корнемъ* буны; передняя часть  $b$ ,  $b'$ ,  $b''$ , вдающаяся въ рѣку, называется *головой* буны, а стороны  $ab$ ,  $a'b'$ ,  $a''b''$ , обращенныя по длинѣ буны противъ теченія рѣки, называются *линіею тренія*.

При заложеніи буны можно принять за основное правило, что

<sup>1)</sup> Между прочимъ, эти подробности можно найти въ напечатанныхъ лекціяхъ Института Путей Сообщенія «Водяныя сообщенія» Профессора Глушинскаго, стр. 57—105.

буна, переступая нормальную ширину рѣки, причиняетъ, или углубленіе русла, или разрушаетъ противоположный берегъ, смотря по тому гдѣ грунтъ окажется слабѣе; а при одинаковомъ сопротивленіи грунта производить и оба дѣйствія вмѣстѣ; дѣйствіе на противоположный берегъ оказывается слабѣе въ большихъ рѣкахъ.

Что касается до направленія бунъ относительно теченія, то большинство строителей отдають преимущество нормальнымъ бунамъ *ab*, т.-е. перпендикулярнымъ къ направленію теченія, такъ какъ онѣ достигаютъ головой до назначеннаго имъ мѣста въ рѣкѣ кратчайшимъ путемъ, выходятъ короче и дешевле, причемъ хорошо охраняютъ берегъ вверхъ по теченію и допускаютъ ббльшее разстояніе одна отъ другой, чѣмъ буны наклонныя къ теченію. Если разстояніе между бунами, наклоненными внизъ по теченію, опредѣляется тѣмъ мѣстомъ берега *b*, въ которое ударится поплавокъ пущенный отъ головы *a* предъидущей буны, то для нормальныхъ бунъ это разстояніе можно увеличить въ полтора раза.

енг. 306.

енг. 307.

Нормальныя буны не производятъ почти никогда вредныхъ водоворотовъ, которые препятствуютъ осажденію наносовъ, и хорошо отводятъ рѣчную струю отъ берега, охраняя его и не производя обваловъ, какъ это часто случается отъ бунъ наклоненныхъ внизъ по теченію, какъ *a''b''*. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ показали опыты на Рейнѣ и нѣкоторыхъ другихъ рѣкахъ Швейцаріи, буны, наклоненныя вверхъ по теченію, какъ *a' b'*, оказываютъ дѣйствіе лучше нормальныхъ. Это наклоненіе, или уголъ ихъ съ берегомъ, составляетъ отъ  $45^{\circ}$  до  $70^{\circ}$ ; но постройка такихъ бунъ затруднительнѣе, такъ какъ работа должна совершаться противъ теченія.

Черт. XXI.

енг. 306.

При постройкѣ бунъ главная цѣль заключается въ томъ, чтобы около нихъ залегли наносы и образовались мели и такимъ образомъ естественно образовалось бы плотное тѣло плотины; опыты показываютъ, что цѣль эта не достигается при нормальныхъ бунахъ когда онѣ сразу устроиваются на всю предположенную для нихъ длину. Почему необходимо постройку такихъ бунъ производить постепенно и доводить ихъ до полной длины въ два, три года и болѣе. При устройствѣ бунъ принимается также за правило—никогда не вести ихъ отъ выпуклага, или выступающаго въ рѣку, берега, такъ какъ въ противномъ случаѣ буна всегда послужитъ ко вреду противоположнаго берега. Передъ производствомъ работы, при устройствѣ буны, прежде всего должно быть хорошо обследовано и нанесено на планъ положеніе дна, или постели рѣки, въ томъ мѣстѣ гдѣ предположено строить буну; все это мѣсто должно быть очищено отъ лома, камней и другихъ предметовъ, которые могли бы препятствовать ровной осадкѣ сооруженія или плотной связи его съ дномъ рѣки. Затѣмъ долженъ быть заготовленъ весь матеріалъ, необходимый для сооруженія той части буны, которая должна быть окончена въ это лѣто, и не прежде начинать работу, когда будетъ подъ рукою столько матеріала, чтобы можно было опустить первые слои фашиннаго сооруженія до самаго дна рѣки; ибо если эти

слои, за недостаткомъ матеріала, останутся нѣкоторое время плавающими, то случайная прибыль воды можетъ уничтожить всю произведенную работу и подмыть дно рѣки подъ неопустившимся на дно слоемъ. Равнымъ образомъ, начатая работа не должна быть оставлена ни на минуту до тѣхъ поръ, пока длина буны не будетъ по крайней мѣрѣ равна глубинѣ рѣки въ головѣ буны. Канатовъ въ запасъ не должно заготовлять въ значительномъ излишкѣ, дабы они, до употребленія въ дѣло, не слишкомъ ссохлись и не ослабли въ перемычкахъ. Фашины, близъ самаго мѣста производства работъ, должно ставить въ кучахъ стоймя, чтобы рабочіе могли скорѣе ихъ схватить и поднести къ работѣ, для передачи фашинному мастеру.

Черт. XXI.  
•ил. 308.

Для приступа къ работѣ буны, въ томъ мѣстѣ берега гдѣ долженъ находится замокъ буны, выставляютъ четыре вѣхи  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ , опредѣляющія направление и ширину буны. Если глубина воды у замка буны равна  $a$  футовъ, то  $a+1$  откладываютъ изъ  $E$  перпендикулярно къ  $AB$  на такомъ разстояніи  $AE$ , чтобы линія  $EF=a+1$  коснулась берега (въ точкѣ  $F$ ). Такимъ же образомъ линію  $cg$ , перпендикулярную къ  $CD$  въ точкѣ  $C$ , дѣлаютъ равною  $a+1$  и изъ точки  $g$  возставляютъ къ ней перпендикуляръ  $gH$ , который пересѣкаетъ берегъ въ точкѣ  $H$ . Тогда точка  $H$  покажетъ начало, а точка  $F$  конецъ перваго фашиннаго слоя по ширинѣ буны. По опредѣленіи точекъ  $H$  и  $F$ , между ними вынимается земля по чертѣ  $HKF$  до горизонта воды, давая этой выемкѣ ширину со стороны верховья рѣки, въ точкѣ  $H$ , около 18 или 24 футовъ и убавляя эту ширину понемногу до точки  $F$ . Выемку эту дѣлаютъ покато къ водѣ такъ, чтобы край этой покатоности по линіи  $HF$  былъ на одинъ футъ ниже горизонта воды.

Черт. XXI.  
•ил. 309.

Когда выемка готова, то начинаютъ накидываніе фашинъ. Для этого фашинный мастеръ становится у начала сооруженія, при точкѣ  $H$ , и отъ него чернорабочіе дѣлаютъ изъ себя цѣпь до сложенной кучи фашинъ и передаютъ, по одной, изъ рукъ въ руки до фашиннаго мастера, который принимая фашину, одной рукой у комля а другой на серединѣ, кидаетъ первую плотно у берега противъ теченія, такъ чтобы большая половина ея съ комлевымъ концемъ лежала бы на землѣ, а остальная, метловая часть, плавала на водѣ. Затѣмъ рядомъ съ нею онъ кидаетъ еще нѣсколько фашинъ и какъ скоро водная струя начнетъ сворачивать послѣднюю фашину съ своего мѣста, то онъ немедленно накидываетъ, поверхъ нижняго, другой рядъ фашинъ нѣсколько въ косвенномъ, къ первому, направленіи. При киданіи втораго ряда, мастеръ долженъ стоять на концѣ первой фашины чтобы она не сворачивалась струею. Когда послѣдняя фашина во второмъ ряду будетъ накинута, то мастеръ кладетъ поперекъ надъ фашинами канатъ, длиною въ двѣ сажени, отступя отъ метловыхъ концевъ

Черт. XXI.  
•ил. 310.

на два или на три фута, и укрѣпляетъ его нѣсколькими кольями, какъ надъ фашинами, такъ и по берегу. Между кольями онъ опять накидываетъ рядъ фашинъ, но такъ, чтобы метловые концы ихъ входили далѣе въ рѣку, послѣ чего накидываетъ немедленно другія къ берего-



вой сторонѣ, дабы ихъ нагрузкой препятствовать сворачиванію струею переднихъ. Послѣ этого, подѣ защитю накиданныхъ фашинъ, за которыми быстрота теченія уменьшилась или и вовсе затихла, онъ накидываетъ фашины по водѣ почти на всю длину прикрѣпленнаго фашиннаго каната. Съ этого момента уже не слѣдуетъ кидать фашины такъ, чтобы комлевые концы оставались на берегу, ибо это препятствовало бы погруженію фашинныхъ рядовъ въ воду; причемъ во все время производства этой работы слѣдуетъ также наблюдать, чтобы фашины не были положены въ рядахъ крестообразно, или поперегъ одна надъ другой; чрезъ это между рядами образовались бы пустыя пространства, ряды не скрѣплялись бы хорошо канатами и въ сооруженіи не было бы надлежащей связи. Опытный фашинный мастеръ кидаетъ каждую фашину на свое мѣсто и придаетъ ей надлежащее положеніе сразу и безъ поправки.

На эти ряды фашинъ вновь кладется канатъ, длиною въ три или четыре сажени, но еще далѣе отъ берега чѣмъ предыдущій и также прикрѣпляетъ колыями, какъ къ берегу, такъ и къ фашиннымъ рядамъ и т. д. Когда эта голова работы достаточно прикрѣплена, то за нею образуется стоячая вода, на которой работа продолжается безостановочно; тогда уже канаты надъ рядами фашинъ не нужно болѣе прикрѣплять къ берегу и они прибиваются колыями къ однимъ фашиннымъ рядамъ. Такимъ способомъ работы доходятъ до точки *F*. Этотъ первый слой фашинныхъ рядовъ входитъ въ рѣку отъ берега на 2 или 2½ сажени; причемъ всѣ комли фашинъ должны быть обращены въ середину сооруженія, а метловые ихъ концы составятъ наружную дугообразную линію. Когда этотъ, такъ называемый, *передовой слой*, будетъ оконченъ отъ *H* до *F*, то фашинный мастеръ начинаетъ надъ нимъ кладку задняго, или *отступнаго слоя*. Для этого надъ передовымъ слоемъ въ точкѣ *H* онъ набрасываетъ рядъ фашинъ такъ, чтобы концы ихъ нѣсколько выдавались въ рѣку одинъ надъ другимъ, а надъ этимъ рядомъ раскладываетъ еще нѣсколько рядовъ такъ, чтобы они отступали понемногу къ берегу, причемъ наблюдаетъ, чтобы чрезъ это набрасываніе весь слой не вышелъ бы толще трехъ футовъ и чтобы поверхность его была по возможности выравнена. Искусство мастера въ этомъ случаѣ заключается въ томъ, что онъ набрасываетъ фашины одну плотно къ другой въ одинаковомъ направленіи и заполняетъ ими всѣ промежутки: при отступленіи рядовъ всѣ комлевые концы фашинъ должны закрыться, кромѣ, выходящихъ на берегъ, и если онъ не броситъ фашину съ перваго взмаху на свое мѣсто, а долженъ будетъ ее поднять и переложить, то это укажетъ что онъ неопытенъ въ своемъ дѣлѣ. При навидѣ отступныхъ рядовъ, выравненная поверхность должна имѣть видъ стриженнаго кустарника, если хворостъ въ фашинахъ свѣжій; а ежели онъ засохшій, то эта поверхность должна походить на метлы сложенные концами вверхъ. Если въ послѣднихъ комлевыхъ концахъ фашинъ, выходящихъ на берегъ, обнаруживаются перевязки и поверхность недостаточно выровнялась, то перевязки фашинъ разсѣ-

Черт. XXI.

лист. 311

и 312.

каются и комлевые концы хвороста выравниваются, чтобы вся поверхность укладки представлялась совершенно ровною и связанною съ берегомъ.

По этому разровненному слою немедленно же раскладываются и укрѣпляются фашинные канаты; ибо если фашины повязаны особенно изъ тяжелыхъ породъ дѣса, какъ напр. дуба, вяза и т. п., то этотъ слой скоро погрузится въ воду и фашины могутъ разойтись въ водѣ, если не будутъ по возможности скоро связаны канатами. Поэтому лишь только слой оконченъ и выровненъ, то ни подъ какимъ предлогомъ не останавливаютъ работы пока не будутъ прикрѣплены по всему слою канаты. Это правило непременно соблюдается, какъ при устройствѣ бунъ, такъ и запрудныхъ плотинъ; а потому если бы наступилъ и вечеръ, передъ тѣмъ какъ остановить работы на ночь, всѣ фашинные ряды слѣдуетъ внимательно укрѣпить канатами и кольями къ берегу, но не нагружать землю. Прежде всего кладется и укрѣпляется плотно фашинный канатъ *ab*, изъ середины сооруженія противъ теченія; другой— *cd*, кладется по теченію, а для лучшаго соединенія фашинныхъ рядовъ, еще одинъ небольшой канатъ *ef* наладывается свободно.

Черт. XXI.  
•нг. 313.

Послѣ этого прикрѣпляется двойной рядъ канатовъ *m, m, m...* и *n, n, n*, одинъ рядъ подлѣ другаго плотно, по наружному краю фашиннаго слоя, такъ чтобы метловые концы фашинъ оставались свободными за канатомъ *m, m* фута на два. Эти два каната прикрѣпляются кольями длиною нѣ 4 фута, которые вбиваются въ слой фашинъ сквозь канаты, черезъ два въ третій промежутокъ между перевязями каната, или въ разстояніи 2-хъ футовъ коль отъ кола. Параллельно съ наружнымъ рядомъ двойныхъ канатовъ, кладутся дугообразно канаты *p, p, p* и *q, q, q* въ одинъ рядъ, пока послѣдній изъ нихъ будетъ отстоять отъ берега лишь на нѣсколько футовъ. Эти канаты прикрѣпляются кольями такимъ же образомъ какъ и первые два. Послѣ укрѣпленія канатами, весь фашинный слой покрывается землею, на первый разъ по возможности глинистою, особенно если фашины уже нѣсколько сохлись. Для прочихъ слоевъ можно употребить хрящъ, гравій и крупнозернистый песокъ, особенно когда фашины сдѣланы изъ свѣжаго хвороста; но не слѣдуетъ употреблять мелкаго песка и торфяной земли. Для разсыпанія земли на поверхности слоя, слѣдуетъ подстилать доски, дабы при подвозкѣ земли, колесами тачекъ не попортить перевязей у фашинъ и канатовъ. Землю насыпать слѣдуетъ сначала со стороны берега, сверху по теченію рѣки и продолжать нагруженіе фашиннаго слоя, съ одной стороны отъ берега къ водѣ, а съ другой внизъ по теченію, отъ *H* къ *F*. Большою частію насыпка земли дѣлается въ одинъ футъ толщиною и насыпь продолжается до наружнаго ряда канатовъ; но къ послѣднимъ ихъ рядамъ насыпь дѣлается тоньше, лишь бы ряды прикрылись ею. Вообще не должно тревожиться нагруженіемъ передоваго края фашиннаго слоя. Толщина слоя земли при засыпкѣ опредѣляется тѣмъ, чтобы только фашина погрузилась въ воду, а земля осталась бы поверхъ воды; причемъ пер-

вый слой фашинной кладки загружается менѣе послѣдующихъ слоевъ. Оконченный, такимъ образомъ, первый слой составляетъ тѣло толщиной въ 4 фута, но отъ давленія верхнихъ слоевъ онъ получаетъ толщину только въ три фута. Если передовой рядъ двойныхъ канатовъ, отъ нагрузки землею, опустится въ воду, то фашинный мастеръ втыкаетъ въ него, глубиною на одинъ футъ, рядъ кольевъ, какъ для того, чтобы впослѣдствіи между этими кольями можно было находить фашины верхняго слоя, такъ и для того, чтобы знать положеніе наружнаго края подъ водою. По окончаніи насыпки земли, доски убираются и поверхность землянаго слоя выравнивается.

Когда этотъ оконченный первый слой начнетъ много опускаться въ воду, то немедленно приступаютъ къ укладкѣ втораго слоя. Для этого сначала набрасываются фашины, опять отъ точки *H*, между кольями вбитыми по наружному ряду двойныхъ канатовъ, такъ чтобы вновь накладываемыя фашины выдавались метловыми концами чрезъ нижній слой въ свободную воду, комлевые же ихъ концы придавливаются фашинами, накидываемыми сверху нихъ въ томъ же направленіи. Это накидываніе продолжается до тѣхъ поръ, пока струя, или теченіе воды, начнетъ сворачивать свободно лежащія, еще не укрѣпленныя фашины. Тогда поперекъ ихъ накидывается канатъ, который однимъ концомъ *b* прикрѣпляется къ берегу, или къ сторонѣ берега надъ первымъ слоемъ, а другой его конецъ плаваетъ свободно; когда же накидкой фашины дойдутъ до конца перваго слоя у *F*, то этотъ свободный конецъ каната укрѣпляютъ козломъ *a*. Надъ этимъ канатомъ продолжается накидка фашины сверху внизъ по теченію рѣки опять до того мѣста, гдѣ теченіе начнетъ сворачивать выдавшіяся въ воду надъ первымъ слоемъ фашины, на которыя также накладывается канатъ какъ и на предъидущій рядъ и точно также работа продолжается далѣе. На сколько новый слой долженъ выдаваться въ рѣку чрезъ нижній, зависитъ отъ глубины рѣки и скорости ея теченія; при большихъ глубинахъ и скорости, фашины верхняго слоя должны менѣе выступать въ рѣку надъ нижнимъ слоемъ и на оборотъ. Напр., при глубинѣ рѣки въ 36 футовъ и скорости теченія отъ 3 до 4 футовъ, можно выпускать верхній слой надъ нижнимъ до 6 футовъ. По окончаніи втораго слоя въ такую же толщину, онъ также прикрѣпляется канатами и засыпается землею какъ и первый слой. Такимъ же образомъ продолжается работа и слѣдующихъ слоевъ. Накидку фашины передоваго ряда должно начинать съ того мѣста, гдѣ устроенная часть сооруженія будетъ еще находиться нѣсколько выше поверхности воды, а съ отступательнымъ рядомъ входить на берегъ. Случается что во время работы канаты нижнихъ рядовъ, прикрѣпленные къ берегу, погруженіемъ верхняго слоя сдвигаются съ мѣста и тащутъ за собою съ берега землю; въ такомъ случаѣ фашины и канаты верхняго слоя слѣдуетъ положить и скрѣпить выше къ берегу. Когда же верхній слой, за укрѣпленными къ берегу канатами, погрузится не можетъ, что укажетъ треснувшая въ выемкѣ на берегу земля, тогда нужно осторожно перерубить вѣщи, которыми связаны ка-

Черт. XXI.

фиг. 314.

Черт. XXI. наты прикрѣпленные къ берегу, но затѣмъ тщательнѣе укрѣпить къ берегу послѣдующій верхній слой. Чтобы слои достигая дна рѣки укладывались не слишкомъ круто, выгодно отступать не со всеми слоями до самаго берега ровной толщиной, но соображаясь съ глубиной рѣки такъ перемѣнять длину слоевъ, чтобы одинъ изъ нихъ утонялся на длину отъ  $3\frac{1}{2}$  до 5 сажений, а другой одинаковой толщиной продолжался бы до тѣхъ поръ къ берегу, пока сооруженіе не ляжетъ на дно рѣки; во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ сооруженіе легло на дно, не кладется болѣе фашинныхъ слоевъ. Зная въ каждомъ мѣстѣ глубину рѣки и число опущенныхъ слоевъ, которымъ ведетъ счетъ фашинный мастеръ, записывая въ журналѣ, можно знать легло ли сооруженіе на дно. Если же не смотря на то что по числу слоевъ, въ сравненіи съ глубиной рѣки въ томъ мѣстѣ, сооруженіе должно бы лежать на днѣ, а между тѣмъ въ верхней насыпи земли и по берегу оказываются трещины, то это показывало бы, или что толщина слоевъ была недостаточна, или что дно рѣки во время работъ подъ сооруженіемъ подмылось и углубилось, или что сооруженіе сѣло въ мягкій слой дна, уступающій давленію верхнихъ слоевъ. Въ такомъ случаѣ необходимо осаживать сооруженіе трамбованіемъ и еще настилать сверху фашинные слои, пока въ насыпной землѣ не окажется болѣе трещинъ. Эти новые верхніе слои не связываются съ берегомъ канатами. Вообще, при оказывающихся на поверхности неровностяхъ, хотя сооруженіе и сѣло бы на дно, необходимо трамбованіе, для достиженія ровной осадки и чтобы внутри его не находилось пустотъ.

Черт. XXI. Когда этимъ порядкомъ работы конецъ буны будетъ доведенъ до назначеннаго ей мѣста по ширинѣ рѣки, съ прибавленіемъ къ этой длинѣ полуторной глубины рѣки въ томъ мѣстѣ, тогда нужно только дать головѣ буны надлежащій откосъ, такъ какъ дѣйствіе теченія и ледохода на эту часть буны наиболѣе сильное, и уголь *ABC* можетъ легко причинить углубленіе дна и тѣмъ разрушить сооруженіе.

А потому теперь, вмѣсто того чтобы идти слоями впередъ далѣе въ рѣку, отступаютъ ими назадъ въ берегъ, или дѣлаютъ эти слои понемногу короче, сообразно съ глубиной рѣки и съ потребной отлогостью откоса, а слой долженъ быть веденъ къ сторонѣ берега такъ далеко, чтобы конецъ его достигалъ того мѣста буны, въ которомъ сооруженіе уже сѣло плотно на дно рѣки. Эту работу продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока у головы буны образуется откосъ *EF*. По мѣрѣ приближенія слоевъ къ головѣ буны, насыпаютъ болѣе земли къ наружному ряду канатовъ, или вообще болѣе огружаютъ землю наружные края слоевъ, чтобы при головѣ буны дать имъ болѣе плотную связь, какъ между собою, такъ и съ дномъ рѣки.

Черт. XXI. Сооруженная такимъ образомъ бунa, на всей ея поверхности выравнивается и связывается съ берегомъ канатами, обыкновеннымъ образомъ, а потомъ покрывается толстымъ слоемъ тяжелой земли, такъ, чтобы бунa была на нѣсколько футовъ выше горизонта меженной воды, въ запасъ для осадки; высота насыпи для осадки должна быть соображаема

съ глубиною воды, или всей высотой буны. Если работа была произведена въ началѣ лѣта, то буну оставляютъ въ этомъ положеніи до осени.

Послѣ осадки, осенью или весною, всѣ неровности заполняются фашинами и затѣмъ накладывается на поверхность буны верхнее фашинное покрывало. При окончательномъ выравниваніи поверхности буны фашинами, этой поверхности даютъ малую покатость отъ замка къ головѣ буны, или отъ берега къ рѣкѣ.

По уравненной, такимъ образомъ, поверхности буны насыпается тучная земля, толщиною на  $\frac{1}{2}$  фута, по которой устилается покрывало изъ ивовой лозы. Такъ какъ это покрывало должно пускать отростки, то оно стелется весною или осенью, когда ива бываетъ безъ листьевъ и когда она лучше принимается. Для фашинныхъ покрывалъ выбираютъ лучшія лозы, толщиною въ комлѣ не болѣе  $\frac{3}{4}$  дюйма, и ими обвязываются фашины и канаты обыкновеннымъ образомъ, т.-е. предварительнымъ обращеніемъ этихъ лозъ въ вицы. вмѣстѣ съ тѣмъ заготавливаются ивовые колья изъ такихъ вѣтвей, у которыхъ въ головѣ кола можно оставить сучекъ въ видѣ крюка. Свѣжіе колья хорошо принимаются и крючекъ кола удерживаетъ канатъ, сквозь который колъ прибивается; длину такимъ кольямъ даютъ отъ двухъ до трехъ футовъ.

Когда всѣ эти матеріалы будутъ заготовлены, тогда фашины кладутся поперекъ буны по одиночѣ и вицы ихъ связывающія разрубаются. Лоза фашинъ такъ разстилается, чтобы каждая вѣтвь ложилась рядомъ одна возлѣ другой по одному направленію, комли же ихъ закрываются навозимою землею. На этотъ разосланный по всей поверхности буны хворостъ, кладется вокругъ, по краю поверхности буны, двойной рядъ канатовъ, отступя отъ края на  $1\frac{1}{2}$  или 2 фута; по длинѣ же буны растягиваются одинокіе ряды канатовъ, прикрѣпляемые кольями чрезъ каждые два фута. При этомъ слѣдуетъ наблюдать чтобы канаты вошли въ берегъ на сколько можно далѣе, а также чтобы на головѣ буны одинокіе ряды канатовъ подсовывались бы подъ канаты двойнаго, крайняго ряда, и вездѣ гдѣ канаты перекрещиваются между собою вбивался бы въ нихъ колъ. Въ случаѣ недостатка кольевъ съ крюками, нужно стараться забить таковые по крайней мѣрѣ тамъ, гдѣ дѣйствіе струн сильно, или въ такихъ мѣстахъ вбивать въ крайніе канаты два кола вмѣстѣ на-крестъ.

Черт. XXI.  
•ил. 318.

Черт. XXII.  
•ил. 319.

Въ поперечномъ разрѣзѣ, поверхности буны также даютъ небольшіе скаты отъ середины къ краямъ, отчего канаты меньше страдаютъ при проходѣ чрезъ нихъ воды и льда. Когда канаты будутъ прибиты кольями, тогда промежутки между ними заполняютъ растительною землею, оставляя поверхность канатовъ открытою. Для содѣйствія проростанію буны, она должна быть съ берега хорошо огорожена отъ входа на нее скота, который вредитъ молодымъ отросткамъ. Въ половодье, переливающаяся чрезъ буну вода иногда наноситъ на фашинное покрывало песокъ, который по спадѣ воды должно очистить деревянными лопатами, чтобы не повредить отростковъ; подъ нанесеннымъ же пескомъ лоза не дастъ ихъ вовсе. Въ случаяхъ, когда верхнее фашинное покрывало недоста-

Черт. XXII.  
•ил. 320.

точно предохраняет поверхность буны, или плотины, от проходящихъ чрезъ нихъ весною съ большою скоростью воды и льда, тогда настилаютъ на нихъ такъ называемыя *метловыя покрывала*. Такими же покрывалами одѣваются и берега рѣкъ подверженныя обрушенію полою водою, почему ихъ и раздѣляютъ: на покрывала для укладныхъ сооружений и на береговыя одежды.

Метловое покрывало также состоитъ изъ фашинъ, канатовъ и кольевъ, и чтобы быть прочнымъ, оно также должно пустить отростки, почему лучшее время для настилки этого покрывала—осень, когда ивовая лоза легко пускаетъ отростки и когда можно рубить лозу, не повреждая остающагося пня.

Черт. XXII.  
слг. 320.  
и 321.

Для метловаго покрывала употребляютъ лучшую и длинную лозу, не толще  $\frac{3}{4}$  дюйма въ комлѣ и не короче 10 футовъ; кольца должны быть преимущественно съ крючкомъ изъ сучка, длиною въ 4 фута и толщиной около  $1\frac{1}{2}$  дюйма.

Черт. XXII.  
слг. 320.

Когда буна хорошо сядетъ, то поверхность ея выравнивается обыкновеннымъ образомъ, какъ объяснено выше, фашинами, прикрѣпляемыми канатами и кольями. Потомъ весь верхъ сооруженія покрывается хорошою землею, толщиной около одного фута. Когда фашины будутъ длиною въ 10 футовъ, тогда по наружному, низовому краю буны, или плотины, вынимается навезенная земля на одинъ футъ въ глубину и на 8 футовъ въ ширину съ покатостью къ точкѣ *M*; вынутая земля откидывается къ срединѣ поверхности буны или плотины. Эта выемка земли по низовому краю должна простираться, не только во всю длину плотины, или буны, но и на значительное разстояніе въ берега, особенно если они низменны и рыхлы. Въ эту выемку, фашины, приготовленныя изъ вышеупомянутой лозы, стелятся такъ, чтобы ихъ метловые концы выдавались на два фута за край плотины, или буны *M*. На 12 футовъ выемки по погону кладутся отъ 6 до 8 фашинъ, у которыхъ разрубаются вицы и фашинный хворостъ разстиляется и разравнивается въ одинаковой толщины слой во всемъ ряду. По этому ряду разровненнаго по всей длинѣ выемки хвороста, натягиваются въ три ряда канаты такъ, чтобы первый канатъ пришелся на одинъ, второй на три, а третій на пять футовъ отъ комлевыхъ концевъ разостланнаго фашиннаго хвороста. Канаты прикрѣпляются кольями чрезъ  $1\frac{1}{2}$  фута разстоянія коль отъ кола, причемъ головы колевь не доколачиваются на 3 или 4 дюйма до канатовъ. Откинутаая изъ выемки земля рассыпается между канатами, по первому насланному ряду хвороста, съ надлежащимъ скатомъ къ краю *M*. По выстилѣ перваго ряда хвороста, вынимается земля отъ комлей уложеннаго ряда къ сторонѣ *N*, также на одинъ футъ глубиною а шириною только на  $2\frac{1}{2}$  фута, съ такою же покатостью какъ въ первомъ засыпанномъ слоѣ. Въ эту вторую выемку кладутъ другой рядъ фашинъ, который частію закрываетъ собою первый и также прикрѣпляютъ этотъ второй рядъ тремя канатами какъ и первый. Каждая затѣмъ выемка земли дѣлается шириною въ  $2\frac{1}{2}$  фута и продолжается укладка рядовъ фашинъ, подобно тому предъидущимъ, пока послѣдняя

выемка придется уже въ откосѣ верховаго края *N*. Въмѣсто выемки, вырывается въ этомъ откосѣ, въ земляной отсыпи подлѣ самаго фашиннаго сооруженія, ровнень глубиною въ 2 или 3 фута, и когда въ немъ будетъ установленъ послѣдній рядъ хвороста своими комлями, то этотъ хворостъ укрѣпляется двойными, т.-е. шестью рядами канатовъ, такъ какъ этотъ крайній рядъ наиболѣе подвергается поврежденію при проходѣ воды и льда. По готовому такимъ образомъ покрывалу, кромѣ послѣднихъ шести рядовъ канатовъ и земли по отсыпи, не должны быть видны канаты или земля остальныхъ рядовъ, а только оставаться внаружѣ метловые концы фашинъ.

Мы не будемъ говорить подробно о постройкѣ по берегамъ, подъ водою, *прикройныхъ* укладныхъ сооружений, такъ какъ по способу и приѣмамъ устройства ихъ можно разсматривать какъ буну, только прилегающую къ берегу своею длинною стороною. Главная цѣль устройства этого рода сооружений заключается въ защитѣ береговъ отъ обрушенія. Эти сооружения представляютъ собою искусственные берега и не образуя около себя наносовъ, какъ поперечныя буны, защищаютъ берегъ только на протяженіи своей собственной длины. Прикройныя сооружения возводятся: 1) когда средства или обстоятельства не позволяютъ устройства нѣсколькихъ бунъ и когда не имѣютъ въ виду образованія наносовъ; 2) когда вслѣдствіе устройства буны, отражающаяся отъ нея струя начинаетъ разрушать берегъ выше или ниже по теченію, до образованія еще ея желаемыхъ наносовъ и когда на время необходимо предохранить этотъ берегъ отъ обрушенія; 3) когда, по обстоятельствамъ не позволяютъ стѣснить русло рѣки буною и обрывающійся берегъ, на которомъ находятся строенія, необходимо охранить, и 4) когда требуется охранить обрушающіеся берега ниже мостовъ, шлюзовъ и водосливовъ. Причемъ строятъ прикройное сооруженіе главнымъ образомъ только въ томъ случаѣ, когда обрывы береговъ происходятъ въ извилинахъ, отъ приближенія къ нимъ струи теченія и углубленія передъ ними постели рѣки. Въ противномъ случаѣ всегда дешевле защитить берегъ тою или другою береговою одеждою, о которыхъ будетъ сказано ниже.

Обыкновенно берегъ размывается въ вогнутой части извилины рѣки: прислоняемому къ нему прикройному сооруженію *a, b, c, d, e* дается Черт. XIII.  
стр. 322  
и 323. сверху вездѣ одинаковую ширину, кромѣ начала *a*, въ которомъ оно примыкаетъ къ берегу острымъ угломъ; но если въ берегѣ имѣются впадины *d, e*, то наружной сторонѣ *a, b, c*, сооружения дается направленіе всетаки по возможности прямое или близко параллельное общему очертанію берега. Прикройному сооруженію обыкновенно дается ширина сверху въ 12, 15 и до 18 футовъ, съ одинокимъ откосомъ. (или въ 45°) къ сторонѣ воды.

Для прикрѣпленія канатовъ къ берегу, въ немъ дѣлается выемка земли, образующая площадку *m, m*, въ уровень съ поверхностію воды, а вынимаемая земля обращается на загрузку фашинныхъ слоевъ. Всѣ остальные работы производятся также какъ и при устройствѣ поперечной буны, наблюдая только чтобы во всѣхъ слояхъ фашины лежали бы

почти перпендикулярно къ берегу и лишь концы фашинъ косвенно по направленію теченія, а не противъ него. Только въ первомъ ряду на-кидываемыя фашины комлями должны лежать на берегу, въ остальныхъ же рядахъ комли фашинъ должны только упираться въ берегъ, чтобы не препятствовать первому слою опуститься на дно. Скрѣпленіе канатами производится также точно какъ и въ бунахъ.

**40. Береговья одежды. Фашинныя стѣны.** — Береговья одежды устраиваютъ для предохраненія отъ обрывовъ верхнихъ частей береговъ, находящихся выше воды, или тамъ, гдѣ подъ высокимъ берегомъ возведена буна или прибойное подъ водою сооруженіе, а также тамъ, гдѣ плескомъ волнъ, при сильныхъ вѣтрахъ, происходятъ обрывы въ берегахъ или откосахъ земляныхъ насыпей плотинъ, выше горизонта воды.

Работу береговыхъ одеждъ производятъ только весною или осенью, когда срубаямая въ это время года ивовая лоза пускаетъ отростки. Ивовые кольца для этой работы употребляются длиною отъ 2 до 3 футовъ и по возможности съ суковатымъ крючкомъ. Приступая къ этой работѣ, срѣзаютъ и выравниваютъ подъ профиль обрывающійся берегъ *ab* до края меженной воды; внизу этого откоса, у самой воды, вырываютъ ровикъ *a*, въ одинъ футъ глубиною, который на половину своей глубины долженъ находиться ниже поверхности меженной воды. Въ этотъ ровикъ устанавливается рядъ фашинъ комлями внизъ и стояма по откосу *ab*, длина которыхъ должна быть по возможности равна длинѣ всего откоса *ab*. На 12 футовъ протяженія откоса, по погону, ставятъ только 6 фашинъ, въ равномъ разстояніи одна отъ другой, и разрубивъ у нихъ перевязи, хворостъ ихъ, на всемъ протяженіи 12 футовъ, разравниваютъ одинаково толстымъ слоемъ по откосу, сохраняя его стоячее положеніе по откосу и оставляя комли въ ровикѣ *a*. Поперекъ разровненнаго такимъ образомъ слоя хвороста и вдоль откоса, натягиваются прутьянные канаты *m, m, m*, прибиваемые плотно кольями; первый канатъ натягивается на высотѣ одного фута надъ комлями фашинъ, или отъ дна ровика *a*, а прочіе чрезъ 2 фута одинъ надъ другимъ, считая разстояніе по откосу. Комли хвороста въ ровикѣ засыпаются землею, а вершины, если онѣ будутъ выше верхняго края *b* берега, или откоса, обрубаются наравнѣ съ этимъ краемъ, если же будутъ немного не доходить до этого края, то оставляются не обрѣзанными. Если по прошествіи 3—4 лѣтъ окажутся изъ этого хвороста довольно большіе побѣги, тогда весною или осенью ихъ пригибаютъ къ откосу и прикрѣпляютъ новыми канатами. Такимъ проростающимъ хворостомъ можно хорошо укрѣпить высокій и рыхлый песчаный берегъ или откосъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда берегъ рѣби, или откосъ плотины, разрушается во время паводковъ, вслѣдствіе поднятія уровня воды и потомъ пониженія его, а также и отъ плеска при этомъ волнъ во время вѣтровъ, то можно съ пользой употребить слѣдующій способъ береговаго укрѣпленія. Придавъ берегу правильный, полуторный откосъ и затѣмъ на поверхности меженной воды врываясь въ подошву берега еще



фута на два, растилаютъ рядъ фашинъ, горизонтально и плотно между собою, по всему протяженію защищаемой части берега, или откоса плотины, укладывая при этомъ фашины комлями въ берегъ, а метловыми концами нѣсколько наклонно въ воду и съ малымъ поворотомъ внизъ по теченію рѣки. Уложивъ этотъ рядъ фашинъ сколь возможно ровнѣе и плотнѣе, засыпаютъ его не толстымъ слоемъ земли надъ комлями до средней или второй обвязки. Надъ этимъ слоемъ, послѣ насыпки земли и уравниенія ея, растилается второй рядъ фашинъ подобнымъ же образомъ, но отступая комлемъ въ берегъ, соотвѣтственно наклонности откоса. По этому второму ряду фашинъ, параллельно съ берегомъ, натягиваютъ два ряда прутьяныхъ канатовъ между фашинными обвязками, на разстояніи двухъ футовъ канатъ отъ каната, и прикрѣпляютъ ихъ кольями, вбивая по четыре кола на каждую погонную сажень каната, или чрезъ одну фашину въ другую, полагая, при плотной укладкѣ сжиманіемъ, по 8 фашинъ на погонную сажень. Этотъ рядъ опять прикрывается землею, наравнѣ съ канатами, и трамбуется плотно. Два ряда, такимъ образомъ законченныхъ, составятъ первый фашинный слой. Подобнымъ же образомъ настилаютъ и укрѣпляютъ слѣдующіе затѣмъ слои до требуемой высоты.

Черт. XXII.

стр. 325.

Но чтобы подобная фашинная одежда не оставалась всегда на сушѣ, чрезъ что она скоро подвергалась бы гніенію, ея слѣдуетъ подниматься невысоко надъ горизонтомъ меженной воды  $a$ , а лишь до тѣхъ предѣловъ  $b$ , до которыхъ поднимается вода по откосу во время небольшихъ, но частыхъ приблывей воды, съ тѣмъ, чтобы только низъ  $ab$  береговаго откоса былъ охраненъ этой одеждой. Отъ этой же фашинной одежды  $b$  до того мѣста  $c$  куда достигаютъ высокія воды во время большихъ весеннихъ паводковъ, выгоднѣе вымостить откосъ  $bc$  булыжнымъ камнемъ на мху, а далѣе отъ  $c$  до  $d$ , т.-е. до самаго гребня, откосъ обдерновать. Этимъ способомъ можно укрѣплять откосы по берегамъ и насыпямъ каналовъ, около мостовъ, шлюзовъ, водоспусковъ и т. п. и вообще гдѣ по временамъ возвышающаяся вода можетъ подмыть или обрушить берегъ.

Для большей прочности этого рода фашинной одежды и для сохраненія откоса въ случаѣ возможности гніенія фашинъ, необходимо весною, или осенью, нарубить ивовыхъ колевь, когда они не бываютъ сочными, длиною отъ 6 до 7 футовъ. и наколотить ихъ въ нѣсколько рядовъ ступами по этой одеждѣ. вбивая ихъ рядъ отъ ряда и колъ отъ кола въ разстояніи двухъ футовъ. Эти колья примутся и пустятъ отростки, которые совершенно охраняютъ берегъ, или откосъ, отъ вреднаго дѣйствія струи и льда. Но по временамъ необходимо эти ивовые отростки обрѣзать, чтобы они не сдѣлались слишкомъ толстыми, ибо тогда, оказывая слишкомъ большое сопротивленіе быстрой струѣ и ходу льда, могутъ быть сломаны или вырваны съ корнемъ и съ поврежденіемъ откоса.

Здѣсь кстати замѣтимъ, что всѣ побѣги, выросшіе на поверхности укладныхъ сооруженій, должны обрѣзываться черезъ три-четыре года съ тою же цѣлію, чтобы онѣ оставались тонкими и гибкими, и потому не

ломались бы и не вырывались съ корнемъ при проходѣ чрезъ нихъ льда. Эта обрѣзка должна производиться острыми ножами или топорами непрерывно снизу вверхъ, чтобы не повредить остающихся на корнѣ вѣтвей. Обыкновенно ихъ рубятъ на столько, чтобы отъ нихъ оставались сучки дюйма въ два или три длины. Только когда молодая ива обрѣзывается въ первый разъ, то ей оставляютъ верхнія вѣтви длиной около фута. Вообще обсадка береговъ и откосовъ ивовой лозою, простымъ вбиваніемъ изъ нея кольевъ, весной или осенью, съ частой ея обрѣзкой, всего лучше достигаетъ цѣли ихъ сохраненія отъ размыванія и обрушенія.

Мы уже выше замѣтили, что фашинные укладныя сооруженія трудно исполнимы на очень быстрыхъ рѣкахъ, и въ особенности не прочны на рѣкахъ переносащихъ большое количество крупнаго хряца и камней. Вслѣдствіе этого, а также въ виду вообще трудности и дороговизны этого рода сооруженій въ странахъ, гдѣ цѣнность лѣса очень велика, сдѣланы были болѣе или менѣе удачныя опыты замѣны укладныхъ фашинныхъ сооруженій болѣе дешевыми и вмѣстѣ прочными фашинными же сооруженіями, позволявшими употребленіе ихъ на большихъ протяженіяхъ. Къ болѣе удачнымъ и приложимымъ въ многоразличныхъ случаяхъ, слѣдуетъ отнести фашинныя стѣны, образуемыя изъ нагруженныхъ камнями и хрящемъ фашинь, погружаемыхъ между набитыми сваями.

Черт. XXII.  
фиг. 326  
и 327.

Для сооруженія фашинныхъ стѣнъ, въ дно рѣки вбиваютъ два или болѣе рядовъ свай, параллельно между собою и рядъ отъ ряда, считая отъ срединъ свай, на разстояніи 15 дюймовъ, а свая отъ сваи въ ряду — на разстояніи около 5 футъ; причемъ сваи въ рядахъ бьются одна противъ другой, а не въ шахматномъ порядкѣ. Между свайными рядами опускаются длинныя, нагруженныя фашины, толщиной въ діаметрѣ отъ 14 до 15 дюймовъ. Эти фашины, перевязанныя пвовой лозой чрезъ каждый футъ, на подобіе толстыхъ прутьяныхъ канатовъ, наполняются внутри камнями или крупнымъ хрящемъ, чтобы онѣ удобнѣе погружались и плотно прижимались къ дну рѣки и одна къ другой и такимъ образомъ образовали бы болѣе плотную стѣну.

Въ малыхъ и не очень быстрыхъ рѣкахъ, гдѣ высота свай не превосходитъ 6 или 7 футовъ, толщина ихъ достаточна въ 7 или 8 дюймовъ; въ рѣкахъ же болѣе глубокихъ и съ сильнымъ теченіемъ, въ которыхъ требуются болѣе высокія стѣны, или на концѣ этихъ стѣнъ входящихъ свободно въ рѣку, когда онѣ замѣняютъ буны, употребляютъ сваи толщиной отъ 10 до 12 дюймовъ. Вбивать эти сваи глубоко, особенно когда онѣ предназначены для устройства бунъ, а незапрудныхъ плотинъ, также нѣтъ надобности, ибо, какъ увидимъ ниже, около подобныхъ стѣнъ быстро образуется наносъ, отъ которыхъ сваи и все сооруженіе приобретаютъ надлежащую устойчивость. Только въ головахъ стѣнъ, свободно входящихъ въ рѣку и подверженныхъ наибольшему давленію при быстромъ теченіи, слѣдуетъ вбивать сваи по-глубже. Если глубина рѣки значительна и стѣнная бунъ входитъ далеко въ рѣку, то

сооруженіе усиливаютъ тѣмъ, что строятъ его изъ двойныхъ или тройныхъ рядовъ вмѣстѣ, какъ видно на фиг. 326. При тройныхъ стѣнахъ, средніе ряды свай нѣсколько возвышаются надъ крайними. Верхи свай дѣлаются наравнѣ съ уровнемъ меженной воды или очень немного выше, такъ какъ при этомъ закладываніе между сваями фашинъ производится удобно съ плотовъ, съ которыхъ производится и забивка самыхъ свай; кромѣ того, при малой высотѣ свай онѣ менѣе подвергаются дѣйствию ледохода, который обыкновенно совершается уже при достаточно высокомъ уровнѣ рѣки.

При такомъ устройствѣ фашинныхъ стѣнъ, теченіе воды сквозь нихъ совершенно не прекращается и это чрезвычайно способствуетъ отложенію около нихъ наносовъ. Первая фашина тотчасъ ложится прямо и плотно на дно и защищаетъ его отъ углубленія и подмыванія; за этой первой фашиною уже останавливаются землистыя частицы и песокъ, постоянно движущіеся по дну и тотчасъ же образуютъ около нея наносъ. Опыты показали, что въ нѣкоторыхъ рѣкахъ, при стѣнахъ довольно высокыхъ, постель рѣки возвышалась наносами слишкомъ на половину всей ихъ высоты еще до совершеннаго окончанія постройки; а нѣсколько высокія воды, нерѣдко въ одинъ разливъ, дѣлали наносы во всю вышину стѣнъ. Такое скорое образованіе наносовъ около фашинныхъ стѣнъ, всего болѣе способствуетъ къ ихъ сохраненію отъ порчи и разрушенія, такъ какъ онѣ скоро совсѣмъ зарываются въ наносы и уже не подвергаются дѣйствию струи. Для предохраненія же головы буны, образованной изъ фашинной стѣны, какъ части наиболѣе подверженной разрушительному дѣйствию теченія, то кромѣ набивки въ этой части свай толще и глубже, можно класть фашины въ этомъ мѣстѣ уступами, или, если рѣка глубока и откосъ долженъ быть длиненъ, то чтобы свободные, длинные концы фашинъ не сгибались теченіемъ, можно ихъ располагать между сваями, также вбитыми уступами, или класть вкось между набитыми же сваями, какъ показано на фиг. 328; фашины же, назначенныя для этихъ частей, болѣе огружать камнями.

Черт. XXII.

сиг. 328.

Очевидно, что фашинныя стѣны не могутъ быть употребляемы при очень большой глубинѣ рѣки; но однако двойными и тройными стѣнами фашинъ можно пользоваться съ успѣхомъ при глубинѣ рѣки доходящей до 10 фут. Скорость и удобство постройки такого рода фашинныхъ стѣнъ, а также и то обстоятельство, что уже нижній рядъ фашинъ, прикрывая плотно постель рѣки, охраняетъ ее отъ подмыва и быстро образуетъ около себя наносъ, -- дѣлаетъ эти стѣны, говоритъ г. *Зеге*, преимущественно полезными для устройства запрудныхъ плотинъ, потому что при нихъ избѣгаютъ замыканія бунъ, составляющаго главное затрудненіе при устройствѣ плотинъ по способу укладныхъ сооружений. Только въ плотинахъ требуется непремѣнно тройной рядъ фашинныхъ стѣнъ, съ болѣе глубокою забивкою свай, а въ случаѣ медленнаго отложенія наносовъ — и искусственная присыпка земли. какъ со стороны цѣтока воды, такъ и между фашинными рядами.

Для огражденія береговъ, вмѣсто прикроевыхъ укладныхъ соору-

женій, фашинныя стѣны могутъ быть также съ пользою употребляемы и обходятся не дорого. Такъ какъ землю *a*, находящуюся между фашинною стѣною и берегомъ, фиг. 329, фашины прижимаются къ внѣшнему ряду свай, т.-е. обращенному къ сторонѣ воды, то задній рядъ свай служить только временно для поддержанія фашинной стѣны, до засыпки пространства *a* землею, которая притомъ можетъ производиться, по мѣрѣ закладыванія фашинъ, а потому вмѣсто втораго ряда свай *bb*, можно употреблять просто колья и вбивать ихъ гораздо рѣже чѣмъ сваи.

Черт. XXII.  
•нг. 329.

О погружаемыхъ фашинныхъ тюфякахъ мы говорить здѣсь не будемъ <sup>1)</sup>, тѣмъ болѣе, что они главнымъ образомъ употребляются въ приморскихъ сооруженіяхъ и притомъ, по мнѣнію Гагена, ихъ употребленіе для постройки дамбъ введено въ Пруссіи только потому, что полагали, будто бы способъ этотъ дешевле сплошной каменной наброски. Но ожиданіе это, при постоянной и сильной осадкѣ моловъ, тѣмъ менѣе оправдалось, что неизбѣжное затѣмъ перемачиваніе гребня и надводной части откосовъ чрезвычайно увеличиваютъ расходы по ремонту этихъ сооруженій <sup>2)</sup>.

А потому закончимъ наше изложеніе о фашинныхъ работахъ, указаніемъ употребленія двухкомельныхъ фашинъ. Этого рода фашины употребляются у насъ главнымъ образомъ для подстилки бичевниковъ и гатей, т.-е. дорогъ, проходящихъ по низкимъ или болотистымъ мѣстамъ, или заливаемымъ весенними водами, во время разливовъ рѣкъ. При сооруженіи плотинъ, которыя чаще служатъ и проѣздною дорогою, двухкомельныя фашины съ пользою могутъ быть употребляемы на подъѣздныхъ къ плотинамъ гатяхъ, которыя часто заливаются весеннею водою и потому дѣлаются для проѣзда топкими. Сообразно ширинѣ гати, или бичевника, лучше вязать фашины такой длины, чтобы онѣ поперекъ дороги ложились въ одну цѣльную фашину, если дорога не широка, и въ двѣ, если дорога широка. Если фашины укладываются въ нѣсколько рядовъ по вышинѣ, то фашины нижняго ряда должны выступать въ стороны на  $\frac{1}{4}$  аршина съ обоихъ концовъ противъ фашинъ слѣдующаго верхняго ряда и слѣдовательно должны быть вязаны на столько длиннѣе; то же самое наблюдается и въ слѣдующихъ рядахъ, если гать или бичевникъ требуютъ по высотѣ нѣсколькихъ рядовъ фашинъ. Если фашины настилаются въ одинъ рядъ, то выровнявъ предварительно полотно гати и обозначивъ ширину ея вѣхами, для правильной настилки фашинъ, укладываютъ на погонную сажень длины гати по 7 фашинъ, а затѣмъ, послѣ настилки всего ряда, черезъ четыре или пять фашинъ, ихъ раздвигаютъ гандшпугами въ противоположныя стороны, и въ промежуткѣ вкладываютъ еще по фашинѣ, чтобы онѣ лежали какъ можно плотнѣе одна къ другой; а потому на погонную сажень гати, при кладкѣ

<sup>1)</sup> См. ст. 62, части III, гл. XIX.

<sup>2)</sup> Морскія сооруженія. Соч. Гагена, т. IV. Статья М. Герсеванова. „Инженерный журналъ“ 1866 г., № 8, стр. 517. (Авторъ лекцій о морскихъ сооруженіяхъ. С.-Петербург. 1861—1862 г.).

въ одинъ рядъ, слѣдуетъ полагать 8 фашинъ. Большею частію достаточно бываетъ для основанія гати положить одинъ рядъ фашинъ, тѣмъ болѣе, что выгоднѣе, если онѣ будутъ находиться, хотя по временамъ, въ нѣкоторой влажноти, такъ какъ тогда онѣ меньше подвергаются гніенію. При одномъ рядѣ фашинъ нѣтъ надобности прикрѣплять ихъ прутяными канатами и кольями. Послѣ укладки ряда, выровнявъ фашины трамбованіемъ, засыпаютъ ихъ сверху суглеемъ и затѣмъ хрящемъ или крупнымъ пескомъ, такъ, чтобы были засыпаны и концы ихъ съ надлежащимъ откосомъ. Толщина слоя насыпи, послѣ заполнения промежутковъ и скважинъ между фашинами и послѣ трамбованія, должна составлять около  $\frac{1}{2}$  фута, или  $\frac{1}{4}$  аршина. Фашины подъ этой земляной насыпью должны оставаться всегда совершенно закрытыми, и гдѣ по временамъ уменьшается толщина насыпи, тамъ слѣдуетъ добавлять ее ежегодно.

Ежели же фашины настилаются въ нѣсколько рядовъ, то, уложивъ первый рядъ, какъ выше сказано, навозятъ на него землю суглинистую или песчаную, толщиною въ 4 дюйма, и разровнявъ ее трамбованіемъ и заполненіемъ скважинъ, доводятъ этотъ слой земли до толщины одного или двухъ дюймовъ. По этому выровненному и утрамбованному слою растилаютъ второй рядъ фашинъ (съ отступомъ краевъ для образованія откосовъ, какъ было сказано выше), по сжатію и сравненію котораго, на немъ накладываютъ вдоль гати прутяные канаты, въ разстояніи аршина одинъ отъ другаго, и прибавляютъ ихъ кольями, длиною въ 4 фута и въ разстояніи 2 футовъ коль отъ бола. Колья бьютъ между перевязями каната, чтобы не разрывать его перевязокъ, а головы кольевъ добиваются до поверхности каната. Затѣмъ на этотъ рядъ опять насыпается земля, слоемъ толщиною отъ 7 до 8 дюймовъ, которая выравнивается и трамбуется наравнѣ съ канатами или немного выше на случай осадки. Такимъ же образомъ работа продолжается далѣе, кладя канаты черезъ каждые два ряда фашинъ; по самому же верхнему ряду канаты, въ два ряда, кладутся только по краямъ верхняго гребня гати и затѣмъ верхній рядъ засыпается слоемъ хряща или крупнаго песка въ футъ толщиною, съ уравниемъ и трамбованіемъ и съ засыпкою концовъ фашинъ правильными откосами, которые, въ случаѣ прохода чрезъ насыпь воды и льда, одѣваются фашинною одеждою.

Г. Герсевановъ говоритъ: <sup>1)</sup> „что у насъ въ Россіи фашинное дѣло, такъ сказать, не національное, и кромѣ саперныхъ солдатъ едва ли у насъ есть мастеравые, способные къ этого рода работѣ. Слѣдовательно, при принятіи этого способа пришлось бы образовывать *мастеровъ* по новой отрасли, имѣющей весьма мало примѣненія, или же выписывать ихъ изъ-за границы. Обѣ комбинаціи представляютъ важныя неудобства. Что фашинное дѣло представляетъ нѣкоторыя затрудненія — явствуетъ изъ того мѣста сочиненія *Гагена*, въ которомъ говорится, что когда въ Пруссіи, гдѣ съ этимъ дѣломъ уже давно знакомы, вздумали примѣнить

<sup>1)</sup> Ibid.

способъ фашинныхъ тюфяковъ къ работамъ по улучшенію р. Рейна, то онъ обошлись до такой степени дорого, что должны были вовсе отказаться отъ этого“. Если г. *Герсевановъ* желалъ здѣсь выразить мысль собственно о неудобствѣ и дороговизнѣ примѣненія къ гидротехническимъ морскимъ сооруженіямъ фашинныхъ тюфяковъ, то мы не будемъ оспаривать его замѣчанія, какъ автора специально знакомаго съ морскими сооруженіями <sup>1)</sup>. Но мы не можемъ раздѣлить его взгляда, если онъ говоритъ вообще о фашинныхъ сооруженіяхъ, какъ, кажется, и слѣдуетъ понимать начало приведенной нами цитаты.

Если въ Россіи мало знакомы съ фашинными сооруженіями, то лишь потому, что наши инженеры рѣдко примѣняли ихъ, въ виду бывшей небольшой стоимости лѣсныхъ матеріаловъ, и тѣмъ болѣе, что регулированіе теченія нашихъ рѣкъ есть еще вопросъ будущаго, мало у насъ тронутый и неразработанный на практикѣ самостоятельно. Между тѣмъ, лѣсной матеріалъ въ средней Россіи дорожаетъ съ каждымъ годомъ все болѣе и болѣе; а при отсутствіи въ большинствѣ нашихъ мѣстностей камня и относительной дешевизнѣ хвороста, фашинныя сооруженія могутъ обходиться у насъ дешевле, чѣмъ изъ всѣхъ другихъ матеріаловъ. При смѣтливости же нашихъ рабочихъ (что, конечно, могутъ засвидѣтельствовать всѣ инженеры, практически занимавшіеся сооруженіемъ шоссе и желѣзныхъ дорогъ и имѣвшіе дѣло наприм. съ юхновскими землекопами, съ новгородскими и калужскими плотниками и т. п.) — намъ не нужно выписывать иностранныхъ фашинныхъ мастеровъ, а достаточно самому инженеру хорошо изучить это дѣло и потрудиться разъ указать приемы и способы работы; наши десятскіе и рабочіе очень скоро усвоятъ, разовьютъ и упростятъ эти приемы и, конечно, очень скоро въ этомъ отношеніи превзойдутъ нѣмецкихъ мастеровъ. Притомъ, гдѣ же у насъ не употребляютъ хвороста при устройствѣ плотинъ и гатей? Но дѣло въ томъ, что этотъ хворостъ употребляется зря, не какъ должно, и потому рѣдко достигаетъ цѣли, для которой употребляется. Если, напримѣръ, въ остзейскихъ губерніяхъ дороги всегда исправны, то именно благодаря правильному употребленію фашинъ. Способъ, напримѣръ, укладныхъ сооруженій можетъ быть съ большою пользою употребленъ при прорывахъ въ плотинахъ и ставахъ, для заполнения вымоинъ или буговицъ, иногда весьма глубокихъ, образующихся вслѣдствіе прорыва, и безъ уничтоженія которыхъ невозможно на томъ же мѣстѣ возобновить плотину и водоспускъ и т. п.

А потому если мы изложили здѣсь способы и приемы производства нѣкоторыхъ фашинныхъ работъ, то единственно съ тою цѣлію, чтобы строитель могъ воспользоваться этими способами и приемами въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ онъ признаетъ ихъ наиболѣе примѣнительными и дешевыми.

Для приблизительнаго расчета стоимости фашинныхъ работъ, приведемъ нѣкоторыя цифры изъ „Урочнаго Положенія“ (изд. 1870 г.) и

<sup>1)</sup> М. Герсевановъ. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. Спб. 1861—1862.

сочиненія г. *Зеле* о фашинныхъ сооруженияхъ. На рубку одной кубич. сажени хвороста, съ переноскою его на разстояніе до 40 сажени и съ укладкой въ штабели: 1) изъ мелкаго лѣса — назначать 1-го рабочаго, 2) изъ вѣтвей крупнаго лѣса — отъ 2 до 2,4 рабочихъ <sup>1)</sup>. Въ этомъ 0,44 рабочихъ назначается собственно на переноску.

На 40 однокомельныхъ фашинъ, длиною 9 футъ, толщиною въ комлѣ въ 1 футъ (средній діаметръ отъ 9 до 10 дюймовъ) потребна 1 куб. саж. хвороста.

Для вязки однокомельныхъ фашинъ этого размѣра, съ двумя перевязками изъ готоваго хвороста, три человѣка связываютъ 100 фашинъ въ день; съ заготовленіемъ же хвороста:

1) изъ чистаго ивняка, густо растущаго, на 100 фашинъ — 4 человѣка;

2) изъ ивняка, рѣдко растущаго, и изъ всякаго другаго густо-растущаго хвороста, на 100 фашинъ — 5 рабочихъ;

3) изъ рѣдко растущаго всякаго лѣса и изъ вѣтвей срубленныхъ деревь, на 100 фашинъ — 7,5 рабочихъ.

Изъ одной куб. сажени хвороста, двукомельныхъ фашинъ, длиною 14 фут. діаметромъ 1 футъ; съ перевязкой чрезъ 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фута и чаще, выходитъ 20 фашинъ.

При вязкѣ такихъ фашинъ изъ готоваго хвороста, на 100 фашинъ нужно 7 рабочихъ; съ приготовленіемъ же хвороста и съ вышепоказанными свойствами лѣса для однокомельныхъ фашинъ, для вязки 100 двукомельныхъ фашинъ, въ первомъ случаѣ нужно рабочихъ 9, во второмъ 12 и въ третьемъ до 17.

Изъ одной куб. сажени хвороста выходитъ 120 погонныхъ сажени прутянаго каната, въ діаметрѣ отъ 4 до 5 дюймовъ, съ перевязками чрезъ каждыя 8 дюймовъ. На вязку же 100 сажени прутянаго каната, изъ готоваго хвороста, нужно 4 рабочихъ.

Изъ одной кубической сажени мелкаго, свѣжаго хвороста, выходитъ 3000 виць. На рѣзку и приготовленіе 1000 виць нужно 1,5 рабочихъ. На сдѣланіе 1000 кольевъ, толщиною отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дюймовъ, при длинѣ отъ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 4 фут., нужно 3 рабочихъ; и при длинѣ 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> фут. нужно 8,3 рабочихъ.

При постройкѣ бунъ или отводныхъ плотинъ, на кубическую сажень сооруженія въ дѣлѣ, нужно рабочихъ 2,16; а матеріаловъ: однокомельныхъ фашинъ 80, прутянаго каната отъ 10 до 14 саж., кольевъ въ 4 фута отъ 40 до 54 штукъ, виць 45, земли <sup>1</sup>/<sub>3</sub> куб. саж. При постройкѣ запрудныхъ плотинъ, на куб. сажень сооруженія въ дѣлѣ, нужно полагать рабочихъ — 3,43, и матеріаловъ: однокомельныхъ фашинъ — 96 штукъ, прутянаго каната — 14 погон. сажень, виць — 60 штукъ, кольевъ въ 4 фута длиной — 56 штукъ, земли — <sup>1</sup>/<sub>3</sub> куб. саж. до <sup>1</sup>/<sub>2</sub>.

При устройствѣ гатей и бичевниковъ, на куб. саж. сооруженія въ

---

<sup>1)</sup> Означенное здѣсь число рабочихъ исполняютъ указываемое количество работы въ теченіе одного рабочаго лѣтняго дня.

дѣлѣ, рабочихъ — 1,25, двухкомельныхъ фашинъ длиною 2 саж., толщиною въ 1 футъ — 25 штукъ, прутянаго каната 10 погон. саж., кольевъ длиною въ 4 фута — 48 штукъ, виць — 100 штукъ, земли —  $\frac{1}{3}$  куб. сажени. Земля считается здѣсь безъ подвозки ея. При устройствѣ бунъ и плотинъ, фашинны должно имѣть въ запасѣ противъ вышеозначеннаго количества, такъ какъ нѣкоторыя уплывають, или уходятъ въ грунтъ дна, если онъ илистый и мягкій.

Для сдѣланія фашиннаго покрывала, на квадратную сажень его поверхности въ дѣлѣ потребно: рабочихъ—0,12; хвороста 0,15 кубич. саж.; прутянаго каната 5 погон. саж.; виць—20 штукъ; кольевъ—20 штукъ; земли растительной (безъ подвозки)—0,15 куб. саж. Для сдѣланія на откосахъ, изъ готовыхъ цѣльныхъ фашинъ, метловаго покрывала, на квадратную сажень нужно: рабочихъ 0,35; однокомельныхъ фашинъ—8,25 штукъ; прутянаго каната отъ 6 до 7 погон. саж.; виць—30 штукъ; кольевъ 4 фут.—отъ 24—28 штукъ; земли—0,2 кубич. сажени.

На укрѣпленіе берега готовыми фашинами плашмя, съ прибавкою ихъ прутянымъ канатомъ и съ приведеніемъ берега въ правильный откосъ (если только нѣтъ большихъ съемоковъ и насыпей), на квадратную сажень фашинной обкладки потребно: рабочихъ—0,25; однокомельныхъ фашинъ—7—8; прутянаго каната—5 погон. сажень; кольевъ—20 штукъ; виць—20 штукъ; земли растительной—1,5—0,2 куб. саж.

---



# ОТДѢЛЪ ШЕСТОЙ.

## ОПРЕДѢЛЕНІЕ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНІЯ ЗЕМЛИ И ВОДЫ И НАЧЕРТАНІЕ ПРОФИЛЕЙ ПЛОТИНЪ.

### ГЛАВА XIII.

#### ДАВЛЕНІЕ ЗЕМЛИ И ВОДЫ НА ПОДПОРНЫЯ СТѢНЫ И ПЛОТИНЫ.

**41.** Для опредѣленія устойчивости плотинъ и водоспусковъ и наивыгоднѣйшей профили, въ особенности для каменной плотины, необходимо прежде всего умѣть опредѣлять то давленіе, которое производитъ на различныя части сооруженія вода или присыпанная къ этимъ частямъ земля, или наконецъ то и другое давленія вмѣстѣ. Мы уже видѣли, что вода въ прудѣ, или резервуарахъ, производитъ гидростатическое давленіе на плотину, водоспускъ, заставки въ водоспускахъ, а равно на стѣны какаго либо вообще резервуара наполненнаго водою. Равнымъ образомъ и земля, какъ сыпучее тѣло, присыпанная къ стѣнамъ водоспуска, въ видѣ ли отмели со стороны пруда, или съ боковъ водоспуска, со сторонъ земляной насыпи плотины, или земля, присыпаемая къ боковымъ стѣнамъ водопроводнаго русла или канала—производитъ нѣкоторое давленіе вообще на стѣны, къ которымъ она плотно присыпана и которыя, подпирая собою землю, не дозволяютъ ей обрушиваться. Во всѣхъ этихъ случаяхъ необходимо знать величину давленія земли или воды и точку, или мѣсто, приложенія этого давленія, чтобы противопоставить ему такія преграды, которыя оно не могло бы сдвинуть или опрокинуть. Опредѣленіе величины этого давленія и его точки приложенія, а равно размѣровъ сооруженій, при которыхъ эти сооруженія могли бы прочно сопротивляться производимому на нихъ давленію, составятъ предметъ настоящей главы.

Мы сначала изслѣдуемъ давленіе земли на подпирющія ее стѣны, а затѣмъ перейдемъ къ давленію воды, такъ какъ это послѣднее давленіе можетъ быть разсматриваемо только какъ частный случай перваго. При этомъ мы по возможности не будемъ входить въ теоретическое

разсмотрѣніе этихъ вопросовъ, которое, какъ и прежде, отнесемъ въ рубрику приложений; а принявъ нѣкоторые теоретическіе выводы, какъ доказанные, за основаніе, ограничимся лишь тѣми указаніями, которыя могутъ имѣть приложение въ практикѣ.

При разсмотрѣніи свойствъ воды мы допускали, что частицы ея имѣютъ *совершенную* подвижность и лишены всякой взаимной связи, которая препятствовала бы имъ свободно скользить одна по другой. Хотя, строго говоря, эта совершенная подвижность въ дѣйствительности не существуетъ и при разсмотрѣніи движенія воды въ каналахъ и рѣкахъ мы замѣчали, что есть нѣкоторая степень сдѣвленія частицъ воды между собою; равнымъ образомъ, мы выше замѣтили, что частицы напр. спирта обладаютъ болѣе совершенною подвижностью, чѣмъ частицы воды. Но однако подвижность частицъ воды такъ велика, что въ практикѣ, почти безъ погрѣшности, можно считать эту подвижность совершенною. По этому-то вода, наливаемая напр. на поверхность гладкаго стола, разливается по всей поверхности, приликая къ ней лишь самымъ тонкимъ слоемъ. Но иное явленіе происходитъ въ подобномъ случаѣ съ частицами сухой земли, песка, хлѣбными зернами, мукою, дробью и вообще такъ называемыми сыпучими тѣлами. Всѣ сыпучія тѣла могутъ, на гладкой горизонтальной поверхности, сохранять форму болѣе остраго или болѣе тупаго конуса и оставаться собранными въ кучѣ, не разсыпаясь по поверхности до самаго тонкаго слоя въ одно зерно или одну песчинку. Очевидно, что въ этомъ случаѣ треніе частицъ одной о другую, позволяетъ частицамъ сыпучихъ тѣлъ оставаться въ кучѣ и не разсыпаться. Давленіе земли или воды на подпорную стѣну, обыкновенно опредѣляется на погонный футъ длины этой стѣны; умножая давленіе найденное на футъ длины, на длину всей стѣны выраженную въ футахъ, получается давленіе на всю стѣну.

Черт. XXII.  
ч.п. 330.

Чтобы убѣдиться наглядно и фактически въ давленіи сыпучихъ тѣлъ на поддерживающія ихъ стѣны, представимъ себѣ въ разрѣзѣ ящикъ  $abcd$ , шириною внутри по стѣнкѣ  $ab$  въ одинъ футъ, и котораго длину и высоту мы можемъ увеличивать по нашему произволу. Представимъ себѣ также, что въ этомъ ящикѣ боковая стѣнка  $ab$  можетъ откидываться на шпалнерѣ, расположенномъ у дна  $ad$ , въ ребрѣ  $a$ , и слѣдовательно принять положеніе, или вертикальное  $ab$ , или нѣсколько наклонное  $ab''$  (фиг.  $A''$ ) или горизонтальное  $ab'$  (фиг.  $A'$ ). Если будемъ насыпать въ этотъ ящикъ различнаго качества землю въ сухомъ и разрыхленномъ состояніи. песокъ, рожь, или другія сыпучія тѣла, до нѣкоторой высоты, то увидимъ, что нужно употребить грузъ  $P$ , привѣшенный на веревкѣ проходящей чрезъ блокъ  $e$ , и прикрѣпленной къ стѣнкѣ  $ab$  въ точкѣ  $b$ , чтобы не дозволить этой стѣнкѣ отклониться на шпалнерѣ отъ своего мѣста, вслѣдствіе давленія изнутри. Причемъ замѣтимъ, что притомъ же сыпучемъ тѣлѣ, чѣмъ слой его за стѣнкой  $ab$ ,  $h$ ,  $h'$ ,  $h''$  будетъ толще или выше, тѣмъ и давленіе на стѣнку, а слѣдовательно и грузъ  $P$ , который удерживалъ бы ее на своемъ мѣстѣ, въ вертикальномъ положеніи, будетъ больше. Равнымъ образомъ, что при той же высотѣ слоя, дав-

леніе на стѣнку  $ab$  будетъ неодинаково, когда будутъ насыпаемы въ ящикъ различныя сыпучія тѣла, или вещества. Если послѣ насыпки въ ящикъ какого либо сыпучаго вещества мы приведемъ стѣнку  $ab$  въ горизонтальное положеніе  $ab'$  (фиг.  $A'$ ), то часть сыпучаго вещества обрушится и изъ прежней горизонтальной поверхности  $mn$ , эта поверхность приметъ форму  $nfo$ , съ болѣе или менѣе отлогимъ откосомъ  $of$ , величина отлогости котораго, или уголъ  $fod$ , будетъ различенъ для различныя сыпучихъ веществъ. Откосъ  $of$  обыкновенно называютъ *естественнымъ откосомъ* сыпучаго тѣла, а уголъ  $fod$ , составляемый естественнымъ откосомъ съ горизонтомъ, называютъ *угломъ тренія*, или *угломъ покоя*. Если же мы стѣнку  $ab$  только немного выведемъ изъ ея вертикальнаго положенія и дадимъ ей положеніе  $ab''$  (фиг.  $A''$ ), то сыпучее тѣло обрушится по нѣкоторой поверхности  $rs$ , лежащей выше поверхности естественнаго откоса  $fo$ , а вся часть сыпучаго тѣла  $first$  будетъ удерживаться на своемъ мѣстѣ, какъ частью упорной стѣнки  $st$ , такъ и треніемъ о натуральный откосъ  $ft$ .

Такимъ образомъ *естественный*, или *натуральный откосъ* земли (или всякаго другаго сыпучаго тѣла), есть самый крутой откосъ, который можно придать сухой, свѣже насыпанной, т.е. лишенной сдѣленія землѣ, при которомъ частицы земли на поверхности откоса удерживаются силою тренія, уравновѣшивающею дѣйствіе силы тяжести, побуждающей эти частицы скользить внизъ, вдоль откоса. Поэтому и уголъ наклоненія естественнаго откоса къ горизонту, называютъ *угломъ тренія сыпучаго тѣла* <sup>1)</sup>.

Этотъ уголъ, по *Вейсбаху*, для ржи составляетъ  $30^\circ$ ; для тонкаго песка— $31^\circ$ ; для сухой земли— $39^\circ$ ; для сырой земли— $43^\circ$ . Если толщину сыпучаго тѣла  $fp$  означимъ чрезъ  $h$ , а длину основанія  $op$  откоса означимъ чрезъ  $l$ , то для ржи напр. будетъ  $l = 1,73h$ ; для тонкаго песка  $l = 1,66h$ ; для сухой земли  $l = 1,23h$  и для сырой земли  $l = 1,07h$  <sup>2)</sup>.

Черт. XXII.  
анг. 386 А.

Г. *Недзяжковскій* приводитъ слѣдующую таблицу *Ребанна* для естественныхъ откосовъ и плотности земель:

РОДЪ ЗЕМЛИ.	Вѣсь кубич. фута въ пудахъ.	Уголъ тренія, или откоса.	Естественный откосъ.
<i>Земля растительная или обыкновенная:</i>	отъ — до	отъ — до	отъ — до
Рыхлая, сухая или нѣ- сколько сырая. . . . .	2,1 — 2,5	$42^\circ$ — $38^\circ$	$l = 1,1 \cdot h - 1,3 \cdot h$
Сухая и утрамбованная. .	2,75 — 3,0	$42^\circ$ — $38^\circ$	$l = 1,1 \cdot h - 1,3 \cdot h$
Рыхлая, насыщенная водою	3,0 — 3,25	$35^\circ$ — $30^\circ$	$l = 1,4 \cdot h - 1,7 \cdot h$

<sup>1)</sup> Смотри прилож. XXVI.

<sup>2)</sup> Мы уже выше замѣчали, что если  $l = 1h$ , то откосъ называется *однокимъ*, если  $l = 2h$ , то *двойнымъ*; если  $l = 3h$ , то *тройнымъ* и т. д.

РОДЪ ЗЕМЛИ.	Вѣсь кубич. фута въ пудахъ.	Уголъ тренія, или откоса.	Естественный откосъ.
<i>Песокъ:</i>			
Сухой или нѣсколько сырой	2,8 — 3,0	37° — 34°	$l = 1,3 . h - 1,5 . h$
Насыщенный водою. . . .	3,3 — 3,5	30° — 27°	$l = 1,7 . h - 2,0 . h$
<i>Глина:</i>			
Сухая или нѣсколько сырая	2,6 — 2,7	42° — 38°	$l = 1,1 . h - 1,3 . h$
Утрамбованная . . . . .	2,9 — 3,4	42° — 38°	$l = 1,1 . h - 1,3 . h$
Насыщенная водою. . . . .	3,4 — 3,5	35° — 30°	$l = 1,4 . h - 1,7 . h$
<i>Рожь</i> чистая. . . . .	2,75 — 3,0	42° — 35°	$l = 1,1 . h - 1,4 . h$

Черт. XXII. • ил. 330. Насытая въ ящикѣ *abcd* (фиг. А) одну и ту же землю, мы также замѣтимъ, что грузъ *P*, удерживающій стѣнку *ab* на своемъ мѣстѣ въ вертикальномъ положеніи, противоудѣйствуя давленію земли извнутри, будетъ измѣняться, не только съ высотой слоя и качествомъ земли, но также съ болѣшимъ или меньшимъ уплотнѣніемъ нѣкоторыхъ земель и со степенью ихъ сухости или сырости.

Черт. XXIII. • ил. 331. Очевидно, что тѣ же самыя явленія будутъ происходить въ случаяхъ, когда земля присыпана къ каменной стѣнѣ (I и II); деревянной рубленной,

Черт. XXIII. • ил. 332. (III), какъ напр. въ деревянныхъ водоспускахъ или хлѣбныхъ закромахъ;

• ил. 333. когда въ каналѣ, набережной, или водопроводномъ руслѣ (IV), земля поддерживается отъ обрушенія сваями, за которыя заложены доски. Во

всѣхъ этихъ случаяхъ земля присыпанная къ стѣнѣ производитъ на нее давленіе и стремится сдвинуть ее съ мѣста или опрокинуть. Въ томъ

• ил. 334. же случаѣ (V), когда на стѣну, съ одной стороны давить земля, а съ другой вода, и если эти давленія постоянны и, какъ всегда, противоположны, то стѣна должна выдерживать только разность этихъ давленій.

Но если русло, каналъ или резервуаръ, обведенные такою стѣной, могутъ въ извѣстныхъ случаяхъ опоражняться, то въ это время давленіе воды прекращается; поэтому подобнымъ стѣнамъ необходимо придавать такую силу сопротивленія, чтобы онѣ могли выдерживать давленіе одной земли.

Наконецъ, когда земля присыпается къ ставу, какъ отмель, поверхъ которой находится вода, (VI), то нужно стѣнѣ става давать такую силу сопротивленія, чтобы она превосходила совокупное давленіе земли и воды.

• ил. 335. Но кромѣ тренія, которое дозволяетъ частицамъ земли ложиться съ нѣкоторымъ, болѣе или менѣе крутымъ, естественнымъ откосомъ, земли часто еще обладаютъ вязкостью, или сдѣплениемъ частицъ между собою. Это сдѣпление дозволяетъ землѣ, особенно въ естественномъ состояніи, слежавшейся и не разрыхленной, держаться до нѣкоторой высоты вер-

• ил. 336. тикальной стѣнкой *ab*, не обрушаясь и слѣдовательно не производя ни-

какого давленія на стѣну, къ которой она прикасалась бы. Эта высота  $ab$ , для совершенно сухаго песка и зерна, для совершенно сухой и рыхлой, или совершенно смоченной водою земли, всегда равна нулю; а для земли сырой или слежавшейся, бываетъ довольно большая. Меньшія величины для  $ab$  соотвѣтствуютъ растительной, какъ болѣе рыхлой землѣ, и доходятъ отъ 3 до 6 футовъ; большія же величины бываютъ при плотной глинистой, какъ наиболѣе вязкой землѣ, и доходятъ отъ 10 до 14 футовъ. Но въ практикѣ это сцѣпленіе земли не слѣдуетъ принимать въ расчетъ, такъ какъ оно много измѣняется со степенью сырости или сухости земли, а въ особенности при промерзаніи и потомъ оттаиваніи земли.

Если земляная насыпь поддерживается стѣною  $abcd$ , то при без-  
Черт. XXIII.  
фиг. 337.  
фиг. 338.  
фиг. 339.  
фиг. 339.

конечно маломъ движеніи стѣны, вслѣдствіе ли скользянія стѣны на своемъ основаніи  $ad$ , или вслѣдствіе вращенія ея около ребра  $d$ , нѣкоторая часть насыпи, ограничиваемая наклонною къ горизонту плоскостью, начинающеюся отъ подошвы  $a$  внутренняго откоса стѣны, отдѣляется отъ остальной массы и обрушается. А потому давленіе земли на стѣну зависитъ отъ вида земляной призмы  $afghi$  съ треугольнымъ основаніемъ  $abf$ , обрушенію которой препятствуетъ стѣна, и отъ тѣхъ силъ, дѣйствию которыхъ эта призма подвергается. Кромѣ силы сопротивленія стѣны, эта призма подвержена дѣйствию своего собственнаго вѣса и вслѣдствіе того тренію, а равно и сцѣпленію частицъ на плоскости обрушенія. Для равновѣсія земляной насыпи поддерживаемой стѣною, необходимо, чтобы стѣна сопротивлялась давленію на нее отъ каждой произвольной призмы обрушенія, а слѣдовательно и такой, отъ которой происходитъ *наибольшее давленіе*. Такая призма называется *призмой наибольшаго давленія*, или *призмой обрушенія*, а соотвѣтствующая ей величина давленія—*давленіемъ земли на стѣну*. При этомъ стѣна и насыпь, какъ уже замѣтили выше, всегда рассматриваются на длинѣ, равной погонной единицѣ (напр. на длинѣ фута, метра), перпендикулярно къ плоскости чертежа, поперечной профили стѣны и насыпи, имѣющей видъ призмы съ треугольнымъ основаніемъ  $abf$ , съ горизонтальными ребрами  $ai$ ,  $bh$  и  $af$  и для которой поверхность обрушенія (т.-е. трещина по которой она отдѣляется отъ остальной земли), въ дѣйствительности криволинейная, можетъ быть принята за плоскость (фиг. 339)  $aifg$ .

Предположимъ что земля удерживаемая стѣною  $abcd$ , имѣетъ по своему качеству естественный откосъ  $ae$ . Если бы призма  $bae$  состояла изъ плот-  
Черт. XXIII.  
фиг. 340.

наго, не разрывнаго куска земли, то она находилась бы въ равновѣсіи на плоскости  $ae$ , поддерживаемая треніемъ объ эту плоскость и не производила бы никакого давленія на стѣну  $abcd$ . (См. прил. XXV и XXVI во 2 части). Но всякая другая призма, какъ напр.  $baf$ , произведетъ на стѣну давленіе соотвѣтственное своему вѣсу, уменьшенное треніемъ земли этой призмы объ откосъ  $af$  и сцѣпленіемъ частицъ земли. Очевидно также, что призма  $bag$ , безконечно малой толщины  $bg$ , произвела бы меньшее давленіе на стѣну чѣмъ призма  $baf$ . А потому между призмой  $bae$ , ограниченной естественнымъ откосомъ  $ae$ , и потому не производящей давленія на стѣну, и между безконечно малой призмой  $bag$ , прилегающей непосредственно къ

внутреннему откосу  $ab$  стѣны, и производящей наименьшее давленіе, должна существовать призма, которая произведетъ настѣну наибольшее давленіе въ сравненіи со всѣми другими призмами заключающимися въ выше-означенныхъ предѣлахъ. Теорія показываетъ, что эта призма наибольшаго давленія будетъ  $baf$ , если линія  $af$  раздѣляетъ уголь  $bae$  по-поламъ <sup>1)</sup>.

И такъ, чтобы опредѣлить призму наибольшаго давленія  $baf$  какого либо сыпучаго тѣла, стоитъ только *уголь дополненія*  $\alpha$ , угла тренія  $\rho$ , или угла естественнаго откоса этого сыпучаго тѣла, раздѣлить по-поламъ (такъ какъ  $\alpha + \rho =$  прямому углу). Очень можетъ быть, что въ дѣйствительности, при обрушеніи земли, трещина обрушенія пройдетъ по кривой линіи  $ak$  или  $ai$ , вслѣдствіе неодинаковой плотности и связи частицъ въ земляной насыпи; но призмы отдѣляемыя этими кривыми произведутъ меньшее давленіе на стѣну, чѣмъ призма наибольшаго давленія отдѣляющаяся по линіи  $af$ . Для прочной же устойчивости стѣны, мы должны разсматривать всякое наибольшее давленіе которому она можетъ подвергнуться; а потому намъ необходимо опредѣлять то давленіе на стѣну, которое можетъ произвести призма наибольшаго давленія. Вѣсь этой призмы получится, если умножимъ ея объемъ, выраженный въ кубическихъ футахъ, на вѣсь кубическаго фута земли, изъ которой составлена насыпь. Предполагая что задняя грань  $ab$  стѣны вертикальна и означая высоту ея  $ab$  чрезъ  $h$ ; уголь  $eal$  естественнаго откоса означимъ чрезъ  $\rho$ , а уголь дополненія его до прямого—чрезъ  $\alpha$ ; вѣсь кубическаго фута земли въ насыпи—чрезъ  $\Delta$ , и припоминая, что, какъ стѣна, такъ и насыпь разсматриваются по погону на длинѣ одного фута, высота призмы съ треугольнымъ основаніемъ  $baf$  будетъ равна одному футу. Объемъ этой призмы будетъ  $\frac{ab \cdot bf \cdot 1}{2}$  или  $\frac{ab \cdot bf}{2}$ ; и какъ  $ab = h$  а  $bf = h \cdot tg \cdot \frac{1}{2}\alpha$ , то этотъ объемъ выразится чрезъ  $\frac{h}{2} \cdot tg \cdot \frac{1}{2}\alpha$ , а слѣдовательно вѣсь ея будетъ  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg \frac{1}{2}\alpha$ . Теоретически же доказывается, что горизонтальное давленіе этого груза призмы на стѣну  $ab$  равно  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2}\alpha$ <sup>2)</sup>. Это и есть алгебраическое выраженіе горизонтальнаго давленія на стѣну земляной призмы наибольшаго давленія. Мы выше замѣтили, что горизонтальное давленіе воды на подпорную стѣну можно разсматривать какъ частный случай давленія земли. И дѣйствительно, формула  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \cdot \frac{1}{2}\alpha$  даетъ намъ возможность опредѣлить и горизонтальное давленіе воды. Представивъ себѣ что вертикальная стѣна удерживаетъ за собою воду, а не землю, и принимая во вниманіе, что между частицами воды мы не допускаемъ никакого тренія и предполагаемъ для нихъ совершенную подвижность, поэтому эти частицы не могутъ имѣть никакого естественнаго откоса, или угла тренія. А потому при водѣ, уголь  $\rho$  естественнаго откоса, или тренія, обращается въ нуль; а тогда уголь  $\alpha$  дѣлается равнымъ  $90^\circ$ , а  $\frac{1}{2}\alpha = 45^\circ$ . Тангенсъ же угла въ  $45^\circ$  равенъ единицѣ, и тогда формула для горизонтальнаго

<sup>1)</sup> См. прилож. XXVII.

<sup>2)</sup> См. прилож. XXVII.

давленія воды на вертикальную стѣну высотой  $h$ , будетъ  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot 1^2 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , гдѣ  $\Delta$  есть вѣсъ кубическаго фута воды.

Чтобы показать приложеніе формулъ  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^{21/2}\alpha$  и  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$  для горизонтальныхъ давленій земли и воды на подпорныя стѣны, приведемъ численные примѣры:

1) Предположимъ что за вертикальной подпорной стѣной  $ab$ , высотой въ 10 футовъ, состоитъ насыпь изъ песка. Изъ вышеприведенной таблицы видимъ, что для сухаго песка:  $\Delta = 3$  пуд.,  $\rho = 34^\circ$  а  $h = 10$  фут.; если  $\rho = 34^\circ$  то  $\alpha = 56^\circ$  и  $1/2\alpha = 28^\circ$ ;  $tg28^\circ = 0,53$ <sup>1)</sup>. Тогда горизонтальное давленіе песка на стѣну будетъ:  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^{21/2}\alpha = \frac{3 \cdot 10^2}{2} \cdot (0,53)^2 = \frac{300 \cdot 0,28}{2} = 42$  пудамъ.

2) Для ржи  $\Delta = 3$  пуд.,  $\rho = 36^\circ$  и слѣдов.  $1/2\alpha = 27^\circ$  и  $tg^{1/2}\alpha = tg27^\circ = 0,51$ . А слѣдовательно горизонтальное давленіе ржи на вертикальную стѣну высотой въ 10 фут. будетъ равно 37,3 пудовъ.

3) Если бы за стѣной, вмѣсто земли, была вода глубиною въ 10 фут. и какъ вѣсъ кубич. фута воды = 1,73 пуда, то изъ формулы  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , для горизонтальнаго давленія воды, будетъ:  
 $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} = \frac{1,73 \cdot 100}{2} = \frac{173}{2} = 86,5$  пудовъ.

Слѣдовательно эта стѣна, на каждый погонный футъ своей длины, подвергается горизонтальному давленію: отъ песка 42 п., отъ ржи въ 37,3 п. и отъ воды въ 86,5 пудовъ.

Обозначая горизонтальное давленіе земли на вертикальную стѣну, которой высота  $h$ , чрезъ  $P$ , мы имѣемъ:  $P = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^{21/2}\alpha$ ; если же высота насыпи, изъ совершенно такого же качества земли, за вертикальной стѣной будетъ  $H$ , то горизонтальное давленіе земли на подпорную стѣну будетъ:  $P' = \frac{\Delta \cdot H^2}{2} \cdot tg^{21/2}\alpha$ ; и слѣдовательно:  $P:P' = h^2:H^2$ . То же условіе будетъ и для горизонтальнаго давленія воды на вертикальную подпорную стѣну, т.-е. что горизонтальныя давленія земли и воды возрастаютъ пропорціонально квадратамъ высотъ земляной за стѣной насыпи, или пропорціонально квадратамъ глубины воды у опорной плоскости<sup>2)</sup>.

1) См. прилож. XV (первой части) въ таблицѣ величинъ тригонометрическихъ линий.

2) Инженеръ Боргнисъ приводитъ эмпирическія формулы для горизонтальнаго давленія земли на вертикальныя подпорныя стѣны, въ зависимости отъ высоты  $h$  и для разнаго качества земель, полученные изъ непосредственныхъ опытовъ. Въ его формулахъ высоты  $h$  выражены въ футахъ и горизонтальныя давленія  $P$ —въ фунтахъ. По этимъ формуламъ оказывается что: 1) для растительной, утрамбованной земли, вѣсъ кубич. фута которой = 76 фунт. (1,9 пуд.),  $P = 0,800 \cdot h^3$ .

2) Для растительной рыхлой, но утрамбованной, смѣшанной съ крупнымъ гравіемъ, вѣсъ куб. фута которой = 106 фунтовъ (2,65 пуд.),  $P = 3,374 \cdot h^3$ .

3) Для той же земли, но утрамбованной.  $P = 1,125 \cdot h^3$ .

4) Для песка, куб. фут. котораго вѣснъ 92 фунт. (2,3 пуд.),  $P = 3,496 \cdot h^3$ .

5) Для растительной земли не утрамбованной, смѣшанной съ мелкимъ гравіемъ, вѣсъ куб. фута которой 100 фунтовъ (2,5 пуд.),  $P = 3,150 \cdot h^3$ .

Укажемъ еще на способъ опредѣлять графически величину призмы обрушенія и горизонтальнаго давленія земли на вертикальную подпорную стѣну. Изъ графическихъ способовъ мы укажемъ лишь самый простѣйшій, но который одинаково приложимъ, будетъ ли поверхность земли за стѣною насыпана горизонтально или будетъ отъ верха стѣны подниматься отъ горизонта или опускаться къ нему.

Черт. XXIII. 1-й случай. *Когда поверхность земли BC за стѣною параллельна горизонту AD.*

• фиг. 341.

Проведемъ линію  $AC$  естественнаго откоса, соответствующаго свойству земли въ насыпи  $ABCD$ ; изъ точки  $B$  проведемъ линію  $Bm$  перпендикулярную къ  $AC$  и продолжимъ ее до пересѣченія съ горизонтомъ  $AD$  въ точкѣ  $m$ . На линіи  $Bm$ , какъ діаметръ, опишемъ полукругъ  $Bmt$  и длину хорды  $mt$  отложимъ отъ  $m$  до  $o$  на линіи  $mB$ . Если изъ точки  $A$  чрезъ точку  $o$  проведемъ прямую линію  $AoE$ , то заштрихованная призма  $ABE$  будетъ призмою обрушенія.

Изъ точки  $E$  опустимъ на естественный откосъ  $AC$  перпендикуляръ  $Er$  и по линіи  $AC$  отложимъ линію  $rq$  равную  $Er$ . Соединивъ точки  $E$  и  $q$  прямою  $Eq$ , получимъ заштрихованный треугольникъ  $Erq$ ; этотъ треугольникъ будетъ профилемъ земляной призмы, вѣсъ которой равняется величинѣ горизонтальнаго давленія земли на стѣну.

2-й случай. *Когда поверхность земли идетъ отъ стѣны возвышаясь надъ горизонтомъ.*

• фиг. 342.

Если земляная насыпь идетъ по линіи  $BC$ , наклонной къ горизонту  $AD$  и возвышаясь съ удаленіемъ отъ стѣны  $AB$ , то проведемъ линію  $AF$  параллельно поверхности  $BC$  земли за стѣною. Затѣмъ проведемъ линію  $AG$  естественнаго откоса и линію  $Bm$  къ нему перпендикулярную, которую продолжимъ до пересѣченія съ линіею  $AF$  въ точкѣ  $m$ ; на линіи  $Bm$ , какъ на діаметръ, опишемъ полукругъ  $Bmt$ ,—и длину хорды  $mt$  отложимъ по линіи  $Bm$  отъ точки  $m$  до  $o$ .

Если изъ  $A$  чрезъ  $o$  проведемъ прямую  $AE$ , то заштрихованная призма  $ABE$  будетъ призма наибольшаго давленія, или призма обрушенія. Проведя  $Er$  перпендикулярно къ  $AG$  и отложивъ  $rq$  равную  $Er$  и соединивъ точки  $E$  и  $q$  прямою  $Eq$ , получимъ заштрихованный треугольникъ  $Erq$ , составляющій профиль, или основаніе земляной призмы, вѣсъ которой равняется величинѣ горизонтальнаго давленія земли на стѣну.

6) Для той же земли но утрамбованной,  $P = 1,050 \cdot h^2$ .

7) Для стараго муссора и щебня, куб. фут. котораго вѣситъ 120 фунт. (3 пуд.)  $P = 1,740 \cdot h^2$ .

Такъ напр. для стѣны и насыпи высотой въ 10 фут. или при  $h = 10$  ф.; величины этихъ горизонтальныхъ давленій будутъ: для земли 1-го качества  $P = 20$  пуд.; для 2-го  $P = 84,35$ ; 3-го  $P = 28$  пуд., 4-го  $P = 87,4$  п.; 5-го  $P = 78,75$  п.; 6-го  $P = 26,25$  пуд. и 7-го  $P = 43,5$  пуд.

Но если эти опыты, которыхъ Боргнись не приводитъ, были произведены надъ малыми высотами, то для большихъ высотъ онѣ дадутъ преувеличенные результаты по этимъ формуламъ, такъ какъ горизонтальныя давленія возрастаютъ только пропорціонально квадратамъ высотъ, а не кубамъ.



3-й случай. Когда поверхность земли за стѣною понижается къ горизонту.

Если  $AD$  горизонтъ, то проведемъ линію  $AF$  параллельно поверхности  $BC$  земли за стѣною и линію  $AC$  естественнаго откоса. Линію  $Bm$  перпендикулярную къ  $AC$  продолжимъ до пересѣченія съ  $AF$  въ точкѣ  $m$ ; и затѣмъ сдѣлавъ тѣ же самыя построенія какъ въ 1-мъ и 2-мъ случаяхъ, и которыя видны на фиг. 343, получимъ заштрихованный треугольникъ  $ABE$  для призмы обрушенія, или наибольшаго давленія, и заштрихованный треугольникъ  $Erg$ , съ основаніемъ котораго вѣсь призмы даетъ величину горизонтальнаго давленія. Черт. XXIII.  
фиг. 343.

4-й случай. Когда земля за стѣною образуетъ ломаную поверхность, въ которой линія  $BD$  составляетъ естественный откосъ, а линія  $DC$  горизонтальна.

Проведемъ линію  $AC$  естественнаго откоса, которая будетъ параллельна  $BD$ . Изъ точки  $A$ , какъ центра, радиусомъ  $AD$  опишемъ дугу  $Dp$  до пересѣченія ея съ линіей  $AC$  въ точкѣ  $p$ . Изъ точки  $p$  къ линіи  $AC$  возстановимъ перпендикуляръ  $pE$  до пересѣченія его съ линіей  $DC$  въ точкѣ  $E$ , которую соединимъ прямою съ точкою  $A$ ; затѣмъ сдѣлаемъ  $pq = Ep$  и проведемъ линію  $Eq$ . Заштрихованная площадь  $ABDE$  будетъ призою обрушенія, или наибольшаго давленія, а вѣсь призмы, у которой основаніе треугольникъ  $Erg$ , будетъ равенъ горизонтальному давленію земли на стѣну. фиг. 344.

Во вѣсѣхъ этихъ случаяхъ стоитъ только площадь треугольника  $Erg$ , выраженную въ квадратныхъ футахъ, умножить на вѣсь кубическаго фута той земли, изъ которой сдѣлана насыпь, выраженнаго въ пудахъ, чтобы получить величину горизонтальнаго давленія земли на подпорную стѣну выраженную также въ пудахъ. При опредѣленіи горизонтальнаго давленія земли на подпорныя стѣны графическимъ способомъ, необходимо дѣлать построенія нѣсколько въ большемъ масштабѣ, для полученія болѣе точныхъ результатовъ <sup>1)</sup>.

Давленіе земли на подпорныя стѣны, какъ показали опыты, значительно уменьшается, если при насыпкѣ земли, каждый слой ея хорошо уплотняется трамбованіемъ (разумѣется кромѣ песка). Сдѣпленіе частицъ земли также уменьшаетъ это давленіе; относительно вліянія сырости и плотности земель на сдѣпленіе частицъ ея, Ребаннъ дѣлаетъ слѣдующія замѣчанія:

*Растительная, обыкновенная земля*, въ сухомъ или нѣсколько сыромъ состояніи, имѣетъ почти одинаковое сдѣпленіе, которое, незначительное для рыхлой земли, а именно около 0,22 пуд. на квадратный футъ поверхности, увеличивается до 3 пудовъ на квадратный футъ отъ ея утрамбованія. Земля же совершенно насыщенная водою, можетъ быть разсматриваема какъ лишенная всякаго сдѣпленія.

<sup>1)</sup> Подробности относительно графическихъ способовъ опредѣленія горизонтальнаго давленія земли на подпорныя стѣны можно найти въ „Собраніи таблицъ и формулъ“ А. А. Недзьялковскаго. С.-Петербургъ 1869—1871 г. и „Графическій способъ расчета подпорныхъ стѣнъ“ С. Б. Лукашевича. С.-Петербургъ 1879 г. и др.

*Песокъ* въ сухомъ или нѣсколько сыромъ состояніи имѣеть, точно также, почти одинаковое сѣвление около 0,16 пуд. на квадратн. футъ поверхности. Песокъ не уплотняется отъ трамбованія и отъ него не измѣняется сѣвленія; но насыщеніе песка водою можетъ почти удвоить его сѣвленіе.

*Глина* уже въ рыхломъ состояніи имѣеть большее сѣвленіе чѣмъ растительная земля и песокъ; съ насыщеніемъ же ея водою сѣвленіе въ ней возрастаетъ. Такъ, сѣвленіе глины насыщенной водою составляетъ около 1,25 пуд. на квадратный футъ, тогда какъ для сухой или нѣсколько сырой глины это сѣвленіе составляетъ отъ 0,25 до 0,45 пуд. на квадратный футъ. Еще въ большей степени возрастаетъ сѣвленіе глины отъ ея трамбованія, особенно если она при этомъ смачивается водою. Такъ напр., когда вѣсъ кубич. фута глины съ 2,38 пудовъ былъ доведенъ трамбованіемъ до 3,3 пудовъ, то сѣвленіе ея возросло до 5,3 пудовъ на квадратный футъ.

Но хотя сѣвленіе земли и уменьшаетъ давленіе ея на подпорную стѣну, но такъ какъ это сѣвленіе мѣняется отъ большаго или меньшаго уплотнѣнія нѣкоторыхъ земель, отъ ихъ сухости или сырости, отъ промерзанія и оттаиванія, т.-е., отъ обстоятельствъ которыя могутъ измѣняться отъ времени года, состоянія погоды и т. п., то обыкновенно этого сѣвленія не принимаютъ въ расчетъ при исчисленіи величины горизонтальнаго давленія земли на стѣну. Отъ этого конечно толщина стѣны, по исчисленію, должна быть нѣсколько болѣе, но за то благонадежнѣе.

Такимъ образомъ изъ всего предыдущаго мы заключаемъ, что стѣна поддерживающая присыпанную къ ней землю должна быть въ состояніи преодолѣть горизонтальное давленіе треугольной земляной призмы, которая стремится обрушиться вслѣдствіе своей тяжести и сыпучаго свойства. Что плоскость, или вообще поверхность обрушенія призмы, составляетъ съ горизонтомъ тѣмъ меньшій уголъ, чѣмъ частицы земли болѣе рыхлы, обладаютъ меньшимъ сѣвленіемъ или болѣе жидки, какъ это бываетъ во время оттаиванія земли послѣ промерзанія. Такъ для воды уголъ этотъ наименьшій и составляетъ  $45^\circ$ . Уголъ этотъ болѣе для обыкновенныхъ растительныхъ земель, чѣмъ для тѣхъ же земель смѣшанныхъ съ гравіемъ и для этихъ послѣднихъ болѣе чѣмъ для песка. Что этотъ уголъ еще болѣе для всѣхъ земель, кромѣ песка, при сильномъ трамбованіи каждаго пласта земли во время ея насыпкн. Что вообще горизонтальное давленіе земли на стѣну уменьшается вслѣдствіе большаго сѣвленія между частицами земли и большаго тренія земляной призмы о плоскость обрушенія. Изъ опытовъ, на которые ссылается инженеръ *Бернисъ*<sup>1)</sup>, оказалось, что треніе въ растительныхъ земляхъ уменьшаетъ горизонтальное давленіе на половину, а въ пескахъ

<sup>1)</sup> Эти непосредственные опыты были произведены въ Александріи въ 1805 году и въ Жюльерѣ (Juliers) въ 1806 и 1807 г.г. Они приведены въ сочиненіи Майниеля (Mauniel) напечатанномъ въ 1808 году.

на  $\frac{1}{10}$ ; а сѣвление, вслѣдствіе хорошаго трамбованія каждаго насыпаемаго пласта растительныхъ земель, уменьшаетъ горизонтальное давленіе больше чѣмъ на двѣ трети.

Выше мы вывели величину горизонтальнаго давленія воды на вертикальную подпорную стѣну, изъ общей формулы  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$  для горизонтальнаго давленія сыпучихъ тѣлъ вообще; эта величина для горизонтальнаго давленія воды есть  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , если  $h$  есть глубина воды у опорной стѣны и  $\Delta$  есть вѣсъ кубич. фута воды. Но мы можемъ опредѣлить эту величину давленія воды независимо отъ формулы  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$ . Черт. XXIII.

Дѣйствительно, если  $ab$  есть вертикальная грань стѣны обращенная къ водѣ, глубина слоя который у стѣны  $ab = h$ ; и если будемъ опредѣлять давленіе на длинѣ одного погоннаго фута стѣны, то изъ закона давленія жидкостей мы уже знаемъ, что давленіе на какую нибудь полосу стѣны  $mn$ , длиною въ 1 футъ и шириною очень малой величины  $mn$ , будетъ равно вѣсу водяной призмы  $mnrq$ , у которой основаніемъ будетъ эта полоса стѣны шириною  $mn$  и длиною въ 1 футъ и высотой будетъ длина линіи  $os = ob$ ; причѣмъ давленіе это будетъ всегда направлено нормально, или перпендикулярно къ  $ab$ . Точно также на какую нибудь часть стѣны  $m'n'$  давленіе будетъ равно вѣсу водяной призмы  $m'n'p'q'$ , у которой площадь основанія шириною равна  $m'n'$  а длиною равна одному футу; высота же ея  $o's'$  равна  $o'b$ . То же самое найдемъ для полосы  $n''m''$  и вообще для всѣхъ чрезвычайно узкихъ горизонтальныхъ полосъ, на которыя мы раздѣлили бы всю высоту стѣны  $ab$ . Итакъ какъ линіи  $os, o's', o''s'' \dots$  и т. д. горизонтальны и параллельны между собою и притомъ  $os = bo, o's' = bo', o''s'' = bo''$  и т. д. то если соединимъ точки  $ss's''$  линією, то эта линія будетъ прямая  $bc$  и при томъ  $ac = ab = h$ . Водяная же призма, у которой основаніемъ будетъ треугольникъ  $abc$  и высотой 1 футъ, выразитъ своимъ вѣсомъ полное горизонтальное давленіе на стѣну  $ab$  разсматриваемую на протяженіи одного фута. Объемъ призмы  $abc$  равенъ  $\frac{ab \cdot ac}{2} = \frac{h \cdot h}{2} = \frac{h^2}{2}$ ; и если  $\Delta$  есть вѣсъ кубич. фута воды, то величина горизонтальнаго давленія воды на опорную плоскость  $ab$  будетъ  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , т. е. какую мы нашли и выше. Черт. XXIII.

Графически это горизонтальное давленіе воды на вертикальную стѣну  $ab$  опредѣляется проведеніемъ линіи  $oc$  раздѣляющей анг. 436. прямой уголъ  $bac$  по-поламъ, или подъ угломъ въ  $45^\circ$  къ горизонту  $ac$ . Здѣсь  $ac = bc = h$ . И вѣсъ водяной призмы, у которой основаніе составляетъ заштрихованный треугольникъ  $abc$ , равенъ горизонтальному давленію воды на стѣну  $ab$ . Если опорная плоскость  $a'b'$  наклонена къ вертикальной линіи  $a'd'$  подъ угломъ  $\gamma$ , то горизонтальное на нее давленіе воды, которой глубина  $h$ , выразится чрезъ  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2 \cos^2 \gamma}$ . анг. 347. Графически же это давленіе выразилось бы вѣсомъ водяной призмы, у которой основаніе составляетъ заштрихованный треугольникъ  $a'b'e'$  и гдѣ линія  $a'e'$  раздѣляетъ уголъ  $b'a'c'$  по-поламъ.

•илг. 348.

Если бы опорная плоскость  $a''b''$  была наклонена влѣво отъ вертикальной  $a'd''$  на уголъ  $\gamma$ , который въ этомъ случаѣ будетъ  $(-\gamma)$  и такъ какъ  $\cos(+\gamma) = \cos(-\gamma)$ , то та же формула  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2 \cos \gamma}$  будетъ выражать горизонтальное давленіе воды на опорную плоскость  $a''b''$ . Графически же это давленіе выразится вѣсомъ призмы, у которой основаніе будетъ заштрихованный треугольникъ  $a''b''e''$  и гдѣ линия  $a''e''$  дѣлитъ уголъ  $b''a''c''$  пополамъ.

Опредѣленіе величины горизонтальнаго давленія воды, когда опорная плоскость  $a'b'$  наклонена къ водѣ, можетъ встрѣтиться при опредѣленіи давленія на наклонныя заставки, или щиты пропускающія воду изъ руслъ на гидравлическія колеса; второй же случай, когда опорная плоскость  $a''b''$  отклонена отъ воды, будетъ относиться къ опредѣленію горизонтальнаго давленія воды на откосы земляныхъ плотинъ и на отдели у ставовъ обращенные къ водѣ.

Черт. XXIII.

•илг. 349.

Теперь, когда мы знаемъ какимъ образомъ опредѣляется величина горизонтальнаго давленія воды или земли, намъ необходимо еще знать мѣсто, или точку приложенія этого давленія по высотѣ подпорной стѣны, чтобы имѣть возможность противопоставить этому давленію извѣстное сопротивленіе. Теорія показываетъ, что точка приложенія этого давленія находится въ точкѣ  $c$ , лежащей на *одной трети* высоты стѣны  $ab = h$ , считая отъ точки  $a$  основанія стѣны, или на *двухъ третяхъ* этой высоты, считая отъ верха насыпи, или горизонта воды  $b^1$ ). Условіе это одинаково примѣнимо, будетъ ли опорная плоскость  $ab$  вертикальна, или наклонна въ ту или другую сторону отъ вертикальной.

До сихъ поръ мы рассматривали тотъ случай, когда стѣны устраиваются для того чтобы препятствовать землѣ, какъ сыпучему тѣлу, спуститься внизъ. Горизонтальное давленіе обнаруживаемое при этомъ землею на стѣну, называется *напоромъ земли*. Если же напротивъ, какая либо сила, или давленіе, стремится сдвинуть стѣну съ своего мѣста къ сторонѣ находящейся за нею земляной насыпи и такимъ образомъ сдвинуть вверхъ нѣкоторую часть земляной насыпи упирающейся въ стѣну по какой либо наклонной плоскости, то сопротивленіе оказываемое землею при ея сдвиганіи вверхъ, называется *отпоромъ земли*.

Черт. XXIV.

•илг. 350.

Такъ напр., если бы на поверхность  $cd$  стѣны  $abcd$  происходило горизонтальное давленіе воды или земли равное  $P$ , и если бы стѣна, вслѣдствіе этого давленія, могла скользить по своему основанію  $pq$ , то часть  $ame$  присыпанной къ ней земли, съ противоположной стороны, могла бы быть сдвинута вверхъ по нѣкоторой наклонной плоскости  $ae$  и при этомъ оказала бы сопротивленіе этому движенію равное  $P'$ . Сила  $P$  будетъ въ этомъ случаѣ напоромъ воды или земли, а сила  $P'$  будетъ отпоромъ земли.

•илг. 351.

Такъ какъ треніе между частицами земли, есть сила сопротивляющаяся движенію призмы  $bae$  по какому бы то ни было направленію, то оно помогаетъ той силѣ, которая удерживаетъ землю отъ скользенія

<sup>1)</sup> См. прилож. XXVIII.

внизъ по плоскости обрушенія  $ae$ , и на оборотъ, сопротивляется силѣ, которая стремилась бы сдвинуть массу земли  $abe$  вверхъ по плоскости обрушенія  $ae$ . Отсюда уже видно, что напоръ земли будетъ всегда меньшая сила, а отпоръ земли—большая сила, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ.

Если уголъ  $cad = \rho$ , есть уголъ естественнаго откоса съ горизонтомъ, или уголъ тренія, а уголъ  $ead = \varphi$ , есть уголъ плоскости обрушенія съ горизонтомъ и уголъ  $bac = \alpha$ , то мы видѣли, что величина напора выражается формулою:

$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$ . Но если бы мы захотѣли выразить эту величину въ

зависимости отъ угла тренія  $\rho$ , то для величины напора получили бы формулу:  $P = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2$ ,

а для величины отпора формулу:  $P' = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ tg \left( 45^\circ + \frac{\rho}{2} \right) \right]^2$  1).

Напримѣръ, если бы сыпучее тѣло было рожь, для которой  $\Delta = 3$  пуд. и уголъ тренія  $\rho = 38^\circ$  и которая была бы засыпана за стѣной слоемъ высотой въ 6 футовъ, то она произвела бы на каждый погонный футъ вертикальной поддерживающей стѣны напоръ  $P = \frac{3 \cdot 6^2}{2} \left[ tg \left( 45^\circ - 19^\circ \right) \right]^2 = \frac{3 \cdot 36}{2} \cdot tg \left( 26^\circ \right)^2 = 54 \cdot (0,49)^2 = 54 \cdot 0,24 = 12,96$  пуд. Напротивъ, если бы требовалось вертикальною стѣною сдвинуть часть массы ржи, той же высоты, вверхъ, то представился бы отпоръ  $P' = \frac{3 \cdot 6^2}{2} \cdot \left[ tg \left( 45^\circ + 19^\circ \right) \right]^2 = 54 \cdot tg \left( 64^\circ \right)^2 = 54 \cdot (2,1)^2 = 54 \cdot 4,41 = 238,14$  пудовъ.

Опредѣленіе величины напора воды, земли и другихъ сыпучихъ тѣлъ, а также величины отпора земли, имѣютъ большое примѣненіе въ практикѣ различнаго рода сооруженій, какъ напр. плотинъ, набережныхъ, мостовъ, магазиновъ для храненія различнаго рода сыпучихъ тѣлъ; наконецъ при заложеніи фундаментовъ, или основаній подъ какое либо сооруженіе. Часто случается, что зданіе даетъ трещину отъ весьма небольшого движенія фундамента, вслѣдствіе слабости грунта и недостаточной величины отпора земли.

Напримѣръ, если грунтъ, на которомъ возводится каменная стѣна или каменная плотина, глинистый, или пропитанъ водою, то скользеніе стѣны по ея основанію можетъ легко случиться, потому что коэффициентъ тренія  $f$  между стѣною и грунтомъ земли не болѣе 0,3. Въ этомъ случаѣ, для увеличенія сопротивленія скользенію стѣны по ея основанію  $AD$ , опускаютъ это основаніе въ грунтъ. Тогда напору земли на грань  $AB$  стѣны, противоудѣствуетъ, не только треніе стѣны по основанію  $AD$ , но и отпоръ призмы земли  $KDH$ , дѣйствующій на грань  $DH$ .

Черт. XXIV.  
•нг. 352.

Если означимъ черезъ  $G$  вѣсъ всей стѣны  $ABCD$  на погонной длинѣ одного фута, чрезъ  $h$  высоту земли съ внутренней стороны  $AB$ ; чрезъ  $h_1$  высоту земли съ внѣшней стороны  $DH$ ; чрезъ  $\rho$  и  $\Delta$  уголъ тренія и вѣсъ кубическаго фута земли прилежащей къ сторонѣ  $AB$ ; и

1 Смотри прилож. XXIX.

через  $\rho_1$ , и  $\Delta_1$ —уголь тренія и вѣсь кубич. фута земли со стороны  $DH$  стѣны, и через  $f$  коэффициентъ тренія основанія стѣны  $AD$  о грунтъ, то чтобы было только равновѣсіе и стѣна не скользила бы по грунту, нужно чтобы было:

$f \cdot G + \frac{\Delta_1 \cdot h_1^2}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\rho_1}{2} \right) \right]^2 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2$ , отсюда получимъ глубину  $h_1$ , на которую должно опустить основаніе стѣны  $HD$  въ землю:

$$h_1 = \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho_1}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot h^2 \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 - 2fG}{\Delta_1}}. \text{ Но какъ всякое}$$

сооруженіе должно обладать прочностью на продолжительное время, между тѣмъ какъ настоящее равенство относится только къ мгновенному равновѣсію давленій съ той и другой стороны, то для увѣренности въ продолжительной устойчивости стѣны, на основаніи опытовъ, вводятъ обыкновенно *коэффициентъ устойчивости* въ выраженіе для  $h_1$ , принимая въ этихъ случаяхъ величину этого коэффициента въ 1,4; и тогда величина для  $h_1$  будетъ:

$$h_1 = 1,4 \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho_1}{2} \right) \sqrt{\frac{\Delta \cdot h^2 \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 - 2f \cdot G}{\Delta_1}}.$$

Если бы со стороны  $AB$  была не земля, а вода, и мы желали бы опредѣлить: на какую глубину должно опустить въ землю основаніе кирпичной стѣны, шириною въ 8 футовъ, за которой глубина воды равна высотѣ стѣны и равна 13 футамъ, то для настоящаго случая  $\rho = 0$ ,  $\Delta = 1,73$  пуд.,  $\rho_1 = 30^\circ$ ,  $\Delta_1 = 2,77$  пуд.,  $h = 13$  футамъ,  $f = 0,3$ ; вѣсь кубическаго фута кирпичной кладки = 2,75 пудамъ, слѣдовательно  $G = 8 \cdot 13 \cdot 2,75 = 286$  пудовъ и слѣдовательно:

$$h_1 = 1,4 \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ - 15^\circ \right) \sqrt{\frac{13^2 \cdot 1,73 - 2 \cdot 0,3}{2,77}} = 1,4 \cdot 0,577 \cdot 6,6 = 5,33 \text{ фу-}$$

тамъ. Вотъ слѣдовательно глубина  $DH$ , на которую слѣдуетъ опустить основаніе стѣны въ грунтъ и при которой стѣна не можетъ скользить.

#### 42. Способы опредѣленія размѣровъ сооруженія, въ зависимости отъ давленія воды или земли.

1) Если землю подпираетъ каменная или кирпичная стѣна, то напоръ земли можетъ эту стѣну *сдвинуть* или *опрокинуть*. Такъ какъ стѣна чаще состоитъ изъ горизонтальныхъ слоевъ притесанныхъ камней или кирпичей, положенныхъ на растворъ и слой на слой, то можемъ допустить, что если стѣна уступаетъ давленію, или не выдерживаетъ напора земли, то разрушеніе ея произойдетъ не иначе какъ черезъ образованіе горизонтальной трещины  $ML$ , и что отдѣлившаяся часть  $CL$ , или сдвинется по плоскости произшедшей трещины, или повернется около ребра  $M$ . Чтобы при опредѣленіи размѣровъ стѣны имѣть большую увѣренность въ ея прочности, не будемъ принимать въ соображеніе сѣвленія раствора въ швахъ между камнями или кирпичамъ, а будемъ принимать въ расчетъ лишь одно треніе между раздѣлившимся частями стѣны. Вѣсь отдѣлившейся части, означаемый черезъ  $G$ , и горизонтальное давленіе  $P$  земли, даютъ равнодѣйствующую  $R = KR$ ; отъ

величины и направления этой равнодѣйствующей зависятъ возможность разрушенія стѣны, или скользеніемъ по плоскости  $ML$ , или вращеніемъ около ребра  $M$ . Если уголъ  $RKG$ , на который равнодѣйствующая  $R$  отклоняется отъ нормали къ поверхности  $ML$  откола, будетъ менѣе угла тренія  $\rho$ , между матеріалами стѣны, то скользеніе по этой поверхности не произойдетъ (см. приложенія XXVI и XXVII). Также не произойдетъ и вращенія отдѣлившейся части около ребра  $M$ , если направление равнодѣйствующей  $R$  пересѣчетъ поверхность откола между точками  $M$  и  $L$  (см. приложение XXIII). На дѣлѣ чаще случается, что скорѣе можетъ произойти вращеніе стѣны, чѣмъ скользеніе; поэтому при устройствѣ подпорныхъ стѣнъ главнымъ образомъ слѣдуетъ обращать вниманіе на предупрежденіе вращенія стѣны, тѣмъ болѣе, что возможность вращенія около верхняго ребра  $M$  увеличивается отъ сосредоточиванія давленія около этого ребра и, вслѣдствіе того, его раздробленія, отчего ребро вращенія приближается отъ  $M$  къ  $n$ , т.-е. еще ближе къ направленію равнодѣйствующей  $R$ .

Если вообразимъ рядъ горизонтальныхъ плоскостей откола  $ML$ ,  $M'L'$ , лежащихъ одна ниже другой и построимъ послѣдовательно точки пересѣченія этихъ плоскостей съ соответствующими равнодѣйствующими  $R$ , то соединивъ эти точки кривою линіею, получимъ, такъ называемую, *линію сопротивленія*. Изъ вышеописаннаго способа построенія этой линіи видно, что стѣна тогда лишь можетъ опрокинуться, когда линія сопротивленія выйдетъ изъ предѣловъ профиля стѣны  $ABCD$ . Черт. XXIV.  
стр. 354.

Линію сопротивленія  $O, O', O''$  стѣны  $ABCD$ , отыскиваютъ слѣдующимъ образомъ. Разбивъ стѣну горизонтальными плоскостями  $ML$ ,  $M'L'$ , ... на части, отыскиваютъ центры тяжести  $S, S', S''$  ... этихъ частей. Затѣмъ вычисляютъ вѣсъ этихъ частей стѣны. Означивъ вѣсъ частей чрезъ  $g, g', g''$ , ... и составляя вѣсъ  $g$  части  $BCML$  съ силой  $P$  помощію параллелограмма силъ, получаемъ равнодѣйствующую  $KR = R$ , направленіе которой пересѣчетъ плоскость  $LM$  въ точкѣ  $O$ , принадлежащей линіи сопротивленія. Затѣмъ переносимъ точку приложенія  $K$  въ точку  $K'$  на вертикальную линію проходящую чрезъ центръ тяжести  $S'$  второй части  $MLM'L'$  стѣны и строимъ равнодѣйствующую  $K'R' = R'$  силы  $P$  и суммы вѣсовъ  $G + G'$  частей  $CL$  и  $ML'$ . Эта равнодѣйствующая  $K'R'$  пересѣчетъ плоскость  $L'M'$  въ точкѣ  $O'$ , которая также будетъ принадлежать линіи сопротивленія. Далѣе переносимъ точку приложенія  $K'$  въ  $K''$ , гдѣ послѣдняя равнодѣйствующая  $K'R'$  пересѣкаетъ вертикальное направленіе вѣса  $G''$  части  $AL'M'D$  и строимъ равнодѣйствующую  $K''R'' = R''$  силы  $P$  и вѣса  $G + G' + G''$ . Точка  $O''$ , пересѣченія этой равнодѣйствующей съ основаніемъ  $AD$ , будетъ также принадлежать линіи сопротивленія  $OO'O''$  и т. д.

Причемъ построеніе будетъ совершаться одинаково, будетъ ли направленіе давленія  $P$  на стѣну направлено горизонтально или подъ какимъ либо угломъ къ горизонту.

Если бы профиль стѣны былъ прямоугольникъ, то теорія указы-

ваетъ, что кривая линия сопротивленія выразилась бы уравненіемъ параболы <sup>1)</sup>:

$$y = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \left[ tg \cdot \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 \cdot x^2, \text{ въ которомъ, для каждаго откола}$$

Черт. XXIV. стѣны *LM*, *y* есть разстояніе *mn*. точки *n* кривой сопротивленія, отъ  
 фиг. 355. середины *m* стѣны въ этомъ отколѣ, а *x* есть разстояніе *mp*, плоскости откола *ML* отъ верхней грани стѣны, или высота откола;  $\Delta_1$  — есть вѣсь кубическаго фута каменной кладки стѣны, а  $\Delta$  есть вѣсь кубическаго фута земли производящей напоръ на стѣну и  $\rho$  уголъ тренія этой земли.

Давая въ этомъ уравненіи для *x* различныя величины, или, что все равно, разсѣкая профиль стѣны горизонтальными линіями на разныхъ высотахъ, мы получимъ *y*, т.-е. разстояніе линіи сопротивленія отъ середины стѣны для этого сѣченія.

Такимъ образомъ, если бы мы желали узнать, какъ велика должна быть толщина стѣны въ плоскости откола *ML* на высотѣ  $h = BM$  отъ верхняго гребня *BC* стѣны, то вставивъ вмѣсто *x* величину *h* и вмѣсто  $y - \frac{1}{2} b$ , т.-е. половину толщины стѣны въ отколѣ *ML*, то получили бы:

$$\frac{1}{2} b = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \left[ tg \cdot \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 \cdot h^2 \text{ или:}$$

$$b^2 = \frac{2}{6} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \left[ tg \cdot \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 h^2 \text{ или } b = h \cdot tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}},$$

а такъ какъ  $tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) = tg \frac{1}{2} \alpha$ , то

$b = h \cdot tg \cdot \frac{1}{2} \alpha \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$ . Это и была бы величина для толщины стѣны въ отколѣ *ML*, при которой не можетъ произойти вращенія части *MLBC* стѣны около ребра *M*, вслѣдствіе давленія земли на высотѣ *h*.

Мы найдемъ это же самое выраженіе для толщины стѣны изъ  
 Черт. XXIV. слѣдующихъ соображеній. Предположимъ что центръ тяжести части  
 фиг. 356. *MLBC* стѣны прямоугольнаго профиля будетъ въ точкѣ *S* и вѣсь этой части стѣны будетъ *g*. Вертикальная линія *Sg*, представляющая направленіе дѣйствія силы тяжести *g* стѣны, раздѣлитъ линію *LM* въ точкѣ *m* по-поламъ. Величину горизонтальнаго напора земли, при высотѣ насыпи *h*, означивъ чрезъ *P*, мы знаемъ, что точка приложенія *K* силы *P*, будетъ находится отъ плоскости *ML* на разстояніи  $mk = Mo = \frac{1}{3} h$ . Для того, чтобы часть *MLBC* стѣны не могла вращаться около ребра *M*, необходимо, чтобы статическіе моменты силъ *P* и *g* относительно ребра вращенія были бы по крайней мѣрѣ равны между собою. а для большей устойчивости, чтобы моментъ силы *g* былъ болѣе момента силы *P*. Означивъ искомую ширину стѣны *ML* чрезъ *x* будетъ  $Mm = \frac{x}{2}$ , и моментъ силы *g* относительно ребра *M* будетъ  $g \cdot \frac{x}{2}$ ; моментъ же силы *P* относительно этого ребра, будетъ  $P \cdot Mo = P \cdot \frac{h}{3}$ . Поэтому въ случаѣ равновѣсія нужно чтобы:

1) См. прилож. XXX.



$g \cdot \frac{x}{2} = P \cdot \frac{h}{3}$ , откуда  $x = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \frac{P}{g}$ . Означая вѣсь кубическаго фута земли производящей напоръ чрезъ  $\Delta$ , уголъ тренія этой земли чрезъ  $\rho$  и уголъ дополненія этого угла до прямаго чрезъ  $\alpha$  и наконецъ вѣсь кубическаго фута каменной кладки стѣны чрезъ  $\Delta_1$ , вѣсь части стѣны  $MLBC$ , или  $g$ , будетъ:  $g = x \cdot h \cdot \Delta_1$ ; горизонтальное же давленіе земли:  $P = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \left[ \text{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot (\text{tg } \frac{1}{2} \alpha)^2$ . Вставивъ въ выраженіе  $x = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \frac{P}{g}$  эти величины для  $P$  и  $g$  получимъ:

$$x = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \frac{\Delta \cdot h^2}{2 \cdot x} \cdot \frac{\text{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha}{\Delta_1 \cdot h}; \text{ откуда:}$$

$$x^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot h^2 \cdot \text{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha, \text{ или } x = h \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}, \text{ или}$$

$$x = h \cdot \text{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}.$$

То есть тѣ же самыя формулы, которыя мы привели и выше<sup>1)</sup>. Но очевидно, что толщина стѣны  $x$  получаемая изъ этихъ формулъ, соответствуетъ только равновѣсію; при малѣйшемъ увеличеніи давленія  $P$ , стѣна уже будетъ вращаться около ребра  $M$ . Въ практикѣ же необходимо получить *устойчивое* равновѣсіе и слѣдовательно увеличивать эту толщину противъ найденной, изъ вышеприведенныхъ формулъ. Чтобы опредѣлить мѣру этого необходимаго увеличенія толщины стѣны, посредствомъ параллелограмма силъ  $P$  и  $g$ , найдемъ ихъ равнодѣйствующую  $R$ , которой направленіе  $KR$  пересѣчетъ плоскость откола  $LM$  въ точкѣ  $n$ , а уголъ, составляемый этимъ направленіемъ съ вертикальной  $Km$ , или нормальной къ плоскости  $LM$ , назовемъ  $\varphi$ . Тогда будетъ:  $P = R \sin \varphi$  и  $g = R \cos \varphi$ ; а какъ для устойчиваго равновѣсія должно быть  $g \cdot \frac{x}{2}$  больше  $P \cdot \frac{1}{3} \cdot h$  или  $R \cdot \cos \varphi \cdot \frac{x}{2}$  больше  $R \sin \varphi \cdot \frac{1}{3} \cdot h$ , откуда:

$\frac{x}{2}$  должно быть больше  $\frac{1}{3} h \cdot \text{tg } \varphi$ . Но такъ какъ  $\frac{1}{3} \cdot h \cdot \text{tg } \varphi$  есть линія  $mn$ , то слѣдовательно для устойчиваго равновѣсія необходимо, чтобы  $\frac{x}{2}$  была бы больше  $mn$ . Точка же  $n$  есть точка пересѣченія направленія равнодѣйствующей  $R$  съ плоскостью откола  $LM$ , и слѣдовательно есть точка, принадлежащая къ линіи сопротивленія. А потому для устойчиваго равновѣсія необходимо, чтобы точка  $n$  линіи сопротивленія, пересѣкала плоскость откола между точками  $M$  и  $m$ , и не выходила бы изъ профиля стѣны.

Изъ многочисленной практики, при устройствѣ крѣпостныхъ подпорныхъ стѣнъ, маршалъ *Вобанъ* нашель, что стѣна въ практикѣ будетъ устойчива, если линія сопротивленія пересѣчетъ плоскость откола въ точкѣ  $n$ , отстоящей на  $\frac{4}{9}$  разстоянія длины  $mM$ , считая отъ  $m$  къ  $M$ , или что  $mn = \frac{4}{9} Mm$ . Нѣкоторые новѣйшіе строители полагаютъ устойчивость достаточною, если  $mn = \frac{3}{4} Mm$ <sup>2)</sup>.

1) См. прилож. XXXI, XXXII и XXXIII.

2)  $\frac{9}{4} = 2,25$ . Обыкновенно принимаются коэффициенты устойчивости отъ 1,8 до 2; по Иесселе въ 1,912.  $\frac{9}{5} = 1,8$ . Это коэффициенты для подпорныхъ стѣнъ поддерж. бруствера и кавальеры.

Обратную величину  $\frac{4}{9}$ , т.-е.  $\frac{9}{4}$ , Понселе назвалъ коэффициентомъ устойчивости подпорныхъ стѣнъ; этотъ коэффициентъ  $\frac{9}{4}$  нужно ввести въ формулу для опредѣленія толщины стѣны, чтобы быть увѣреннымъ на практикѣ въ устойчивости стѣны относительно вращения ея около наружнаго ребра, и слѣдовательно на мѣсто  $y$  вставлятъ  $\frac{b}{2\delta}$ , гдѣ  $\delta = \frac{9}{4}$  1).

Черт. XXIV.

«нг. 356.

Но вслѣдствіе давленія земли на подпорную стѣну, эта стѣна не только можетъ разрушиться вращеніемъ около внѣшняго ребра  $M$  или  $D$ , но можетъ сдвинуться, скользя по трещинѣ  $ML$  или по основанію  $AD$ . Поэтому стѣна должна имѣть нѣкоторую толщину  $b$ , при которой вѣсъ ея былъ бы достаточно великъ, чтобы треніе камня о камень въ трещинѣ  $ML$  стѣны или треніе каменной, или кирпичной стѣны о грунтъ основанія  $AD$ , не дозволило бы ей сдвинуться съ мѣста и имѣть во всѣхъ горизонтальныхъ сѣченіяхъ устойчивое положеніе относительно скользенія.

Теорія указываетъ, что если уголь  $\varphi$ , составляемый направленіемъ равнодѣйствующей  $R$  съ линіей  $Km$ , нормальной къ плоскости  $ML$ , будетъ менѣе угла тренія  $\rho$ , для матеріала изъ котораго сдѣлана стѣна или для этого матеріала и грунта основанія  $AD$ , то скользенія не произойдетъ (см. приложения XXVI и XXVII).

Для того же, чтобы опредѣлить въ горизонтальномъ сѣченіи  $LM$  толщину стѣны съ прямоугольнымъ профилемъ, при которой часть стѣны  $LBCM$  не скользила бы по плоскости  $LM$ , то опредѣлимъ сначала величину силы тренія, которая стремится препятствовать скользенію стѣны. Для этого нужно вѣсъ части стѣны  $LBCM$  равный  $b \cdot h \cdot \Delta_1$  умножить на коэффициентъ тренія  $f$  матеріала, изъ котораго сдѣлана стѣна (см. прилож. XIV къ первой части). Такимъ образомъ сила тренія, удерживающая стѣну отъ скользенія, будетъ  $f \cdot b \cdot h \cdot \Delta_1$ ; горизонтальное же давленіе земли на стѣну есть  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2$  или  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha$ . Поэтому для мгновеннаго равновѣсія нужно чтобы было:

$$f \cdot b \cdot h \cdot \Delta_1 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha;$$

$$\text{откуда } b = \frac{\Delta \cdot h}{\Delta_1 \cdot 2f} \cdot \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 = \frac{\Delta \cdot h}{\Delta_1 \cdot 2f} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha.$$

Толщина стѣны  $b$ , опредѣляемая по этой формулѣ для каждой высоты  $h$ , или для каждаго горизонтальнаго сѣченія, соответствуетъ лишь мгновенному равновѣсію; при малѣйшемъ увеличеніи напора земли, отъ какихъ бы то ни было обстоятельствъ, можетъ послѣдовать скользеніе стѣны.

А потому въ практикѣ, для устойчиваго равновѣсія отъ скользенія, обыкновенно принимаютъ коэффициентъ устойчивости равный 2; т.-е. найденную по формулѣ толщину стѣны обыкновенно удваиваютъ.

1) См. прилож. XXX ко второй части.

Очевидно, что для толщины стѣны, найденной изъ формулъ для устойчивости противъ вращенія и противъ скольженія, берутъ ту изъ нихъ, которая оказывается болѣе. Эта толщина, какъ видимъ, зависитъ, кромѣ высоты стѣны  $h$ , еще отъ величинъ  $\Delta$ ,  $\Delta_1$ ,  $f$  и  $\rho$ . Поэтому займемся теперь численнымъ опредѣленіемъ этихъ величинъ.

Что касается  $\Delta$ , или вѣса кубическаго фута земли, то кромѣ вышеприведенной таблицы, приведемъ еще слѣдующую, болѣе подробную:

Удѣльный вѣсъ и вѣсъ кубическаго фута въ пудахъ различныхъ земель и грунтовъ.

Р О Д Ъ З Е М Л И.	Удѣльный вѣсъ.	Вѣсъ кубич. фута въ пудахъ.
	отъ — до	отъ — до
Глина фарфоровая, лѣпная, валяльная . .	1,80 — 2,63	3,11 — 4,55
Глина обыкновенная . . . . .	1,52 — 2,85	2,63 — 4,93
Глинистая земля . . . . .	1,50 — 1,90	2,60 — 3,28
Глинистая земля смѣшанная съ камешками.	2,29	3,96
Гравій . . . . .	1,37 — 1,49	2,37 — 2,58
Гравистая земля . . . . .	1,40	2,42
Иль . . . . .	1,64	2,83
Мергель . . . . .	1,57 — 1,64	2,71 — 2,83
Обыкновенная земля . . . . .	1,36 — 2,40	2,35 — 4,15
Песокъ мелкій и сухой . . . . .	1,40 — 1,64	2,42 — 2,83
Песокъ мелкій и влажный . . . . .	1,90 — 1,95	3,28 — 3,37
Песокъ крупный . . . . .	1,37 — 1,49	2,37 — 2,58
Песокъ землистый . . . . .	1,70	2,94
Растительная земля . . . . .	1,21 — 1,40	2,09 — 2,42
Черноземъ . . . . .	0,83 — 0,86	1,43 — 1,49
Торфъ сухой . . . . .	0,51	0,88
Торфъ влажный . . . . .	0,79	1,37

Что касается до  $\Delta_1$ , т.-е. вѣса одного кубич. фута въ пудахъ различнаго рода каменной кладки, то относящіяся сюда цифры представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Вѣсь одного кубическаго фута въ пудахъ различнаго рода каменной кладки.

Р О Д Ъ К Л А Д К И .	Вѣсь кубич. фута въ пудахъ. отъ — до
Изъ гранита и бута . . . . .	4,15 — 4,25
Изъ песчаника . . . . .	3,54 — 3,66
Изъ известняка . . . . .	2,94 — 3,98
Изъ камней на-сухо . . . . .	2,51
Изъ кирпича . . . . .	2,54 — 2,94

При этомъ замѣтимъ, что среднимъ числомъ вѣсь кубическаго фута земли относится къ вѣсу куб. фута каменной кладки, какъ 2 : 3, а потому обыкновенно принимаютъ  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ .

Плотно утрамбованная глина вѣситъ вдвое болѣе, чѣмъ вода; но напримѣръ въ земляныхъ плотинахъ, не все тѣло плотины насыщается изъ утрамбованной глины; глину преимущественно кладутъ въ ядро плотины или на откосъ обращенный къ водѣ и на засыпки около водоспусковъ; остальная же масса земляной насыпи плотины образуется изъ земли, какая случится подъ рукою въ близкомъ разстояніи отъ работы. А потому средняя плотность такой земли относительно воды, найденная изъ опытовъ, можетъ быть выражена числомъ  $1\frac{1}{2}$ . А потому вѣсь кубическаго фута воды относится къ вѣсу кубическаго фута земли средняго качества какъ 1 :  $1\frac{1}{2} = \frac{2}{3}$ . Или, если означимъ вѣсь кубическаго фута воды чрезъ  $\Delta_{II}$ , то  $\frac{\Delta_{II}}{\Delta} = \frac{2}{3}$ , а слѣдовательно  $\frac{\Delta_{II}}{\Delta_1} = \frac{4}{9}$ . А потому, если будетъ напоръ земли на каменную стѣну, то будемъ принимать среднимъ числомъ  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ ; если будетъ напоръ воды на каменную стѣну, то будемъ принимать среднимъ числомъ  $\frac{\Delta_{II}}{\Delta_1} = \frac{4}{9}$ ; наконецъ, если будетъ напоръ воды на земляную насыпь плотины, то будемъ принимать среднимъ числомъ  $\frac{\Delta_{II}}{\Delta} = \frac{2}{3}$  <sup>1)</sup>.

Въ прилож. XIV къ 1-й части, мы уже привели нѣсколько цифръ относящихся къ коэффициенту тренія  $f$ ; въ дополненіе приведемъ здѣсь

$$1) \sqrt{\frac{\Delta}{\Delta_1}} = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,816 \cdot \sqrt{\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{9}} = \frac{2}{3} = 0,667.$$

еще таблицу, какъ относительно этого коэффициента, такъ и относительно угла тренія  $\rho$ .

Коэффициентъ тренія и уголъ тренія.

Прикасающіяся поверхности.	Уголъ тренія $\rho$ .	$\frac{1}{2} \alpha$ .	Коэффициентъ трениа $f$ .	$\frac{1}{f}$
Земля по землѣ . . . . .	14° до 45°	38° до 22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,25 до 1,0	4 до 1
Земля по сухому песку и глинѣ.	21° — 37°	34 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° — 26 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,38 — 0,75	2,63 — 1,33
Земля по сырой глинѣ . . . .	45°	22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	1	1
Земля по мокрой глинѣ . . . .	17°	36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,31	3,23
Земля по гравію . . . . .	35° — 48°	27 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° — 21°	0,70 — 1,11	1,43 — 0,9
Камень по сухой глинѣ . . . .	27°	31 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,51	1,96
Камень по мокрой глинѣ . . . .	18 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> °	36°	0,33	3
Сухая каменная кладка по кирпичу . . . . .	31° — 35°	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° — 27 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,6 — 0,7	1,67 — 1,43
Каменная кладка по кирпичу на сыромъ растворѣ . . . . .	25 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	32 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> °	0,47	2,1
Каменная кладка по кирпичу на мокромъ растворѣ . . . . .	36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	26 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> °	0,74	1,35
Средняя величина . . . . .	31°	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	0,62	1,61

А потому, какъ замѣтили и прежде (см. прилож. XIV къ 1-й части), за среднюю величину для коэффициента  $f$ , въ настоящемъ случаѣ принимаютъ  $\frac{2}{3}$ , или  $f = \frac{2}{3}$ ; для величины же угла тренія  $\rho = 30^\circ$ , почему и  $\frac{1}{2} \alpha$ , т.е. половина его угла дополненія до прямого, будетъ также  $30^\circ$ . И такъ, будемъ принимать въ вычисленіяхъ при опредѣленіи размѣровъ подпорныхъ стѣнъ,  $f = \frac{2}{3}$ ,  $\rho = 30^\circ$  и  $\frac{1}{2} \alpha = 30^\circ$ , а изъ таблицы тригонометрическихъ линій, приведенной въ приложеніи XV къ 1-й части, видимъ, что:

$$\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\rho}{2}) = \operatorname{tg}(45^\circ - 15^\circ) = \operatorname{tg} 30^\circ = 0,58, \text{ а } \operatorname{tg}^2 30^\circ = 0,336.$$

Теперь, когда мы имѣемъ всѣ цифровыя данныя, то вводя сначала въ формулу для вращенія стѣны:

$y = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{b \cdot \Delta_1} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha \cdot x^2$ , коэффициентъ устойчивости  $\frac{9}{4} = \delta$ , мы должны сдѣлать  $y = \frac{b}{2 \cdot \delta}$ , или  $b = 2 \cdot \delta \cdot y$  и тогда получимъ:

$$b^2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha \cdot h^2 \text{ или } b = h \cdot tg \frac{1}{2} \alpha \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}} =$$

$$= h \cdot tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$$

$$\text{или } b = h \cdot 0,58 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 2}{3 \cdot 3}} = h \cdot 0,58 \cdot \sqrt{\frac{9}{12} \cdot \frac{2}{3}} = h \cdot 0,58 \sqrt{1/2}$$

$$\text{или } b = 0,4 \cdot h.$$

И такъ, чтобы подпорная каменная или кирпичная стѣна не могла, вслѣдствіе напора на нее земли, вращаться около наружнаго ребра и сохраняла при этомъ устойчивое равновѣсіе, нужно чтобы толщина ея составляла  $\frac{4}{10}$  высоты.

Равнымъ образомъ, вводя въ формулу:

$$b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f} \left[ tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha, \text{ выражающую толщину}$$

стѣны, при которой не можетъ произойти скользенія, численныя величины для  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ , для  $f = \frac{2}{3}$ , для  $tg^2 30^\circ = 0,336$  и вводя коэффициентъ устойчивости  $= 2$ , получимъ  $b = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0,336 = 0,34 \cdot h$ .

И такъ, чтобы подпорная каменная или кирпичная стѣна не могла, вслѣдствіе напора на нее земли, скользнуть по какому-либо шву или по своему основанію, нужно чтобы толщина ея была  $b = 0,34 \cdot h$ , или

Черт. XXIV.  
фиг. 357.

$$\text{составляла бы около } \frac{1}{3} \text{ ея высоты. Если бы земляная насыпь возвы-}$$

шалась за стѣною на нѣкоторую высоту  $h'$ , то въ первомъ случаѣ, для устойчиваго равновѣсія, нужно чтобы было:

$$b = 0,4 \cdot (h + h') \cdot \sqrt{\frac{h + h'}{h}}, \text{ а во второмъ: } b = 0,34 \cdot (h + h').$$

Для каменныхъ кладокъ средней плотности и для устойчиваго равновѣсія противъ вращенія стѣны, Понселе даетъ слѣдующую приближительную формулу:  $b = 0,285 \cdot h$  и  $b = 0,285 \cdot (h + h')$ . Если бы на стѣну, съ прямоугольнымъ профилемъ, производила напоръ не земля, а вода, тогда въ формулахъ для вращенія:  $b = h \cdot tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}} =$   
 $= h \cdot tg \frac{1}{2} \alpha \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$ , и для скользенія:  $b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f} \left[ tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 =$   
 $= \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$ , слѣдуетъ положить  $\rho = 0$  и тогда  $\frac{1}{2} \alpha = 45^\circ$ , а  $tg 45^\circ = 1$ , слѣдов. и  $tg^2 45^\circ = 1$ .

А потому для устойчивости стѣны противъ вращенія отъ давленія воды, толщина стѣны должна быть  $b = h \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$ ; и вставя для  $\delta = \frac{9}{4}$  и  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$  ихъ численныя величины, и извлекая квадратный корень, будетъ  $b = 0,707 \cdot h$ . А для устойчивости стѣны противъ скользенія отъ давленія воды, толщина стѣны должна быть  $b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f}$ , и

какъ  $f = \frac{2}{3}$  и  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$  и коэффициентъ устойчивости въ случаѣ скользенія = 2, то вставляя въ выраженіе  $b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f}$  эти численныя величины получимъ  $b = h$ , т.-е. что толщина стѣны должна быть равна ея высотѣ.

Замѣчая, что для устойчивости стѣны противъ вращенія около внѣшняго ея ребра мы нашли  $b = 0,4 \cdot h$ , а по Понселе  $b = 0,285 \cdot h$ , въ случаѣ давленія земли, и какъ средняя цифра  $\frac{0,4 + 0,285}{2} = 0,34$ , то мы можемъ вообще, приблизительно, принять для всѣхъ четырехъ случаевъ слѣдующія простыя цифры:

При давленіи земли на подпорную каменную стѣну, для ея устойчивости, какъ противъ вращенія, такъ и противъ скользенія, нужно чтобы толщина стѣны съ прямоугольнымъ профилемъ составляла  $\frac{1}{3}$  высоты стѣны. При давленіи же воды на подпорную каменную стѣну съ прямоугольнымъ профилемъ, для ея устойчивости противъ вращенія, нужно чтобы толщина стѣны составляла около  $\frac{3}{4}$  (0,71) высоты стѣны, а для ея устойчивости противъ скользенія, необходимо чтобы эта толщина была равна высотѣ стѣны. А такъ какъ изъ найденныхъ двухъ величинъ всегда принимается наибольшая, то общій выводъ сдѣлается еще короче: 1) *при напорѣ земли, толщина каменной подпорной стѣны съ прямоугольнымъ профилемъ должна быть не меньше  $\frac{1}{3}$  высоты стѣны*, и 2) *при напорѣ воды, толщина каменной подпорной стѣны, съ прямоугольнымъ профилемъ, должна быть равна высотѣ стѣны*.

Но эти цифры для толщины каменныхъ подпорныхъ стѣнъ выведены нами какъ примѣры вычисленія и приложенія формулъ для земель средняго качества и для каменной кладки средняго вѣса; для земель же спеціальнаго свойства и для каменной кладки изъ матеріаловъ опредѣленнаго качества, слѣдуетъ заимствовать величины для  $\Delta$ ,  $\Delta_1$ ,  $f$  и  $\rho$  изъ приведенныхъ выше таблицъ, и вставлять въ формулы соотвѣтственныя имъ цифры и отношенія, сохраняя лишь для коэффициентовъ устойчивости тѣ же самыя величины. Поэтому и для толщины подпорныхъ стѣнъ, въ зависимости отъ ихъ высоты, могутъ получиться въ различныхъ случаяхъ иныя цифры.

Такимъ образомъ инженеръ Борнисъ приводитъ таблицу, заимствованную имъ изъ сочиненія Майниеля (Mayniel<sup>1)</sup>, для толщинъ подпорныхъ стѣнъ различныхъ кладокъ съ прямоугольнымъ профилемъ, выраженныхъ въ частяхъ высоты этихъ стѣнъ принятыхъ за единицу, на основаніи теоріи и опытовъ.

Цифры показанныя въ этой таблицѣ выведены при предположеніи, что насыпанная за стѣною земля хорошо утрамбована въ каждомъ послѣдовательномъ слое:

1) Mayniel. Traité experimentale de la poussée des terres. 1880.

Толщины подпорныхъ каменныхъ стѣнъ, выраженные въ высотѣ стѣнъ принятыхъ за единицу.

Родъ и состояніе земли производящей напоръ.		Родъ каменной кладки.			
		Тесаннаго камня.	Кирпичная.	Изъ камня не правильной формы.	Изъ булыжника.
		Вѣсь кубич. фута 4,65 п.	Вѣсь кубич. фута 3 п.	Вѣсь кубич. фута 3,7 п.	Вѣсь кубич. фута 4,05 п.
		Толщина стѣны составляетъ слѣдующую часть высоты.			
1.	Обыкновенная растительная земля . . . . .	0,13	0,16	0,15	0,14
2.	Земля смѣшанная съ крупнымъ гравіемъ . . . . .	0,16	0,19	0,18	0,17
3.	Пески . . . . .	0,26	0,33	0,30	0,29
4.	Мусоръ . . . . .	0,17	0,24	0,22	0,21
5.	Глинистыя земли . . . . .	0,14	0,17	0,16	0,15
6.	Земля пропитанная, но не совершенно насыщенная водою . . . . .	0,24	0,34	0,29	0,27
7.	Земля пропитанная водою и почти жидкая . . . . .	0,41	0,54	0,49	0,47

Средняя изъ всѣхъ этихъ цифръ составляетъ  $b = 0.25$  *h*, т.е. весьма близкую къ принятой *Понселе*. Въ практикѣ, говоритъ *Борнисъ*, слѣдуетъ давать подпорнымъ стѣнамъ толщину нѣсколько большую противъ указанной въ первыхъ пяти нумерахъ; во-первыхъ потому, что треніе земель о каменную стѣну не такъ велико, какъ треніе земли о землю; во-вторыхъ часто дождевая вода просачиваясь сквозь землю, скопляется между стѣной и землей и уничтожаетъ совершенно треніе между ними, препятствующее обрушенію. Поэтому въ подпорныхъ каменныхъ стѣнахъ необходимо дѣлать отверстія для стока этихъ водъ, которыя, особенно при замерзаніи, могутъ вредно дѣйствовать на стѣну, или сдвигая ее, или образуя въ ней трещины. Въ-третьихъ, влажность не только измѣняетъ грузъ земель, но и треніе ихъ. Нѣкоторыя земли дѣлаются отъ влажности скользкими; въ сухомъ видѣ онѣ сохраняютъ иногда естественный откосъ, или уголъ тренія, въ  $45^\circ$ , но когда онѣ смочены, то едва могутъ удерживать откосъ въ  $18^\circ$ . Влажность увеличиваетъ объемъ нѣкоторыхъ земель, почему, когда онѣ высыхаютъ, то образуютъ въ толщѣ насыпи трещины, которыя ослабляя связь земли, увеличиваютъ ея давленіе на подпорную стѣну. Поэтому не такъ опасно уменьшать толщину подпорныхъ стѣнъ въ теплому и сухому климатѣ, какъ въ странахъ влажныхъ и холодныхъ.



Замѣтимъ, что въ предъидущихъ вычисленіяхъ мы не принимали во вниманіе треніе между стѣной и землей, вязкость между частицами земли, цементъ связывающій части стѣны; всѣ эти обстоятельства въ извѣстной мѣрѣ препятствуютъ обрушенію земли, уменьшаютъ дѣйствіе напора и позволяютъ, до нѣкоторой степени, уменьшать толщину стѣны. А потому выведенныя нами выше цифры для толщины стѣны, можно считать высшими предѣлами устойчивости стѣнъ съ прямоугольными профилями.

Изъ условія  $b = 0,4 \cdot h$  или  $b' = 0,4 \cdot h'$ , мы видимъ, во-первыхъ, что при  $h = 0$  и  $b = 0$ , т.-е., что въ самой вершинѣ стѣны, гдѣ не происходитъ на нее никакого напора, толщина ея можетъ быть равна нулю; во-вторыхъ  $b : b' = h : h'$ , т.-е., что толщины стѣнъ пропорціональны высотамъ. А это показываетъ, что профиль стѣны можетъ имѣть форму прямоугольнаго треугольника  $ABD$ , въ кото-  
Черт. XXIV.  
фиг. 358.

ромъ толщина въ вершинѣ  $B = 0$  и въ основаніи  $AD = 0,4 \cdot h$ . Но изъ наблюденій дознано, что для того, чтобы подпорная стѣна не подвергалась вліянію переменъ погоды и температуры, толщина ея нигдѣ не должна быть менѣе  $2\frac{1}{2}$  футовъ. Поэтому полагая въ выраженіи  $b' = 0,4 \cdot h'$ ,  $b' = 2,5$  футамъ, мы найдемъ  $h' = \frac{b'}{0,4} = \frac{2,5}{0,4} = 6,25$  футовъ. Поэтому подпорная стѣна, которой вся высота  $h = 20$  ф., напр., можетъ въ профилѣ принять форму  $ABCED$ , гдѣ  $AD = 8$  ф., такъ какъ  $b = 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 20 = 8$  ф. Но для простоты работы, чаще подпорнымъ стѣнамъ даютъ въ профилѣ форму трапеціи  $A'B'C'E'D'$ . Эта форма профиля стѣны, позволяя уменьшить количество матеріала въ стѣнѣ сравнительно съ прямоугольнымъ профилемъ, увеличиваетъ между тѣмъ устойчивость стѣны, такъ какъ ребро  $D'$  удаляется отъ вертикальной линіи проходящей чрезъ центръ тяжести стѣны, отчего выраженіе  $g \cdot \frac{x}{2}$  дѣлается болѣе, сравнительно съ выраженіемъ  $P \cdot \frac{1}{3} \cdot h$ . Съ тою же цѣлю, уменьшенія количества матеріала потребнаго для подпорной стѣны, стѣны эти подкрѣпляются, на нѣкоторомъ разстояніи, *контрфорсами*, или выступами  $D'mnp$ , которыми ребро вращенія переносится въ  $p$  и слѣдовательно моментъ  $g \cdot \frac{x}{2}$ , груза стѣны, еще увеличивается, что позволяетъ давать толщинѣ стѣны меньшую величину. Куломбъ полагалъ, что для болѣе части земель, можно безопасно давать подпорнымъ стѣнамъ, съ профилемъ формы трапеціи, толщину въ  $\frac{1}{6}$  высоты при основаніи и въ  $\frac{1}{7}$  высоты вверху стѣны. Для стѣнъ, которыя поддерживаютъ, въ то же время, противоположныя давленія земли и воды, какъ напр. въ набережныхъ, пользуются простымъ эмпирическимъ правиломъ: ширину откоса  $ab$  въ подобныхъ стѣнахъ дѣлаютъ отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{10} \cdot h$ , толщину же стѣны на половинѣ ея высоты дѣлаютъ  $cd = \frac{1}{3} \cdot h$ .  
фиг. 359.  
фиг. 360.

Въ шлюзныхъ камерахъ, которыя могутъ опорожняться, эту толщину стѣны  $cd$  на срединѣ ея высоты дѣлаютъ равною  $\frac{1}{2} h$ . Относительно приемовъ вычисленія устойчивости подпорныхъ стѣнъ съ профилемъ трапеціи, см. прилож. XXXI, XXXII и XXXIII.

фиг. 363.

фиг. 362.

фиг. 364.

Къ средствамъ увеличенія сопротивленія стѣны, кромѣ контръфорсовъ, относятся также устройство подпорныхъ стѣнъ наклонными къ прикасающейся къ нимъ землѣ, фиг. 363 и устройство стѣны съ уступами на задней сторонѣ, фиг. 362 и 364.

Изъ сравненія толщины стѣнъ, имѣющихъ одинаковую степень устойчивости, но устроенныхъ различно, можно вывести слѣдующее:

1) Вертикальная стѣна съ уступами на задней сторонѣ <sup>1)</sup> имѣетъ большую устойчивость, нежели стѣна одинаковой высоты, по которой отвѣсна съ обѣихъ сторонъ.

2) Стѣна съ наклонной наружной стороною, при одинаковомъ количествѣ матеріала, имѣетъ большую устойчивость, нежели стѣна отвѣсная съ обѣихъ сторонъ.

3) Наклонная стѣна въ  $\frac{1}{6}$  уклона, при одинаковой площади сѣченія, имѣетъ *устойчивость больше всякой другой стѣны одинаковой высоты.*

4) Кривыя стѣны, фиг. 364, съ радиусомъ въ 75 футовъ, съ уступами или безъ уступовъ на задней сторонѣ, въ отношеніи къ устойчивости, одинаковы съ наклонно стоящими стѣнами.

5) Стѣны съ контръ-форсами съ задней стороны, при одинаковой устойчивости, требуютъ менѣе матеріала чѣмъ отвѣсныя, или только снаружи наклонныя стѣны, съ уступами или безъ нихъ съ задней стороны.

Такъ въ крѣпостныхъ постройкахъ, употребляютъ наклонно-лежащія стѣны; англичане почти всюду употребляютъ кривыя, а голландцы наклонныя стѣны съ контръ-форсами. *Вобанъ* дѣлалъ стѣны отвѣсными съ задней стороны, а съ наружной давалъ уклонъ въ  $\frac{1}{6}$ , въ разстояніи же 15 футовъ средина отъ середины располагалъ контръ-форсы. *Буллет* (Bullet) и многіе инженеры даютъ стѣнѣ толщину равную 0,35 ея высоты. Для стѣнъ стоящихъ въ водѣ, напр. для набережныхъ и плюзовыхъ стѣнъ, *Минаръ* (Minard) даетъ правило, взятое на основаніи 400 существующихъ плюзовъ, давать стѣнѣ толщину равную 0,4 высоты. Крайніе предѣлы этого отношенія *Минаръ* считаетъ въ 0,28 и 0,5.

По мнѣнію *Гачена*, толщина отвѣсной береговой стѣны должна быть 0,327 противъ высоты; для песка, въ природной сырости, и для средняго рода каменной кладки — 0,23 <sup>2)</sup>. Для стѣнъ съ наклонной наружной стороною, должно брать тоже отношеніе, но только эта толщина стѣны должна находиться на  $\frac{1}{9}$  высоты надъ подошвою стѣны.

Для кирпичныхъ стѣнокъ, англійскіе инженеры даютъ правило: для подошвы  $\frac{1}{5}$ , для верха  $\frac{1}{10}$  высоты, и кромѣ того наружной сторонѣ даютъ  $\frac{1}{6}$  уклона.

Стѣнкамъ сложеннымъ на-сухо даютъ толщину  $\frac{1}{2}$  высоты: для такихъ стѣнокъ у Баденскихъ инженеровъ есть правило: вверху стѣну дѣлаютъ въ 3 фута толщиною, съ уклономъ наружной поверхности отъ  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{6}$ ; съ задней стороны дѣлаютъ уступы въ 3 фута высотой и 0,8 толщиною.

<sup>1)</sup> Такія стѣны называются *обратными*.

<sup>2)</sup> Т.-е. когда давленіе на стѣну происходитъ отъ этого песка.

При кладкѣ стѣнъ на-сухо, стараются класть камни такъ, чтобы между ними было по возможности менѣе пустаго пространства. Пустоты въ промежуткахъ камней сухой стѣны лучше чѣмъ нибудь заполнять и всего лучше мохомъ. Отъ этого не только для каждаго камня постеля будетъ ровнѣе, но и давленіе распредѣлится равномернѣе, а наружныя швы будутъ закрыты. Въ стѣнахъ постоянно сырыхъ, мохъ держится безъ норчи нѣсколько лѣтъ и содѣйствуетъ осадку иловатой глины между частицами моха, которою швы все болѣе и болѣе отъ времени заполняются. Сухія каменные стѣны имѣютъ еще то преимущество, что свободно пропускаютъ сквозь себя дождевую воду скопляющуюся позади ихъ.

Будетъ ли стѣна сложена на-сухо или на растворѣ, если она выводится на покатости, то грунтъ подъ основаніе должно вырыть уступами, параллельными постелямъ камней въ каменной кладкѣ. Постели камней, въ правильной кладкѣ, должны быть нормальны къ направленію давленія. Онѣ могутъ быть горизонтальны только тогда, когда равнодѣйствующая давленія отклоняется не болѣе  $15^{\circ}$  отъ вертикальной линіи. Засыпка земли за стѣну производится только тогда, когда растворъ окрѣпнетъ, причеиъ засыпка должна дѣлаться слоями не толще одного фута, съ утрамбованіемъ каждаго слоя, отчего сѣѣпленіе между частицами земли увеличивается, а напоръ ея на стѣну уменьшается.

Подпорныя стѣны возводятся на бетонномъ основаніи или на свайномъ, съ ростверкомъ, основаніи, когда онѣ составляютъ набережныя или стѣны шлюзовъ и каменныхъ плотинъ.

Деревяныя подпорныя, или береговыя стѣны (болверки), какъ одежда для набережныхъ, имѣютъ то преимущество передъ каменными, что онѣ обходятся дешевле, когда цѣна на лѣсъ не высока, а рѣка глубока и быстра, и постройка ихъ гораздо легче каменныхъ; но за то долговѣчность ихъ не болѣе 20 — 25 лѣтъ; при огражденіи же ими земляныхъ насыпей на сухомъ мѣстѣ, эта долговѣчность вдвое менѣе и потому онѣ требуютъ въ этихъ случаяхъ большихъ ремонтовъ.

Къ деревяннымъ стѣнамъ, служащимъ набережными, или стѣнамъ перемычекъ приводныхъ каналовъ, шлюзныхъ камеръ и водоспусковъ. относятся слѣдующія главныя части: сваи, всякія схваты, заборки досками, шпунтовыя стѣнки и земляные явора.

Сваи подвергаются гніенію, когда части ихъ не находятся подъ водою или подвергаются переходамъ отъ сухости къ сырости и обратно. На короткія сваи, въ такихъ случаяхъ, лучше всего употреблять дубъ, а на длинныя сосну.

Толщина свай зависитъ отъ величины напора земли и кромѣ того толстая свая долѣе можетъ сопротивляться давленію, не смотря на загниваніе. Сваи, поддерживающія забираемыя за ними досчатыя стѣнки, забиваютъ обыкновенно круглыми, тонкимъ концемъ внизъ, обтесываютъ же ихъ только съ той стороны, съ которой прилегаеть къ нимъ досчатая стѣнка. Разстояніе между сваями измѣняется по толщинѣ досокъ, изъ которыхъ образуется стѣнка; такъ какъ толщина этихъ досокъ бы-

васть отъ  $1\frac{1}{2}$  до  $2\frac{1}{2}$  вершк., или отъ 3 до 4,5 дюймовъ, то разстоя-  
 Черт. XXIV. ніе между сваями дѣлаютъ отъ 4 до  $4\frac{1}{2}$  футовъ. Лишь въ твердыхъ  
 фиг. 365. грунтахъ сваи забиваютъ на половину ихъ длины, въ слабыхъ же глубже.  
 и Черт. XXV. Сваи вверху соединяются продольными насадками, положенными на шипы  
 фиг. 366. выровненныхъ свай. Для большаго укрѣпленія стѣнки отъ напора земли,  
 367. задѣлываютъ въ землю якоря, состоящіе изъ бревенъ, или брусевъ,  
 368. обхватывающихъ сваю, другіе концы которыхъ удерживаются короткою  
 и 370. сваей забиваемой позади стѣнки. Эти якоря, или анкеры, дѣлаются въ  
 одинъ или два яруса, смотря по высотѣ стѣнки и величинѣ напора.  
 Брусъ или бревно якорей соединяются съ сваями различнымъ образомъ,  
 или желѣзными болтами, или врубками и желѣзными хомутами (фиг.  
 366, 367, 368, 369 и 370).

Черт. XXV. Для удержанія сухихъ земляныхъ откосовъ, какъ напр. въ пере-  
 фиг. 371. мычкахъ, стѣнки устраиваютъ съ внутренними или наружными под-  
 372. косами.  
 373.

Предположимъ что мы хотимъ оградить земляную стѣну канала отъ  
 и 374. обрушенія, посредствомъ вбитыхъ свай, за которыми забраны доски  
 удерживающія землю въ вертикальномъ положеніи; причеиъ желаемъ  
 знать — какъ часто нужно забивать 4 вершковыя сваи <sup>1)</sup>, чтобы онѣ  
 могли удерживать давленіе земли. Предположимъ, что насыпная земля  
 фиг. 367. *ABED* будетъ растительная, сухая и утрамбованная, которой вѣсъ куби-  
 ческаго фута будетъ 3 пуда и уголь тренія  $\rho$ , или естественнаго откоса  
 $40^\circ$ ; предположимъ также что длина сваи отъ дна канала до верха на-  
 сыпи, и слѣдовательно высота насыпи  $AB = 14$  футамъ, и что глубина  
 $AC$  воды въ каналѣ будетъ 7 фут. Когда уголь естественнаго откоса  $40^\circ$ ,  
 то уголь его дополненія до прямаго  $\alpha = 50^\circ$  и слѣдовательно  $\frac{1}{2}\alpha = 25^\circ$ ;  
 $\Delta = 3$  пуд.,  $h = 14$  фут. и слѣдовательно горизонтальное давленіе на  
 сваи. или напоръ земли  $P = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot (tg \frac{1}{2}\alpha)^2 = \frac{3 \cdot (14)^2}{2} (tg 25^\circ)^2$  и какъ  
 $tg 25^\circ = 0,466$ , то  $P = \frac{3 \cdot (14)^2}{2} \cdot (0,466)^2 = 294 \cdot 0,22 = 64,68$  пудамъ на  
 каждый погонный футъ длины канала. Это давленіе будетъ приложено  
 отъ дна канала на высотѣ  $\frac{1}{3}AB = \frac{1}{3}h = \frac{14}{3} = 4,67$  футовъ. Мы знаемъ  
 уже (см. гл. X ст. 35), что моментъ крѣпости бруса съ круглымъ сѣ-  
 ченіемъ есть  $\frac{\pi \cdot R}{32} \cdot d^3$ ; здѣсь  $\pi$  есть отношеніе окружности круга къ  
 діаметру = 3,142;  $R$  — для прочнаго сопротивленія сосны (если пред-  
 положимъ сваи сосновыя) = 40 пуд.; діаметръ сваи  $d = 7$  дюймовъ. Сваю  
 вбитую въ землю вертикально, которую стремится переломить горизон-  
 тальный напоръ земли, можно разсматривать какъ брусъ вдѣланный въ  
 стѣну, на нѣкоторой длинѣ котораго привѣшенъ грузъ. Грузъ  $P'$ , ко-  
 торый при малѣйшемъ увеличеніи производитъ переломъ бруса будетъ  
 въ этомъ случаѣ  $P' = \frac{F'}{L} = \frac{\pi \cdot R}{32} \cdot \frac{d^3}{L}$ , (см. гл. X ст. 35), гдѣ  $L = 4,67$   
 фут. = 56,04 дюймамъ.

1) Безъ якорей.

Слѣдовательно  $P = \frac{3,142}{32} \cdot \frac{40 \cdot (7)^2}{56,04} = \frac{43080,8}{1792} = 24,4$  пудовъ, т.-е. что прочное сопротивленіе сваи перелому составляетъ 24,4 пуда. Раздѣляя 64,68, т.-е. давленіе земли на длинѣ погоннаго фута, на 24,4, т.-е. на прочное сопротивленіе одной сваи, получимъ частное 2,65, которое указываетъ, что для поддержанія напора земли, нужно вбивать сосновыя 4-хъ вершковыя сваи на разстояніи 2,65 футовъ одна отъ другой.

Но это условіе необходимо, когда въ каналѣ нѣтъ воды, или когда каналъ можетъ время отъ времени освобождаться отъ воды. Но если бы вода оставалась въ каналѣ постоянно на глубинѣ 7 футовъ, то мы должны принять во вниманіе обратное давленіе воды на стѣну *AB*. Горизонтальное давленіе, или напоръ воды на стѣнку *AB*, выражается формулою  $\frac{\Delta' \cdot h^2}{2}$ , въ которой  $\Delta'$  есть вѣсь кубическаго фута воды = 1,73 пуда и  $h' = 7$  футамъ; слѣдовательно напоръ воды на каждый погонный футъ длины канала будетъ  $\frac{1,73 \cdot 7^2}{2} = 42,38$  пуд. Это давленіе, если означимъ его чрезъ  $P''$ , будетъ также имѣть направленіе горизонтальное, какъ и давленіе  $P$ , но дѣйствующее въ противоположную сторону противъ направленія давленія  $P$ ; оно, слѣдовательно, будетъ препятствовать призмѣ обрушенія *ABE* скользить по плоскости обрушенія *BE* и тогда давленіе на стѣну *AB* выразится разностью давленій  $P - P'' = 64,68 - 42,38 = 22,30$  пуд. А потому все давленіе на стѣнку *AB* будетъ только 22,30 пуд. и направлено отъ земли къ водѣ; и если при давленіи въ 64,68 пуд. сваи нужно было бить на разстояніи 2,65 футовъ, то при давленіи въ 22,30 пуд. ихъ можно бить рѣже, и это разстояніе мы найдемъ изъ пропорціи:  $64,68 : 22,30 = x : 2,65$  фут., откуда  $x = \frac{64,68 \cdot 2,65}{22,30} = 7,69$  футамъ. То-есть что въ этомъ случаѣ сваи можно бить на разстояніи 7,69 фут. свая отъ сваи.

Для того чтобы сдѣлать экономію въ количествѣ забиваемыхъ свай, ихъ набиваютъ нѣсколько наклонно къ сторонѣ земли, чрезъ что уменьшается призма обрушенія и слѣдовательно производимое ею давленіе на сваи. Или сваи, до засыпки и утрамбовки земли за стѣнкою, укрѣп-  
Черт. XXIV.  
Фиг. 365.  
Черт. XXV.  
Фиг. 366.

ляются анкерами, или зацѣпами, которые дозволяютъ забивку свай еще рѣже. Зацѣпъ дѣлается, или въ одно бревно, схватываемое съ сваями желѣзными болтами, или въ два бревна, врубленныя въ сваи и стягиваемыя на концахъ желѣзными скобами или обручами (фиг. 368). Выгода употребленія анкеровъ, допускающая болѣе рѣдкую забивку свай, должна быть соображена съ цѣнностію матеріала, необходимаго для сдѣланія анкеровъ и съ цѣнностію употребляемой на нихъ работы. Можетъ иногда оказаться, что выгоднѣе дѣлать частую забивку свай, чѣмъ употреблять анкеры съ болѣе рѣдкой забивкой; тѣмъ болѣе, что при рѣдкой забивкѣ, давленіе земли между сваями можетъ прогнуть, или даже проломить доски закладываемыя за сваи, а потому разстояніе между забиваемыми сваями должно соображать и съ этимъ обстоятельствомъ. Зная толщину закладываемыхъ за сваи досокъ и величину давленія земли на длинѣ погоннаго фута, можно, на основаніи формулъ для со-

противленія матеріаловъ, опредѣлить разстояніе между сваями, при которомъ прогибъ досокъ отъ давленія земли будетъ не болѣе опредѣленной величины и при которомъ доски могутъ оказать прочное сопротивленіе напору земли. Приводимый ниже примѣръ укажетъ на приемъ подобнаго вычисленія.

Предположимъ, что мы хотѣли бы узнать, какой толщины должны быть употреблены сосновыя доски на щиты става, или водоспуска, чтобы онѣ могли прочно сопротивляться давленію на нихъ воды, которую щиты изъ этихъ досокъ удерживаютъ за собою на извѣстной глубинѣ.

Прежде всего замѣтимъ, что хотя щиты почти всегда ставятся вертикально, но рѣшеніе вопроса будетъ одинаково, будутъ ли щиты поставлены вертикально или наклонно. Что хотя давленіе воды на щитъ идетъ возрастающа съ увеличеніемъ глубины воды за щитомъ, но обыкновенно щиты во всю высоту дѣлаются изъ досокъ одинаковой толщины; такъ что если самая нижняя доска щита выдержитъ давленіе на нее воды, то тѣмъ болѣе выдержатъ давленіе верхнія, или выше лежащія доски щита. Концы досокъ щита обыкновенно упираются въ четверти стоекъ  $A, A$  (или такъ иногда называемыхъ *бѣлоножекъ*), раздѣляющихъ все отверстіе водоспуска на нѣсколько пролетовъ. Опредѣлимъ необходимую толщину второй отъ низу доски  $mn$  щита  $mr$ <sup>1)</sup>, середина которой лежитъ ниже верхняго горизонта воды  $MN$  на глубинѣ  $h$ . Длину доски  $mn$ , между стойками  $A, A$ , означимъ черезъ  $l$ , ширину  $mn$  доски означимъ чрезъ  $a$ , а искомую толщину ея  $rs$  означимъ чрезъ  $b$ .

Черт. XXVI.  
внг. 375.

Мы уже знаемъ, что давленіе воды на доску  $mn$  будетъ выражаться вѣсомъ водяной призмы, у которой основаніемъ будетъ площадь доски  $= a \cdot l$  а высотой  $h$ , или вѣсомъ призмы  $a \cdot l \cdot h$ . Если означимъ вѣсъ кубической единицы воды  $\Delta$ , то вѣсъ этой призмы будетъ  $\Delta \cdot a \cdot l \cdot h$ ; это и будетъ величина давленія воды на доску  $mn$ , всегда направленное къ ней нормально, или перпендикулярно, и притомъ распределенное равномерно по всей ея длинѣ  $l$ . Слѣдовательно это будетъ случай<sup>2)</sup> *когда оба конца бруса подперты и грузъ равномерно распределенъ по длинѣ его*; а для этого случая сопротивленіе доски перелому выражается формулою  $8 \cdot \frac{F}{l}$ . А такъ какъ доска въ сѣченіи имѣетъ форму прямоугольника, то ея моментъ вѣрности  $F = \frac{R}{6} \cdot a \cdot b^2$ ; слѣдовательно прочное сопротивленіе доски перелому выразится формулою:  $\frac{8}{6} \cdot \frac{R}{l} \cdot a \cdot b^2$ .

Приравнявъ давленіе на доску съ ея сопротивленіемъ перелому, будетъ:  $\Delta \cdot a \cdot l \cdot h = \frac{8}{6} \cdot \frac{R}{l} \cdot a \cdot b^2$ , отсюда  $b^2 = \frac{6}{8} \cdot \frac{l^2}{R} \cdot h \cdot \Delta$  или  $b = l \cdot \sqrt{\frac{6}{8} \cdot \frac{h \cdot \Delta}{R}} = l \cdot \sqrt[3/4]{\frac{h \cdot \Delta}{R}}$ .

1) Такъ какъ самая нижняя упирается въ четверть мертваго бруса и можетъ вслѣдствіе этого вынести большее давленіе.

2) См. гл IX ст. 30, случай V.

Напримѣръ, предположимъ что  $h = 7$  футамъ;  $l = 5$  футамъ,  $R$  для сосны = 40 пудамъ. Мы уже знаемъ <sup>1)</sup> что для вычисленія по этимъ формуламъ всѣ линейныя величины должны быть выражены въ дюймахъ. Слѣдовательно будемъ имѣть:  $h = 84$  дюйм.,  $l = 60$  дюйм.,  $\Delta$ , т.-е. вѣсъ кубич. дюйма воды = 0,001 пуд. и  $R = 40$  пуд. и тогда

$$b = 60 \cdot \sqrt{\frac{0,75 \cdot 84 \cdot 0,001}{40}} = 60 \sqrt{\frac{0,00075 \cdot 84}{40}} = 60 \cdot \sqrt{\frac{0,063}{40}} =$$

$$= 60 \cdot \sqrt{0,001575} = 60 \cdot 0,0397 = 2,38 \text{ дюймовъ.}$$

То-есть что толщина доски должна быть не тоньше 2,38 дюйм., и дѣйствительно, чаще толщина досокъ въ щитахъ бываетъ въ  $1\frac{1}{2}$  вершка (такъ какъ 2,38 дюймовъ = 1,36 вершка).

---

1) См. гл. IX.

## ГЛАВА XIV.

### УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНЫХЪ И КАМЕННЫХЪ ПЛОТИНЪ И ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПРОФИЛЕЙ ЭТИХЪ ПЛОТИНЪ.

**43. Общія соображенія.** — Всякая плотина подвержена, не только давленію на нее воды находящейся въ покоѣ, но иногда и движущейся съ нѣкоторой скоростью. Кромѣ того, плотина можетъ, хотя и случайно, во время внезапныхъ и сильныхъ паводковъ, подвергаться большому, противъ обыкновеннаго, давленію воды, вслѣдствіе значительнаго повышенія ея уровня; а вслѣдствіе притока этой воды иногда съ большою скоростью, подвергаться и дѣйствию удара воды. Наконецъ въ странахъ холодныхъ, во время весеннихъ разливовъ, если не будетъ принято надлежащихъ мѣръ, плотина можетъ подвергнуться и ударамъ плывущаго по рѣкѣ льда. Во всѣхъ этихъ случаяхъ сооруженіе должно *прочнo сопротивляться* давленіямъ и ударамъ, или должно имѣть надлежащую устойчивость.

Кромѣ того, тѣло плотины, какъ земляной, такъ и каменной, должно имѣть достаточную плотность и связь въ своихъ частяхъ, чтобы не допускать просачиванія и вслѣдствіе того размыванія, которое можетъ произвести разрушеніе плотины по частямъ, не смотря на ея устойчивое состояніе въ цѣлой массѣ.

Всѣ представляющіеся при этомъ вопросы, не могутъ быть разрѣшены чисто теоретически, безъ различныхъ поправокъ и коэффициентовъ, выведенныхъ изъ опытовъ и наблюденій. Да и вообще опредѣленіе, даже при помощи высшаго анализа, профилей плотинъ, въ особенности каменныхъ, съ условіемъ достаточной ихъ устойчивости и прочнаго сопротивленія, какъ при бассейнѣ наполненномъ водою, такъ и безъ воды, на случай его опорожненія, и съ употребленіемъ на сооруженіе наименьшаго количества матеріала, представляетъ весьма сложную задачу. А потому мы укажемъ только на конечные результаты, существенные для практики, и на тѣ данныя, которыя при этомъ принимаются за основаніе, отдавая преимущество способамъ графическимъ, основаннымъ на теоретическихъ данныхъ.



Тѣло плотины образуется обыкновенно изъ земляной насыпи или изъ каменной или кирпичной кладки; образованіе же тѣла плотины, одновременно, изъ земляной насыпи и каменной одежды со стороны воды, не должно быть, по возможности, допускаемо, такъ какъ эти матеріалы никогда не могутъ дать прочнаго соединенія. Земляныя плотины, не смотря на всѣ дознанные опытомъ способы ихъ уплотнѣнія и связь частицъ земли, могутъ быть пригодны для поднятія за ними воды на высоту не болѣе 40, и какъ самый крайній предѣлъ до 50 футовъ, и не слишкомъ большой вмѣстимости резервуара, или пруда. Онѣ подвергаются такимъ случайнымъ причинамъ прорыва и могутъ своимъ прорывомъ произвести такія разрушенія и несчастія, что ихъ слѣдуетъ опасаться при большой высотѣ подъема воды и въ особенности когда онѣ скопляють за собою громадное количество воды. Поэтому во всѣхъ случаяхъ, когда подъемъ воды за плотиною долженъ превышать 40—50 футовъ (напримѣръ, какъ увидимъ, каменныя плотины du Van и de Puentés во Франціи, поднимають за собою воду на высоту 164 футовъ) и когда можно основать плотину на прочной естественной скалѣ или на прочномъ искусственномъ основаніи, слѣдуетъ всегда прибѣгать къ каменнымъ плотинамъ. Не слѣдуетъ никогда забывать, что прорывъ большаго резервуара есть страшное бѣдствіе; что прорывъ напр., резервуара Лорка (de Logca) во Франціи, стоилъ жизни 600 человѣкъ; что потокъ, отъ прорыва плотины въ Шеффилдѣ (въ Англии), разрушилъ и смылъ нѣсколько домовъ и увлекъ ихъ обломки вмѣстѣ съ обывателями. Прорывы плотинъ въ бассейнахъ центральнаго канала во Франціи, а именно бассейна Плесси (1825 г.), Берте (1829 г.), Торси (1831 г.), произвели большія опустошенія и убытки. Эти прорывы произошли главнымъ образомъ отъ недостаточныхъ размѣровъ водоспусковъ или водосливовъ, недостаточнаго запаса въ толщинѣ тѣла плотинъ, а въ особенности отъ дурной каменной облицовки отвеса плотинъ, которая мѣстами сползла и обнажила земляную насыпь дѣйствию воды. А потому всякая смѣлость допускаемая въ дѣлѣ сооруженія плотинъ, задерживающихъ обширныя и глубокіе резервуары, не только не благоразумна и убыточна, но даже преступна.

Очевидно, что устойчивость всякой плотины будетъ зависѣть отъ вѣса, или груза, тѣхъ матеріаловъ, изъ которыхъ образовано ея тѣло и отъ ея размѣровъ. Но если при устройствѣ плотины мы пожелаемъ бы достигнуть достаточной устойчивости съ употребленіемъ возможно наименьшаго количества матеріала, что и составляетъ цѣль инженернаго искусства, то очевидно, что этого можно достигнуть только той или другой формой даваемой тѣлу плотины, или, другими словами, тѣмъ *профилемъ* поперечнаго ея сѣченія, который отвѣчалъ бы этимъ условіямъ. А потому опредѣленіе профиля плотины, который отвѣчалъ бы наибольшей ея устойчивости при затратѣ наименьшаго количества матеріала, составляетъ главный и самый существенный вопросъ при устройствѣ плотинъ.

Устойчивость плотинъ можно разсматривать въ слѣдующихъ отно-

шеніяхъ: 1) если плотина представляет собою сплошное непрерывное тѣло, имѣющее достаточную связь въ своихъ частяхъ, какъ напр. каменная плотина, въ которой плотно притесанные камни связаны между собою хорошимъ и твердо окрѣпшимъ цементомъ, то она давленіемъ воды можетъ быть опрокинута, вращаясь около низоваго ребра своей подошвы. Но очевидно, что этотъ случай нарушенія устойчивости не можетъ относиться къ землянымъ плотинамъ, которыя не имѣютъ такой связи въ своихъ частяхъ, чтобы могли вращаться всею массою не разрываясь по частямъ.

2) Какъ каменная, такъ и земляная плотина, вслѣдствіе недостаточности своего собственнаго груза или своихъ размѣровъ, если не можетъ быть опрокинута, то можетъ съехать по своей подошвѣ, вслѣдствіе давленія воды, и слѣдовательно ея устойчивость можетъ быть нарушена тѣмъ, что она будетъ сдвинута съ своего мѣста.

3) Если плотина не можетъ быть, ни опрокинута, ни сдвинута съ своего основанія, то она еще можетъ имѣть неодинаковую степень сопротивленія по всей своей высотѣ, и вслѣдствіе различнаго давленія воды на разныхъ глубинахъ, можетъ быть опрокинута или сдвинута частями, по горизонтальнымъ слоямъ, если размѣры ея въ этихъ слояхъ не соответствуютъ производимому давленію. Отсюда слѣдуетъ, что необходимо повѣрять устойчивость плотинъ, не только относительно возможности вращенія и скольженія всей плотины у подошвы ея, но и частей плотины на различныхъ высотахъ ея профиля, по горизонтальнымъ слоямъ, въ зависимости отъ обнаруживаемаго на эти части давленія воды.

4) Какъ каменная, такъ отчасти и земляныя плотины, не могутъ быть неопредѣленной высоты. Что касается земляныхъ плотинъ, то мы уже выше замѣтили, что опытные инженеры не рѣшаются поднимать воду за подобными плотинами выше 40—50 фут. Земляная насыпь, составленная изъ земли извѣстнаго качества, можетъ сохранять только опредѣленные естественные откосы и то не всегда; въ холодныхъ климатахъ, гдѣ земля глубоко промерзаетъ, высокая насыпь не удерживаетъ своихъ естественныхъ откосовъ; при оттаиваніи земли уголъ тренія уменьшается и вообще значительно измѣняется, вслѣдствіе чего, при высокой насыпи, давленіе верхнихъ слоевъ на нижніе раздвигаетъ эти послѣдніе, насыпь начинаетъ садиться и перестаетъ удерживать даваемую ей высоту. Такъ напр., откосамъ дорожныхъ насыпей придается отлогость двойная въ сѣверной и полуторная въ средней и южной полосахъ Россіи, если только грунтъ насыпи, напр. песокъ, не требуетъ большей, а именно тройной отлогости. Поэтому лучшими грунтами для возведенія шоссежныхъ и желѣзно-дорожныхъ насыпей считаются песчаные или гравелистые и вообще неизмѣняющіеся отъ промерзанія и нерастворимые въ водѣ. Въ такихъ насыпяхъ глина можетъ быть употреблена только на внутреннія, не промезающія части насыпи. Поэтому насыпи изъ дурнаго, т.-е. сползающаго отъ промерзанія и оттаиванія и размываемаго грунта, поддерживаются земляными

же контръ-форсами, или прерываются горизонтальными площадками въ своихъ отвосахъ, или наконецъ подпираются каменными стѣнами. Поэтому, также и для земляной плотины, при извѣстной высотѣ насыпи и качествахъ земли, условія устойчивости могутъ нарушиться. Что же касается до каменной плотины, то собственный грузъ матеріала каменной плотины, при извѣстной ея высотѣ, производя давленіе на нижніе слои, можетъ превзойти степень прочнаго сопротивленія матеріала въ этихъ слояхъ и не только произвести раздробленіе связывающаго, отвердѣлаго цемента, но и самага камня, или кирпича, изъ которыхъ будетъ сложено тѣло плотины. А потому, при нѣкоторой высотѣ каменной плотины, можетъ послѣдовать раздробленіе матеріала въ нижнихъ слояхъ плотины и чрезъ это нарушеніе ея устойчивости и

5) Наконецъ въ самомъ тѣлѣ плотины, давленія, а иногда и растяженія, на различныя части въ каждомъ горизонтальномъ ея слѣѣ, зависящія отъ совокупнаго давленія груза самой плотины и давленія воды, могутъ распредѣляться неравномѣрно,—такъ что нѣкоторыя части горизонтальнаго слоя каменной плотины могутъ не испытывать никакого давленія или даже испытывать растяженія, другія же, напротивъ, могутъ быть подвержены такому давленію, которое превзойдетъ степень сопротивленія матеріала и поведетъ къ его разрушенію. По возможности равномѣрное распредѣленіе давленій въ тѣлѣ плотины, достигается только соотвѣтственною формою ея профиля, съ которымъ тѣсно связано и самое количество употребляемаго на построеніе матеріала. Какъ увидимъ ниже, можно затратить въ плотину большое количество матеріала и не достигнуть надлежащей ея устойчивости, тогда какъ, при несравненно меньшемъ количествѣ этого матеріала, но при надлежащемъ распредѣленіи его въ тѣлѣ плотины, т.е. при начертаніи соотвѣтственнаго давленіямъ профиля, достигается несравненно большая ея устойчивость и удешевляется вся постройка.

Что же касается до проніцанія, или просачиванія, воды сквозь тѣло плотины, то замѣтимъ теперь же, что при хорошей каменной кладкѣ и хорошемъ растворѣ, въ каменной плотинѣ полная непроницаемость достигается уже при толщинѣ плотины отъ  $3\frac{1}{2}$  до 4 футовъ; въ земляныхъ же плотинахъ, даже не толстый, но плотный слой глины, въ 1 или  $1\frac{1}{2}$  аршина, заложенный въ ядро насыпи до уровня стоянія воды, въ состояніи задержать просачиваніе; въ совершенно же песчаныхъ насыпяхъ, какъ уже мы замѣтили выше, говоря о плотинѣ генерала *Деволанта* въ Сестрорѣцкѣ, насыпь даже толщиною въ 17 саженой въ верхнемъ гребнѣ не останавливаетъ просачиванія, хотя и не производитъ размыванія и разрушенія плотины

**44. Устойчивость и профиль земляныхъ плотинъ.**—Разсмотримъ прежде условія для устойчивости земляной плотины и опредѣлимъ наиболѣе соотвѣтствующій для нея профиль. Какъ уже замѣтили выше, устойчивость плотины будетъ зависѣть отъ ея вѣса и слѣдовательно вѣса тѣхъ матеріаловъ, изъ которыхъ образуется тѣло плотины.

Чистая глина не годится для образованія всего тѣла плотины, такъ какъ она не выноситъ усиленнаго трамбованія въ насыпи, подверженной переходамъ отъ сухости къ сырости; въ сыромъ состоянii глина пучится отъ трамбованія, т.-е. сжимается подъ трамбовкой и приподнимается вкругомъ трамбуемаго мѣста. Она легко размывается дождемъ, а отъ оттаиванія, послѣ замерзанія, значительно уменьшаетъ уголъ тренія и сползаетъ съ откосовъ. Поэтому глина, въ земляныхъ плотинахъ, употребляется на ядро насыпи внутри плотины, гдѣ она не подвергается промерзанію, или слой ея кладется на откосъ обращенномъ къ водѣ запруды, гдѣ она также не подвергается промерзанію, какъ покрытая водою, или иногда употребляется въ такъ называемый замокъ плотины, т.-е. ею наполняется ровъ выкапываемый въ грунтѣ подъ будущимъ ядромъ плотины, если этотъ грунтъ по своимъ свойствамъ допускаетъ просачиваніе. Такимъ образомъ глина, составляя весьма важный матеріалъ въ тѣлѣ плотины, имѣетъ главнымъ назначеніемъ—устраненіе просачиванія. Но жирная глина отъ примѣси къ ней песка, и слѣдовательно, въ видѣ суглинка, или суглея, теряетъ свойство, ссыхаясь, образовывать трещины, разбухать и пучиться отъ сырости, сохраняя еще довольно связи въ частяхъ и не допуская просачиванія. Поэтому, для образованія всего тѣла земляной плотины, наилучшимъ родомъ земли слѣдуетъ считать суглей, который допускаетъ трамбованіе и сильно отъ него уплотняется. Если же глинисто-песчаную землю въ каждомъ нетолстомъ слое, при насыпаніи плотины, при сильномъ трамбованіи, поливать известковымъ молокомъ, то образуется родъ тощаго бетона, составляющаго плотную, связную и непроницаемую для воды насыпь. Плотины прудовъ Берто и Торси, насыпанныя такимъ образомъ, такъ были уплотнены трамбованіемъ и сжиманіемъ, посредствомъ чугунныхъ катковъ, состоявшихъ изъ чугунныхъ колецъ съ зубьями, что насыпи ихъ можно было разрывать только помощію кирки или лома. Но въ насыпяхъ земляныхъ плотинъ, на сколько возможно, должно избѣгать ила, чернозема и въ особенности торфяной земли.

Поэтому, если изъ таблицы мы возьмемъ вѣсъ кубическаго фута глинъ и песковъ, съ частію обыкновенной земли, состоящей изъ тѣхъ глинъ и песковъ съ частію чернозема, которой иногда избѣжать нельзя, то эти вѣсы будутъ:

Глины обыкновенной отъ 2,63 до 4,93 пуд.	Песка землистаго отъ 2,94— до
Глины землистой „ 2,60 — 3,28 „	Песка мелкаго сухаго 2,42—2,83
Обыкновенной земли „ 2,35 — 4,15 „	Песка крупнаго 2,37—2,58

Сумма всѣхъ этихъ вѣсовъ составитъ 33,08 пуд., и слѣдовательно средней вѣсъ кубич. фута такого состава земли составитъ  $\frac{33}{11} = 3$  п. А такъ какъ вѣсъ кубическаго фута воды составляетъ 1,73 пуда, то  $\frac{1}{1,73} = \frac{1,73}{3}$  или близко  $\frac{1,75}{3} = \frac{1^2}{3} = \frac{7}{12}$ . Но какъ при онтовой работѣ большихъ насыпей можетъ попасть въ нихъ и часть легкой земли, то принимая для  $\frac{1}{1,73}$ , вмѣсто  $\frac{7}{12}$ , отношеніе  $\frac{5}{12} = \frac{5}{12}$ , которое принимали и выше,

мы этимъ самымъ допускаемъ давленіе воды большимъ, или вѣсь плотины меньшимъ, чрезъ что въ окончательномъ выводѣ получимъ нѣсколько большіе размѣры для толщины тѣла плотины, и слѣдовательно получимъ большую ея устойчивость. Всякое уплотненіе тѣла плотины, чрезъ трамбованіе или укатываніе, и всѣ мѣры увеличивающія связь между частицами земли, будутъ также вести къ увеличенію устойчивости плотины и большему ея сопротивленію давленію воды.

Хотя плотины на срединѣ пруда, гдѣ глубина воды больше, бывають подвержены большему давленію воды, чѣмъ на своихъ концахъ у береговъ, гдѣ чаще глубина воды меньше, то толщина плотинъ должна была бы сообразоваться съ величиною давленія и насыпъ дѣлаться толще на срединѣ плотины, чѣмъ у береговъ. Но такъ какъ связь плотины съ берегами должна быть по возможности прочна, и какъ чаще плотины служатъ проѣздною, или по крайней мѣрѣ пѣшеходною дорогою, то въ большинствѣ случаевъ находятъ болѣе удобнымъ дѣлать насыпъ плотины одинаковой ширины въ ея верхнемъ гребнѣ, по длинѣ всей плотины, и придавать одинаковый наклонъ ея откосамъ по всей длинѣ; при этомъ объемъ ея откосовъ уменьшается приближаясь къ берегамъ и слѣдовательно грузъ самой плотины въ этихъ мѣстахъ самъ собою уменьшается, а потому расчетъ устойчивости и начертаніе профиля плотины обыкновенно дѣлается по самому глубокому мѣсту воды за плотиною, въ которомъ плотина подвергается наибольшему давленію воды и гдѣ она должна имѣть наибольшую устойчивость и прочность.

Для опредѣленія устойчивости земляной плотины, въ общей ея массѣ, допустимъ сначала что земля въ насыпи можетъ держаться вертикальной стѣнкой, безъ откосовъ, и слѣдовательно допустимъ профиль плотины прямоугольнымъ, и опредѣлимъ толщину плотины, какъ для случая вращенія, такъ и для случая скользянія тѣла плотины по ея подошвѣ, предполагая также, что земля можетъ держаться цѣльной массой не разрываясь. Какъ и для подпорныхъ стѣнъ, будемъ разсматривать часть плотины на длинѣ одного погоннаго фута. Очевидно, что тѣ же самыя формулы:  $b = h \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$ , для устойчивости противъ вращенія, и  $b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f}$ , для устойчивости противъ скользянія, могутъ быть примѣнены и къ плотинамъ. Очевидно также, что толщина плотины, опредѣленная для ея устойчивости въ этихъ условіяхъ, будетъ болѣе чѣмъ достаточна, если при этой толщинѣ верхняго гребня, плотинѣ будутъ приданы еще нѣкоторые откосы, какъ съ верховой, такъ и съ низовой стороны, такъ какъ въ дѣйствительности земля не можетъ держаться вертикальной стѣнкой.

Принимая для  $\delta$  наибольшій коэффициентъ устойчивости, или дѣлая  $\delta = \frac{9}{4}$ ; а также принимая коэффициентъ тренія  $f = \frac{2}{3}$ , и какъ  $\frac{\Delta}{\Delta_1}$  также  $= \frac{2}{3}$ , то найдемъ, какъ и выше, что для устойчивости противъ вращенія толщина плотины должна быть  $b = 0,707 \cdot h$ , а для устойчивости противъ скользянія — должна быть  $b = h$ . И такъ какъ мы

должны принимать наибольшую изъ этихъ двухъ величинъ, и такъ какъ вращеніе земляной плотины невозможно, то для устойчивости земляной плотины, относительно скользенія ея по подошвѣ, при прямоугольномъ профилѣ, толщина плотины должна быть равна высотъ напора воды, или глубинѣ ея за плотиною; причемъ всякій откосъ, при этой толщинѣ въ верхнемъ гребнѣ, съ той или другой стороны плотины, только увеличитъ ея устойчивость. И дѣйствительно, *Белидоръ* полагалъ, что толщину земляной плотины, въ верхнемъ гребнѣ, слѣдуетъ дѣлать равною высотѣ напора воды за плотиною; *Понселе* считаетъ эту толщину достаточною при  $b = 0.64 \cdot h$ .

Примѣняя теоретическіе выводы, относительно устойчивости плотинъ, къ образцу по которому онѣ строятся на Уральскихъ горныхъ заводахъ, можно убѣдиться, говоритъ г. *Рожковъ*, что всѣ онѣ построены тамъ съ большимъ запасомъ. Самый большой подъемъ воды въ прудахъ существующихъ на Уралѣ, простирается до 35 футовъ, почему для такихъ прудовъ плотина должна бы быть толщиною отъ 22,4 до 35 футовъ; а между тѣмъ мы видимъ тамъ плотины въ 90 и нерѣдко въ 140 футовъ толщиною въ верхнемъ гребнѣ.

При построеніи новыхъ плотинъ на Уралѣ, тамошніе строители руководствуются, для назначенія размѣра ихъ въ толщинѣ, слѣдующею формулою:  $b = 1.5 \cdot h$ , или  $b = \frac{3}{2} \cdot h$ , по которой, для  $h = 35$  ф. получается толщина гребня плотины въ 52,5 ф. или  $7\frac{1}{2}$  саж. Этотъ выводъ, замѣчаетъ г. *Рожковъ*, предполагаетъ весьма значительный запасъ въ устойчивости, противъ вывода теоретическаго, но уральскіе строители говорятъ, что тамъ необходимо слѣдовать ихъ правилу. Они приписываютъ очень большое значеніе промерзанію тѣла плотины во время зимы. Въ подтвержденіе своего убѣжденія, они приводятъ нѣсколько примѣровъ, которые явно свидѣтельствуютъ о разрушительномъ дѣйствіи холода на тѣло плотины.

Г. *Рожковъ* замѣчаетъ, что въ почвѣ подвергающейся промерзанію, нарушается связь въ частяхъ, образуются пустыя полости, куда можетъ свободно проникать вода, а если она найдетъ свободный доступъ въ тѣло плотины, въ особенности въ мѣстахъ гдѣ она прикасается къ сооруженіямъ водоспуска, то не замедлитъ оказать все свое вредное вліяніе. Мы къ этому прибавимъ, что не только образованіе трещинъ и пустотъ, вслѣдствіе неравномѣрнаго уменьшенія объема въ тѣлѣ плотины, отъ неравномѣрнаго ея промерзанія, можетъ вредить прочности плотины, но и во время оттаиванія, при которомъ уменьшается уголъ тренія и увеличивается способность скользенія, можетъ послѣдовать разрушительное дѣйствіе на тѣло плотины. Эти обстоятельства и вынуждаютъ увеличивать толщину плотины, какъ для того чтобы не допускать по возможности промерзанія ядра плотины, такъ и для того, чтобы увеличить треніе во время оттаиванія увеличеніемъ груза всей плотины.

Мы уже знаемъ, что на Уралѣ глубина промерзанія земли дохо-

доть до  $4\frac{1}{2}$  аршинъ, а слѣдовательно, при значительной убыли воды зимою въ прудѣ, тѣло плотины можетъ промерзнуть съ обѣихъ сторонъ на глубину 9 аршинъ, или 3-хъ саженой. Поэтому г. Рожковъ и полагаетъ, что даже принявъ въ полное вниманіе вредъ отъ промерзанія, правило уральскихъ строителей назначаетъ слишкомъ большой запасъ для толщины плотины.

Итакъ, относительно устойчивости земляныхъ плотинъ, мы можемъ руководствоваться, при прямоугольномъ профилѣ, формулами  $b=0,64.h$ ,  $b=h$  и  $b=1,5.h$ , при опредѣленіи толщины плотины и тѣмъ болѣе для толщины ея верхняго гребня, если плотина имѣетъ откосы. Чѣмъ плотнѣе и тяжелѣе матеріалы изъ которыхъ образовано тѣло плотины, и чѣмъ, по климату, промерзаніе земли менѣе глубоко, мы можемъ руководствоваться формулою  $b=0,64.h$ ; при болѣе рыхломъ и легкомъ качествѣ земли въ плотинѣ, слѣдуетъ держаться формулы  $b=h$ ; и какъ самый высшій предѣлъ для толщины гребня плотины, при рыхломъ тѣлѣ и сильномъ промерзаніи, допускать  $b=1,5.h$ .

Обращаясь теперь къ опредѣленію прочности плотины относи- Черт. XXVI.  
тельно возможности раздѣленія ея по слоямъ, и къ опредѣленію ея фиг. 376.  
профиля при наименьшей затратѣ матеріала, замѣтимъ, что вопросъ этотъ сводится къ опредѣленію такой линіи  $BmqC$  для формы верхового откоса, предполагая низовый откосъ  $AB$  вертикальнымъ, при которой давленіе воды не могло бы сдвинуть съ мѣста никакую произвольно взятую часть  $mBn$ , или  $pBq$  и т. д. тѣла плотины по горизонтальному слою  $mn$ , или  $pq$  и т. д., и слѣдовательно чтобы сопротивленіе каждой такой части скольженію было бы не только равно, но болѣе давленія воды на эту часть плотины. Другими словами, профиль плотины ограниченный такою линіею, представлялъ бы одинаковую степень сопротивленія давленію воды по всей своей высотѣ, и слѣдовательно требовалъ бы наименьшаго количества матеріала.

Теорія даетъ для линіи  $BmqC$  кривую, принадлежащую къ роду линій высшихъ порядковъ <sup>1)</sup>; но если мы введемъ въ рѣшеніе вопроса условіе, что между слоями земли плотины не существуетъ никакого сдѣвленія, которое увеличиваетъ сопротивленіе плотины разрушенію, то уравненіе кривой линіи  $BmqC$  приметъ видъ  $x=y\sqrt{\frac{n}{1-2n}}$ , въ которомъ  $x$  есть величины  $mn$ ,  $pq$  и т. д. выражающія толщину плотины на разныхъ высотахъ, или величинъ ея горизонтальныхъ сѣченій;  $y$ — величины  $Bm$ ,  $Bp$ ... и т. д., то есть вертикальныя разстоянія этихъ горизонтальныхъ сѣченій отъ вершины  $B$  плотины, а  $n = \frac{\Delta}{\Delta_1}$ .

Уравненіе  $x=y\sqrt{\frac{n}{1+2n}}$  показываетъ, что при условіи, когда не принимается въ расчетъ сдѣвленіе между частицами земли, кривая линія верхового откоса обращается въ прямую линію  $BC$ , такъ какъ она выражается уравненіемъ первой степени, и притомъ наклонную къ

<sup>1)</sup> См. прилож. XXXIV.

основанію  $AC$  такимъ образомъ, что  $AC:AB = \sqrt{\frac{n}{1+2n}} \cdot 1$ . А такъ какъ:  $n = \frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ , то величина  $\sqrt{\frac{n}{1+2n}} = \sqrt{\frac{2/3}{1+2 \cdot 2/3}} = \sqrt{\frac{6}{21}} = \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{21}} = \frac{2,45}{4,58} = 0,53$ . Слѣдовательно:

Черт. XXVI  
фиг. 377.  $AC:AB = 0,53:1$ . А изъ этого видно, что по теоріи, профиль земляной плотины долженъ быть прямоугольный треугольникъ  $ABC$ , у котораго основаніе  $AC = 0,53 \cdot AB$  или  $AC = 0,53 \cdot h$ , и откосъ  $BC$  обращенный къ водѣ есть прямая линія. Но этотъ профиль соотвѣтствуетъ лишь мгновенному равновѣсію съ давленіемъ воды; если же мы введемъ коэффициентъ устойчивости равный 2, т.-е. удвоимъ толщину плотины въ каждомъ горизонтальномъ слоѣ, то эта профиль можетъ принять видъ, или треугольника  $ABD$ , или треугольника  $EBC$ , въ которыхъ  $CD = AE = AC$ .

Такимъ образомъ теоретически можно допустить, что давленіе воды не сдвинетъ плотины по частямъ, ни въ какомъ ея горизонтальномъ слоѣ, если она будетъ имѣть профилемъ треугольникъ  $ABD$ , или треугольникъ  $EBC$ ; но однако мы видѣли, что для устойчивости всей плотины отъ скользенія по основанію, на практикѣ необходимо, чтобы она имѣла прямоугольный профиль  $ECFG$ , въ которомъ  $EC = AB$ , или по крайней мѣрѣ  $EC = 0,64 \cdot AB$ . Если же  $EC = AB$ , то площадь  $ECFG = 2$  площадямъ  $EBC = 2$  площадямъ  $ABD$ . А это показываетъ отчасти, на сколько откосы въ плотинѣ увеличиваютъ ея устойчивость и допускаютъ уменьшеніе матеріала въ тѣлѣ плотины.

Но для дѣйствительной и практической устойчивости плотины съ треугольнымъ профилемъ, мы можемъ вывести предѣлы наклоненія откоса  $BC$  или  $BD$ , обращеннаго къ водѣ, изъ другихъ соображеній. Мы знаемъ, что давленіе воды всегда направлено перпендикулярно, или нормально, къ какому бы то ни было откосу  $BC$  и что приложеніе равнодѣйствующей этого давленія находится на  $\frac{2}{3}$  длины этого откоса, считая отъ  $B$  къ  $C$ .  
Черт. XXVI.  
фиг. 378. Мы знаемъ также, что если направленіе  $PQ$  равнодѣйствующей давленія составитъ съ нормальной  $MN$  къ плоскости скользенія  $AC$  уголъ  $MOQ$  равный или меньшій угла тренія, то скользенія плотины  $ABC$  не произойдетъ по основанію  $AC$ , также какъ не произойдетъ, по той же причинѣ, скользенія какой либо части  $aBc$  плотины по какому бы то ни было горизонтальному слою  $ac$ .

Выше мы нашли среднюю величину для угла тренія  $\rho = 30^\circ$  (въ дѣйствительности, для земель онъ даже нѣсколько болѣе, а именно около  $32,7^\circ$ ). А потому если уголъ  $MOQ$  будетъ равенъ  $30^\circ$  или менѣе, то скользеніе, какъ всей плотины, такъ и никакой ея части быть не можетъ. А такъ какъ уголъ  $MOQ =$  углу  $BCA$ , потому что ихъ стороны перпендикулярны между собою, то уголъ  $BCA$ , или наклоненіе откоса  $BC$  къ горизонту, долженъ составлять не болѣе  $30^\circ$ , чтобы не было скользенія ни въ какой части плотины. Но изъ таблицъ для угла тренія земель мы видимъ, что для плотныхъ и утрамбованныхъ земель



этотъ уголъ можетъ доходить до  $40^\circ$ , а для земель насыщенныхъ водою, какъ напр. при оттаиваніи земли послѣ промерзанія, этотъ уголъ доходитъ до  $14^\circ$ , то предѣлы наклоненія откоса  $BC$  къ горизонту должны заключаться между  $40^\circ$  и  $14^\circ$ . Такъ какъ въ прямоугольныхъ треугольникахъ  $ABC$ , у которыхъ уголъ  $ACB$  будетъ въ  $40^\circ$  въ  $30^\circ$  и  $14^\circ$ ,  $\frac{AB}{AC} = \frac{\sin ACB}{\cos ACB}$ , то взявъ изъ таблицы для тригонометрическихъ линій величины синусовъ и косинусовъ для угловъ въ  $40^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $14^\circ$ , получимъ:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{0,64}{0,77} = \frac{64}{77} = \frac{83}{100} = \frac{4}{5}; \quad \frac{A'B'}{A'C'} = \frac{0,50}{0,87} = \frac{50}{87} = \frac{57}{100} = \frac{6}{10}.$$

$$\frac{A''B''}{A''C''} = \frac{0,24}{0,97} = \frac{24}{97} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}.$$

То есть, что при наклоненіи откоса въ  $40^\circ$ , этотъ откосъ будетъ немного болѣе одинокого; при  $30^\circ$  онъ будетъ немного менѣ двойнаго, и при  $14^\circ$  откосъ будетъ четверной.

Такъ какъ низовой откосъ не можетъ быть вертикаленъ, и даже въ случаѣ одернованія его онъ не долженъ быть менѣ одинокого, то наименьшій профиль земляной плотины, когда тѣло ея составлено изъ плотной и утрамбованной земли, будетъ  $abc$ . При нѣсколько рыхлыхъ земляхъ, низовой откосъ не долженъ быть менѣ полуторнаго а верховой, или обращенный къ водѣ, около двойнаго; а потому для этого случая, наименьшій треугольный профиль будетъ  $a'b'c'$ . Наконецъ для самыхъ рыхлыхъ и пропитанныхъ сыростью земель, онъ можетъ быть  $a''b''c''$ . Наибольшему числу случаевъ будетъ отвѣчать профиль  $a'b'c'$ , тогда какъ профили  $abc$  и  $a''b''c''$  нужно разсматривать какъ крайніе предѣлы наименьшаго и наибольшаго. Отношеніе площадей этихъ трехъ треугольниковъ между собою будетъ, при той же высотѣ  $bd = b'd' = b''d''$ , какъ 9: 14: 24; а какъ количество матеріала затрачиваемаго въ плотину, при той же длинѣ и высотѣ ея, прямо пропорціонально ея профилю, то отсюда видимъ, на сколько выгодно образовать тѣло земляной плотины изъ земель болѣе плотныхъ и сильно утрамбованныхъ.

И такъ въ земляныхъ плотинахъ, какъ для увеличенія ихъ устойчивости относительно скользенія, такъ и для сохраненія откосовъ отъ размыванія дождемъ или обрушенія отъ плеска волнъ, откосы эти вообще дѣлаются отлогими. Для большинства случаевъ откосъ достаточно двойной; онъ никогда не долженъ быть менѣ одинокого и ни въ какомъ случаѣ болѣе четвернаго. Но гребень плотины, даже если чрезъ нее не необходимо пѣшеходное сообщеніе, никогда не оставляется острымъ, такъ какъ при такой формѣ онъ скоро размывается дождемъ и обрушается. Ширина гребня не дѣлается менѣ 7 фут., или одной сажени, а если чрезъ плотину проходитъ проѣзжая дорога, то эта толщина гребня доводится до 21 фута, или трехъ саженей, а иногда и болѣе. А потому дѣйствительный профиль плотины не будетъ треугольный, а получаетъ форму трапеціи.

Чтобы вывести условія для устойчивости плотины имѣющей про-  
филемъ трапецію, означимъ ширину ея верхняго гребня чрезъ  $b$ ; вы-

фиг. 379.

Черт. XXVI.

фиг. 380.

фиг. 381.

фиг. 382.

Черт. XXVI.

фиг. 383.

соту плотины чрезъ  $h$ ; и откосы, или основанія ея откосовъ выражены въ высотѣ. чрезъ  $n \cdot h$  и  $n' \cdot h$ . То есть будетъ  $AB = b$ ,  $AE = BF = h$ ,  $CE = n \cdot h$  и  $DF = n' \cdot h$ ; тогда нижнее основаніе  $CD = EF + CE + DF$  и какъ  $EF = AB$ , такъ какъ,  $AE$  и  $BF$  перпендикулярны къ  $CD$  и  $AB$  параллельна  $CD$ , то нижнее основаніе  $CD = b + n \cdot h + n' \cdot h$ . И какъ площадь  $ABCD$  трапеціи равна суммѣ основаній умноженной на половину высоты, то будетъ площадь

$$ABCD = \frac{h}{2} (b + b + n \cdot h + n' \cdot h) = \frac{h}{2} (2b + h(n + n')) =$$

$$= h \left\{ b + \frac{h}{2} (n + n') \right\}.$$

Такъ какъ мы разсматриваемъ плотину всегда на длинѣ одного погоннаго фута, то умножая площадь  $ABCD$  на вѣсь кубическаго фута земли, означаемого нами чрезъ  $\Delta_1$ , получимъ вѣсь плотины =

$$= h \left[ b + \frac{h}{2} (n + n') \right] \cdot \Delta_1.$$

Если умножимъ этотъ вѣсь на коэффициентъ тренія, который примемъ въ  $\frac{2}{3}$ , то получимъ величину сопротивленія плотины скольженію равную  $h \left[ b + \frac{h}{2} (n + n') \right] \cdot \Delta_1 \cdot \frac{2}{3}$ .

Приравнявъ это сопротивленіе величинѣ горизонтальнаго давленія воды, которое, какъ мы знаемъ, равно  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , получимъ уравненіе:

$$h \left[ b + \frac{h}{2} (n + n') \right] \cdot \frac{2}{3} \cdot \Delta_1 = \frac{\Delta \cdot h^2}{2}; \text{ откуда найдемъ:}$$

$$h \cdot b + \frac{h^2}{2} (n + n') = \frac{3}{2} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot h^2 \text{ или}$$

$$b = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{h^2}{2h} - \frac{h^2}{2h} (n + n'); \left( \text{ такъ какъ } \frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3} \right); \text{ или}$$

$b = h \left[ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} (n + n') \right]$ . Такъ какъ это условіе для величины  $b$  соотвѣтствуетъ мгновенному равновѣсію, то вводя коэффициентъ устойчивости для скольженія равный 2, получимъ:

$b = h \left[ 1 - (n + n') \right]$ . Вотъ, слѣдовательно, будетъ ширина верхняго гребня плотины съ профилемъ трапеціи, въ зависимости отъ величины откосовъ. Г. Недзялковскій замѣчаетъ, что самые приличные размѣры земляной плотины съ профилемъ трапеціи получаются, когда толщина ея гребня равна 0,4 толщины ея подошвы, или когда  $b = \frac{2}{3} h \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{n'} \right) = \frac{2}{3} \cdot h \left( \frac{n + n'}{n \cdot n'} \right)$ . Такъ что напримѣръ при равныхъ и полуторныхъ откосахъ, будетъ по этой формулѣ  $b = 0,89 \cdot h$ .

Но для того чтобы плотина могла хорошо сопротивляться, какъ случайнымъ возвышеніямъ воды и ударамъ льда, такъ и хорошо сохранять свои откосы, слѣдуетъ дѣлать  $b = h$  и откосы давать равные, полуторные, или въ холодныхъ климатахъ двойные. Кромѣ того, верхній гребень плотины, для предупрежденія переката чрезъ него волнъ бассейна, возвышается надъ уровнемъ воды около 3 футовъ и болѣе, смотря по величинѣ бассейна и положенію плотины относительно направленія господствующихъ вѣтровъ. Такъ, напримѣръ, Франк-

лишь приводить въ примѣръ прудъ, длиною въ  $13\frac{1}{2}$  верстъ и глубиною въ 3 фута, въ которомъ вѣтеръ осушилъ дно у одного берега и поднялъ воду на 6 футовъ глубины у другаго <sup>1)</sup>). Этотъ излишекъ высоты насыпи увеличиваетъ вѣсь плотины и слѣдовательно ея устойчивость противъ всякихъ случайностей. И потому для самыхъ высокихъ земляныхъ плотинъ, профиль плотины  $ABCD$ , формы транеціи, обусловится тѣмъ, что толщина ея  $ab$  на высотѣ нормальнаго горизонта воды равна глубинѣ  $h$ ; высота  $BE = h + 3$  или 4 фута, а откосы равные и полукривые. При двойныхъ же откосахъ можно дѣлать  $b = \sqrt[3]{4h}$  и даже  $= \sqrt[2]{3h}$ , если только не потребуется уширить гребень для проѣздной дороги. Для невысокихъ же плотинъ, по которымъ нѣтъ проѣзда, достаточно дѣлать, при двойныхъ откосахъ,  $b = 1$  сажени <sup>2)</sup>).

Черт. XXVI.  
сиг. 384.

**45. Устойчивость и профиль каменныхъ плотинъ.** — Если мы будемъ разсматривать каменную плотину съ прямоугольнымъ профилемъ, то для опредѣленія ея устойчивости мы можемъ пользоваться тѣми же самыми формулами  $b = h \cdot \sqrt{\frac{\delta}{3}} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}$  для случая вращения, и  $b = \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h}{2f}$  для случая скользенія, чтобы опредѣлить толщину плотины  $b$  при подъемѣ воды на высоту  $h$ , которая привели выше вообще для подпорныхъ стѣнъ. Если гребень каменной плотины превышаетъ уровень воды на высоту  $h'$ , то *Понселе* для толщины плотины даетъ слѣдующую формулу:

$$b = 0,845 (h - h') \sqrt{\frac{\Delta}{\Delta_1}}, \text{ а Моренз формулу:}$$

$b = 0,865 (h - h') \sqrt{\frac{\Delta}{\Delta_1}}$ , гдѣ  $\Delta$  вѣсъ кубическаго фута воды и  $\Delta_1$  вѣсъ кубическаго фута каменной кладки.

Для устойчивости каменной плотины также необходимо:

1) *Чтобы плотина не могла скользить по своему основанію*; а для этого, какъ уже мы знаемъ, необходимо, чтобы уголъ, составляемый нормальною къ произвольному шву кладки съ направленіемъ равнодѣйствующей боковаго давленія воды и груза кладки надъ этимъ швомъ, былъ менѣе угла тренія кладки. 2) *Плотина не должна вращаться около внѣшняго ребра своего основанія, или около внѣшняго ребра какого бы то ни было шва кладки, вслѣдствіе боковаго давленія воды*: а для этого необходимо, чтобы линія сопротивленія находилась ближе къ вертикальной, проходящей чрезъ центръ тяжести части плотины надъ каждымъ разсматриваемымъ швомъ, чѣмъ къ ребру вращения. 3) *Прочность матеріала плотины должна быть обезпечена*. То-есть онъ не только нигдѣ не долженъ раздробляться, вслѣдствіе претерпѣваемыхъ имъ давленій, какъ отъ груза самой плотины, такъ и воды, но напряженіе матеріала нигдѣ не должно превосходить прочнаго его сопротивленія. Обыкновенно первое и третье условія выполняются при существованіи втораго.

1) Герсевановъ. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ, стр. 8.

2) См. часть третью, ст. 51.

Вопросъ значительно усложняется, когда мы пожелаемъ опредѣлить профиль каменной плотины, подъ условіемъ достигнуть прочной ея устойчивости, съ употребленіемъ наименьшаго количества матеріала и съ тѣмъ, чтобы напряженіе матеріала нигдѣ не превосходило прочнаго его сопротивленія. Очевидно, что вопросъ этотъ сводится къ опредѣленію профиля съ наименьшею площадью, но который удовлетворялъ бы условію устойчивости и прочности матеріала. Всякій прудъ, или бассейнъ, удерживаемый плотиною, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, наприм., для поправокъ въ плотинѣ и водоспускѣ, долженъ опорожняться, и слѣдовательно давленіе воды на плотину можетъ временно прекратиться. Поэтому, если расчетъ профиля и сопротивленія матеріала былъ бы сдѣланъ при условіи постояннаго давленія воды, то при опорожненіи бассейна, это условіе нарушилось бы, а съ его нарушеніемъ можетъ нарушиться устойчивость плотины и величина напряженія въ ней матеріала. А потому опредѣленіе профиля, который удовлетворялъ бы и бассейну наполненному, и бассейну опорожненному, представляетъ еще болѣе сложную задачу.

Рѣшеніе этого общаго вопроса помощію высшаго анализа, для каменныхъ плотинъ большой высоты и подъ условіемъ, чтобы наибольшее сжатіе или растяженіе матеріала нигдѣ не превосходило его прочнаго сопротивленія, весьма сложно <sup>1)</sup>. Поэтому, здѣсь мы ограничимся только указаніемъ тѣхъ данныхъ, которыя принимаются за основаніе при рѣшеніи этого вопроса и прямо перейдемъ къ окончательнымъ заключеніямъ, относя нѣкоторые теоретическіе выводы въ примѣчанія, гдѣ укажемъ и графическій способъ опредѣленія профилей каменныхъ плотинъ.

Каменная плотина, какъ и всякая каменная стѣна, будетъ ли она сложена изъ камня или кирпича, не можетъ быть неопредѣленной высоты. По *Pondele*, отдѣльно стоящія стѣны на твердомъ основаніи и не несущія на себѣ никакого посторонняго груза, вытянутыя по совершенно прямой линіи, для надлежащей устойчивости, должны быть толщиною въ  $\frac{1}{12}$  до  $\frac{1}{8}$  ихъ высоты. А именно: для стѣнъ правильной каменной кладки толщина должна составлять  $\frac{1}{12}$  высоты; для обыкновенныхъ каменныхъ и кирпичныхъ стѣнъ въ  $\frac{1}{10}$  и для стѣнъ изъ необтесаннаго камня въ  $\frac{1}{8}$ .

Но когда стѣна идетъ не по прямой только линіи, а образуетъ согнутую фигуру, какъ наприм. въ зданіяхъ, то устойчивость ея увеличивается. Такъ, предѣльная толщина стѣнъ обыкновенныхъ строеній принимается отъ  $\frac{1}{15}$  до  $\frac{1}{30}$  ихъ высоты, смотря по количеству и разстоянію поперечныхъ стѣнъ, связывающихъ продольныя. Въ строеніяхъ подвер-

<sup>1)</sup> Аналитическое изслѣдованіе и рѣшеніе этого вопроса, возможное лишь при помощи высшаго анализа, можно найти въ *Annales des ponts et chaussées*: 1) Mémoire de M-r de Sazilly — за 1853 годъ, 2) Mémoire de M-r Delocre — за 1863 годъ; 3) Mémoire de Graëff — также за 1866 годъ; 4) Mémoire de M-r Bouvier за 1875 годъ. Въ сочиненіяхъ инженера Кранца (Krantz), изданныхъ на французскомъ языкѣ въ 1870 году и др.

женных сотрясеніямъ, какъ на фабрикахъ и заводахъ, въ которыхъ работаютъ сильныя движущія машины, молоты и т. п., толщина стѣнамъ дается въ  $\frac{1}{6}$  ихъ высоты.

Такимъ образомъ каменная плотина, какъ отдѣльно стоящая стѣна, даже и безъ давленія на нее воды, но сквозь которую въ водоспускѣ, или черезъ которую въ водосливѣ падаетъ значительная масса воды, производящая сильное сотрясеніе, должна имѣть значительную толщину сравнительно съ высотой, только для своей собственной устойчивости, не принимая во вниманіе дѣйствіе на нее внѣшнихъ силъ.

Плотина, какъ и вообще каменная стѣна, не можетъ быть неопредѣленной высоты, такъ какъ эта высота находится въ безусловной зависимости отъ прочности самаго матеріала, изъ котораго она сложена. Если вѣсь кубическаго фута каменной кладки мы означимъ чрезъ  $\Delta_1$ , то каждый футъ высоты стѣны производитъ на квадратный футъ основанія давленіе, равное  $\Delta_1$ , и если  $h$  высота стѣны, то давленіе на квадратный футъ основанія будетъ  $\Delta_1 \cdot h$ . Если прочное сопротивленіе матеріала стѣны раздробленію составляетъ  $p$  пудовъ на квадратный дюймъ, то на квадратный футъ основанія давленіе не должно превосходить  $144 \cdot p$  пудовъ (такъ какъ квадратный футъ = 144 квадратн. дюйм.); сдѣлавъ  $144 \cdot p = P$  пуд., очевидно, что самая наибольшая высота стѣны будетъ при условіи

$$\Delta_1 \cdot h = P \text{ и } h = \frac{P}{\Delta_1}.$$

Но такъ какъ каменная кладка связывается растворомъ или цементомъ, который и при совершенномъ отвердѣніи не имѣетъ той степени прочнаго сопротивленія, какъ самый камень кладки, то очевидно, что величина давленія на основаніе не можетъ доходить до величины прочнаго сопротивленія камня, а лишь до величины прочнаго сопротивленія связующаго кладку цемента. Итакъ, если допустимъ что средній вѣсь кубическаго фута каменной кладки составляетъ 3,4 пуд., или  $\Delta_1 = 3,4$  пуд., и если за наибольшую величину прочнаго сопротивленія каменной кладки раздробленію примемъ 4,5 пуд. на квадратный дюймъ, т.-е. примемъ  $p = 4,5$  пуд., тогда  $P = 144 \cdot 4,5 = 648$  пуд. на квадратный футъ и слѣдовательно  $h = \frac{P}{\Delta_1} = \frac{648}{3,4} = 190,59$  фут. или 27,23 сажени. Это и будетъ наибольшая высота, которую допускаетъ каменная кладка; но въ виду случайности отъ особаго возвышенія воды за плотиной, или ударовъ льда, въ каменныхъ плотинахъ не допускаютъ прочнаго сопротивленія кладки раздробленію болѣе какъ отъ 2,4 до 3,15 пуд. на квадратный дюймъ. А при этихъ условіяхъ наибольшая высота каменной кладки можетъ быть отъ 101,65 до 130,47 футовъ, или отъ 14,52 до 18,64 сажени. А потому, при опредѣленіи вычисленіемъ профилей плотинъ, прежде всего устанавливаются въ цифрѣ вѣса кладки въ единицѣ объема и въ цифрѣ величины давленія на единицу площади, которое можно допускать не нарушая прочнаго сопротивленія матеріала.

Сгруппируемъ здѣсь вышеприведенныя (въ гл. VIII п. 24) нами цифры:

- 1) *Вѣсъ кубическаго фута каменной кладки* составляетъ:
- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| изъ гранита и бута . . . . . | 4,15 пуд.             |
| „ песчаника . . . . .        | отъ 3,54 до 3,66 пуд. |
| „ известняка . . . . .       | „ 2,94 „ 3,98 „       |
| „ кирпича . . . . .          | „ 2,54 „ 2,94 „       |

Средній вѣсъ составляетъ 3,393 или 3,4 пуда; французскіе инженеры вѣсъ кладки, при вычисленияхъ, обыкновенно принимаютъ въ 2000 килограммовъ въ кубическомъ метрѣ, что соотвѣтствуетъ 3,46 пуд. въ кубическомъ футѣ.

2) *Временное сопротивленіе раздробленію*. Припомнимъ, что для прочнаго сопротивленія матеріаловъ, берется обыкновенно нѣкоторая часть временнаго, измѣняющаяся вообще съ родомъ матеріала, назначеніемъ части сооруженія и способомъ дѣйствія на эту часть внѣшнихъ силъ. Такъ для дерева и правильной каменной кладки коэффициентъ прочности принимается въ  $\frac{1}{10}$  временнаго сопротивленія и для бутовой кладки отъ  $\frac{1}{15}$  до  $\frac{1}{20}$ .

Временное сопротивленіе на квадратный дюймъ составляетъ: для гранита 315 пуд., для песчаника 275 пуд., для известняка 200 пуд. Среднее 263 пуд. и при правильной кладкѣ прочное сопротивленіе составитъ 26,3 пуд. на квадратный дюймъ. Временное сопротивленіе раздробленію кирпича составляетъ 30 пудовъ и кирпичной кладки 24 пуда, а слѣдовательно прочное сопротивленіе составляетъ 2,4 на квадратный дюймъ.

Что же касается до растворовъ и цементовъ, то временное сопротивленіе раздробленію обыкновеннаго раствора изъ жирной извести съ пескомъ, чрезъ 14 лѣтъ, составляетъ до 14 пудовъ; обыкновенной извести съ кирпичной цемянкой отъ 18 до 20 пудовъ и портландскаго цемента, безъ песка, чрезъ  $2\frac{1}{2}$  года, 60 пудовъ на квадратный дюймъ. Величина сопротивленія разрыву при растяженіи всѣхъ этихъ матеріаловъ составляетъ  $\frac{1}{8}$  противъ величины сопротивленія раздробленію.

Хотя для кладки каменныхъ плотинъ обыкновенно употребляютъ растворы гидравлическихъ известей и цементы, но если нѣкоторые цементы достигаютъ и иногда превосходятъ крѣпость камней, то этого они достигаютъ только съ теченіемъ времени, т.-е. чрезъ нѣсколько мѣсяцевъ или даже чрезъ нѣсколько лѣтъ. Притомъ, опыты надъ крѣпостью и твердостью цементовъ всегда производятся надъ отдѣльными небольшими камнями и слѣдовательно не въ тѣхъ условіяхъ, въ какихъ они находятся въ большихъ каменныхъ толщахъ. По опытамъ *Викъ* и другихъ, цементы, по преимуществу гидравлической извести, какъ напр. изъ тейльской (Theil) извести, раздробляются при давленіи, измѣняющемся отъ 15,16 до 70,92 пуд. на квадратный дюймъ (или отъ 140 до 180 килограммовъ на квадр. сантиметръ), когда эти цементы были приготовлены и положены въ дѣло нѣсколько мѣсяцевъ назадъ.

Такимъ образомъ, при отличномъ качествѣ гидравлическихъ известей, можно было бы, для прочнаго сопротивленія кладки раздробленію, принять какъ наибольшую цифру 5,5 пуда на квадрат. дюймъ (или 14 килограм. на квадрат. сантиметръ). Такое давленіе и нагрузка дѣйствительно оказались въ нѣкоторыхъ древнихъ каменныхъ плотинахъ, но, конечно, безъ сознанія строителей, говоритъ французскій инженеръ Дебоуз (Debauve); но однако новѣйшіе инженеры не могли рѣшиться принять эту цифру за основаніе своихъ вычисленій. Такимъ образомъ, въ плотинѣ Альманза (d'Almanza) допущена нагрузка, дающая давленіе въ 5,5 пуд. на квадрат. дюймъ (или 14 килогр. на сантиметръ); въ плотинѣ Гробуа (Gros-bois) 4,1 пуд. (10,4 килогр.); при вычисленіи же профиля для плотины Фюренсъ (Furens) сопротивленіе принято лишь въ 2,56 пуд. (6,5 килогр.), а въ плотинѣ Банъ (Ban) въ 3,15 пуд. (8 килогр.). А потому при вычисленіи обыкновенно принимаютъ прочное сопротивленіе кладки раздробленію въ предѣлахъ отъ 2,4 пуд. до 3,15 пуд. на квадрат. дюймъ (или отъ 6 до 8 килогр. на квадрат. сантиметръ), смотря по качеству употребляемаго цемента или гидравлической извести. Благонадежность этихъ цифръ уже оправдалась многочисленными опытами <sup>1)</sup>.

Разсмотримъ теперь, какимъ образомъ тотъ или другой профиль плотины даетъ возможность распредѣлять нагрузку и уравнивать давленіе, при той же нагрузкѣ, на разныя части плотины въ опредѣленныхъ предѣлахъ. Представимъ себѣ два профиля плотины, одинъ прямо-

Черт. XXVI.  
фиг. 385.

1) При постройкѣ очень высокихъ стѣнъ, или на которыхъ будетъ лежать очень большой грузъ, надобно дѣлать непосредственныя испытанія надъ сопротивленіемъ раздавливанію употребляемаго матеріала. При возведеніи высокихъ стѣнъ, плотинъ, или мостовыхъ быковъ, должно брать для камня только  $\frac{1}{20}$  его сопротивленія раздавливанію, а въ тонкихъ подпорахъ или колонахъ только  $\frac{1}{40}$  или  $\frac{1}{50}$  часть. Ронделе составилъ таблицу нагрузокъ, которымъ камень подвергается въ извѣстныхъ сооруженіяхъ. На каждый квадратный футъ производится слѣдующее давленіе въ пудахъ:

На обочекъ церкви св. Петра въ Римѣ . . . . .	6,42 пуд.
„ „ „ св. Павла въ Лондонѣ . . . . .	7,60 „
„ „ „ Инвалидовъ въ Парижѣ . . . . .	5,79 „
Колонны церкви св. Павла близъ Рима . . . . .	5,79 „
Опоры купола св. Женевьевы въ Парижѣ . . . . .	11,18 „
„ колокольни церкви св. Маріи . . . . .	11,58 „
Колонны церкви Всѣхъ Святыхъ въ Анжерѣ . . . . .	17,40 „
Въ быкахъ моста Нёлы въ Парижѣ . . . . .	3,66 „

Въ высокихъ быкахъ съ каменною облицовкою, при вычисленіи сопротивленія давленію, слѣдуетъ принимать только во вниманіе площадь облицовки, полагая, что на забутовку не будетъ передаваться никакого давленія.

Если же стѣна выводится изъ бута или кирпича, то при вычисленіи площади ея поперечнаго сѣченія для сопротивленія давленію, надобно изъ всей площади вычесть часть, соответствующую швамъ, наполненнымъ растворомъ, которая часть въ это сопротивленіе не входитъ. Для этого въ стѣнахъ изъ бута, изъ полной площади надобно вычитать отъ  $\frac{1}{30}$  до  $\frac{1}{40}$  ея, а въ кирпичныхъ только отъ  $\frac{1}{60}$  до  $\frac{1}{70}$  всей площади, полагая эти части на площадь швовъ.

ренный, въ которыхъ высоты  $AB$  и  $OH$  равны и основаніе  $MN$  вдвое болѣе  $AD$ . Очевидно, что площади обоихъ профилей будутъ равны между собою. Разсматривая, какъ и всегда, плотину на длинѣ одного погоннаго фута, очевидно, что вѣсъ части плотины съ профилемъ  $ABCD$  будетъ равенъ вѣсу части плотины съ профилемъ  $MON$ . Но такъ какъ площадь основанія  $AD$  профиля  $ABCD$  вдвое менѣе площади основанія  $MN$  профиля  $MON$ , то слѣдовательно на каждый квадратный дюймъ, или на каждый квадрат. футъ, давление будетъ вдвое болѣе, чѣмъ на каждый квадратный дюймъ, или квадратный футъ, площади  $MN$ . Такимъ образомъ, при томъ же вѣсѣ плотины, чрезъ измѣненіе профиля, мы можемъ уменьшить или увеличить давление на каждую единицу площади основанія, увеличивая или уменьшая площадь самаго основанія. Если мы возьмемъ швы кладки на срединѣ высоты того и другаго профиля, а именно швы  $ab$  и  $mn$ , то такъ какъ  $ab = mn$ , а площадь  $aBCb$  вдвое больше площади  $mOn$ , то и вѣсъ части плотины  $aBCb$  будетъ вдвое больше вѣса части плотины  $mOn$ , и какъ основанія въ этихъ швахъ равны, то давление на каждый квадратный футъ или дюймъ шва  $ab$  будетъ вдвое болѣе давления на каждый квадратный футъ или дюймъ шва  $mn$ . Такимъ образомъ мы видимъ, что посредствомъ измѣненія формы профиля мы можемъ, при томъ же вѣсѣ плотины, и слѣдовательно при томъ же затраченномъ матеріалѣ, измѣнить величину давления на площадь основанія или на площадь какаго-либо шва кладки.

При этомъ замѣтимъ, что такъ какъ каменная плотина представляетъ сплошную массу, крѣпко связанную цементомъ, то давление на каждую единицу площади, въ томъ же основаніи, или въ томъ же швѣ, какаго-либо профиля, будетъ одинаково, пока профиль имѣетъ симметрическую форму, т.-е. когда направленіе равнодѣйствующей всего груза, проходящей чрезъ центръ тяжести профиля, проходитъ и чрезъ средину основанія профиля. Но лишь только профиль слѣдается не симметричнымъ и равнодѣйствующая груза не пройдетъ чрезъ средину основанія, то распределеніе давления на основаніе измѣнится. Такъ, если профиль будетъ имѣть форму  $abcd$  и центръ тяжести его  $O$ , то направленіе  $Op$  равнодѣйствующей пересѣкаетъ основаніе  $ad$  ближе къ ребру  $d$ , чрезъ что давление на ребро  $d$  увеличится, а на ребро  $a$  уменьшится. Это давление еще болѣе увеличится на ребро  $d'$  въ профилѣ  $a'b'c'd'$  и уменьшается на ребро  $a'$ . Наконецъ, при профилѣ  $a''b''c''d''$ , увеличеніе давления на ребро  $d''$  и уменьшеніе давления на ребро  $a''$  можетъ дойти до того, что въ ребрѣ  $a''$  не только не будетъ давления, но будетъ растяженіе матеріала, котораго всегда слѣдуетъ избѣгать; если же въ этомъ профилѣ основаніе будетъ  $a'''d'''$ , то профиль сама по себѣ уже будетъ неустойчива и можетъ послѣдовать разрывъ матеріала вслѣдствіе безусловнаго его растяженія у ребра  $a'''$ . А потому когда каменная стѣна или плотина подвержена лишь собственному грузу, и когда хотятъ, чтобы давление было одинаково на оба ребра, или разровнено по всему основанію, то необходимо, чтобы профиль ея былъ симметриченъ. Такимъ образомъ можно опредѣлить профиль стѣны, или плотины, под-



верженной дѣйствию только своего собственнаго груза, съ тѣмъ, чтобы въ каждомъ произвольномъ горизонтальномъ швѣ давленіе было равно наприм. 2,4 пуд. на каждый квадратный дюймъ. Это былъ бы профиль равнобѣрнаго сопротивленія стѣны, въ которомъ строительный матеріалъ былъ бы употребленъ наивыгоднѣйшимъ образомъ; всѣ части такой стѣны были бы огружены предѣльнымъ давленіемъ и это былъ бы самый экономическій и вмѣстѣ самый устойчивый профиль. Теорія показываетъ, Черт. XXVI.  
фиг. 387. что подобный профиль былъ бы симметричный и ограниченный съ боковъ особаго вида кривыми линиями <sup>1)</sup>, и въ которомъ на разстояніи 47,8 метр. отъ вершины, толщина стѣны была бы 5 метровъ, на разстояніи 88,4 метр. эта толщина была бы 30 метр. и т. д. Причемъ въ каждой части стѣны съ этимъ профилемъ, давленіе составляетъ ровно 2,4 пуд. на квадр. дюймъ, или 6 килогр. на квадр. сантиметръ. Если бы вмѣсто этого профиля, ограниченаго кривыми линиями *ANB* и *BMC* совершенно симметричными, приняли бы профиль треугольника *ABC*, то давленіе на каждый квадратный сантиметръ основанія было бы 11,5 килограммовъ, вмѣсто 6 килограммовъ, и стѣна, хотя болѣе массивная, была бы въ условіяхъ меньшей устойчивости и прочности. Этотъ примѣръ, хотя непримѣнимый въ практикѣ, указываетъ однако вліяніе распредѣленія матеріала на распредѣленіе давленій.

Но такъ какъ на плотину, кромѣ собственнаго ея груза, дѣйствуетъ еще боковое давленіе воды, то окончательное давленіе будетъ зависѣть отъ величины и направленія равнодѣйствующей этихъ двухъ силъ. Уже это одно обстоятельство указываетъ, что профиль плотины не можетъ быть тогда симметричнымъ. Но имѣя въ виду, что чрезъ измѣненіе профиля, т.-е. чрезъ перемѣщеніе матеріала въ профилѣ, можно въ извѣстныхъ случаяхъ уменьшить давленіе на оба ребра, или уменьшить на одно и удержать то же давленіе на другое, или, наконецъ, уменьшить на одно и увеличить на другое, то изъ этого слѣдуетъ, что соотвѣтственнымъ перемѣщеніемъ матеріала, или извѣстною формою профиля, возможно достигнуть равнобѣрности этого распредѣленія чрезъ приведеніе равнодѣйствующей давленія на средину основанія.

Теоретическія изслѣдованія показываютъ <sup>2)</sup>, что форма профиля каменной плотины, или вообще стѣны резервуара, наполненнаго водою, удовлетворяющая устойчивости, прочности и наибольшей экономіи въ Черт. XXVI.  
фиг. 388. матеріалѣ, должна состоять изъ вертикальной плоскости *ab*, обращенной къ водѣ, изъ вогнутой криволинейной поверхности *bc* съ внѣшней, или низовой стороны, и съ толщиной равною нулю въ вершинѣ *b*. Но въ практикѣ, конечно, нулевую толщину въ вершинѣ допустить невозможно; во-первыхъ, необходимо чтобы плотина въ верхней части могла оказывать достаточное сопротивленіе ударамъ волнъ, а иногда ударамъ льда и случайно плывущимъ предметамъ; а во-вторыхъ, она чаще служитъ пѣшеходнымъ путемъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и проѣздною дорогою

1) См. прилож. XXXV.

2) См. прилож. XXXVI.

для экипажей. А потому толщина плотины въ верхнемъ гребнѣ будетъ зависѣть, какъ отъ потребностей сообщенія чрезъ нее, такъ и отъ высоты плотины, такъ какъ опасность отъ ударовъ увеличивается съ высотой плотины. Обыкновенно для этихъ случаевъ считаютъ достаточную толщину плотины въ верхнемъ гребнѣ въ 16,5 фѳт. или въ 5 метровъ. Когда по этимъ различнымъ соображеніямъ будетъ принята опредѣленная толщина вверху, тогда очевидно, что внѣшняя, или низовая, сторона профиля, можетъ до нѣкоторой глубины, до которой давленіе воды на эту часть достигаетъ предѣла прочнаго сопротивленія, ограничиваться также вертикальной стѣнкой, а затѣмъ уже продолжаться по кривой вогнутой поверхности. А потому профиль каменной плотины приметъ видъ *ACDEB*, гдѣ *AC* и *DE* вертикальныя стѣнки и *BE* вогнутая кривая поверхность.

Черт. XXVI.  
лит. 389.

При теоретическомъ разсмотрѣніи вопроса всегда предполагаютъ, что плотина выдерживаетъ давленіе столба воды равнаго высотѣ самой плотины; но если необходимо чтобы съ одной стороны это наибольшее давленіе не превосходило предѣла прочнаго сопротивленія плотины, то съ другой также необходимо чтобы это прочное сопротивленіе нигдѣ не было превзойдено при случайномъ возвышеніи уровня воды за плотиною или при совершенномъ осушеніи бассейна. Крайніе случаи очевидно будутъ тогда, когда бассейнъ совершенно полонъ и когда онъ совершенно пустъ, и если прочное сопротивленіе плотины будетъ обезпечено въ этихъ двухъ крайнихъ случаяхъ, то очевидно, что оно будетъ обезпечено во всѣхъ промежуточныхъ, такъ какъ равнодѣйствующая давленій всегда заключается между двумя предѣлами соотвѣтствующими этимъ двумъ крайнимъ положеніямъ. Вышеуказанный профиль *ACDEB* соотвѣтствуетъ случаю когда бассейнъ полонъ и вода производитъ наибольшее давленіе. Но что произойдетъ когда бассейнъ осушится вполне? удовлетворитъ ли этотъ профиль условію, что ни въ какой части его предѣльное давленіе въ 2,4 пуда на квадратный дюймъ не будетъ превзойдено? Уничтоженіе горизонтальнаго давленія воды  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2}$ , когда бассейнъ пустъ, будетъ имѣть результатомъ, что на плотину будетъ дѣйствовать только ея собственный грузъ *G*, приложенный въ центрѣ тяжести *O* профиля. Слѣдовательно равнодѣйствующая давленій будетъ уже не наклонная *R*, а вертикальная *G*, направленіе которой много приблизится къ внутреннему ребру *A*, отчего давленіе на это ребро значительно увеличится сравнительно съ давленіемъ на ребро *B*. И если высота плотины, или напоръ воды, значительны, то предѣльное давленіе въ 2,4 пуда не только будетъ превзойдено въ *A*, но еще и выше *A* до нѣкоторой точки *F* вертикальной части стѣны. А потому необходимо ниже этой точки *F* увеличить площадь на которую происходитъ давленіе, или увеличить толщину каменной кладки и дать ей такую форму, которая приближалась бы къ формѣ стѣны равномернаго сопротивленія, подверженной дѣйствию одного ея собственнаго груза. Такимъ образомъ профиль плотины приметъ окончательно форму контура *HFCDEB*.—фѳт. 389.

Французскій инженеръ *Кранцъ* (Krantz), очень вѣрно и картинно изобразилъ этотъ рациональный профиль каменной плотины, словами: „короче, говоритъ онъ, профиль плотины долженъ представлять собою почти силуэтъ борца, который готовится получить ударъ и который, хорошо утвердившись на ногахъ, выставилъ одну изъ нихъ впередъ и сильно подперся другою назадъ“<sup>1)</sup>.

Профиль ограниченной кривыми линиями, можно замѣнить профилемъ Черт. XXVII.  
ограниченнымъ прямыми и тогда графически опредѣляютъ размѣры фиг. 390.  
словъ *CDLE, FLEM, FG MN...* и т. д.

Если брать эти слои тонкими, то ломаная линия *LFGHA* будетъ очень близка къ теоретической кривой; но въ этомъ нѣтъ необходимости, и въ практикѣ, безъ особыхъ неудобствъ, принимаютъ большую высоту для каждаго слоя. Наконецъ, для простоты работы, кривыя линіи замѣняются прямыми *AL* и *BN*.

На слѣдующей фиг. 391 представленъ, въ масштабномъ видѣ и фиг. 391.  
съ обозначеніемъ размѣровъ, профиль каменной плотины, опредѣленный графическимъ способомъ до глубины 123,12 фута, при начертаніи котораго всѣ кубическаго фута кладки приняты въ 3,46 пуд. (2000 килограм. въ кубическ. метрѣ) и предѣльное прочное сопротивление въ 2,4 пуда на квадратн. дюймъ (6 килограм. на квадратный сантиметръ). Ширина верхняго гребня принята, для возможности экипажнаго проѣзда, въ 16,4 фута, или въ 5 метровъ. Въ этомъ профилѣ, какъ видно, глубина воды, на которой грань плотины обращенная къ водѣ перестаетъ быть вертикальною, составляетъ 90,32 ф. Глубина воды, на которой обѣ грани вертикальны—30,67 ф. и ширина основанія плотины 100,37 футовъ.

Чтобы показать нагляднѣе преимущество профиля каменной плотины, начертаннаго на основаніи теоретическихъ расчетовъ, представимъ здѣсь такой профиль, по которому построена плотина Банъ, и рядомъ съ Черт. XXVII.  
нимъ нѣсколько профилей старыхъ плотинъ, которыя были построены фиг. 392.  
рутинно, безъ подобныхъ расчетовъ. Уже одинъ простой взглядъ на эти профили дозволяетъ оцѣнить экономическія выгоды новаго профиля плотины Банъ и болѣе правильное размѣщеніе въ немъ строительныхъ матеріаловъ и распределеніе давленій. Ближайшее сравненіе этихъ профилей вполне подтвердитъ это заключеніе. Всѣ размѣры этихъ профилей выражены въ метрахъ. Плотина Пуэнтесъ имѣетъ въ своемъ профилѣ фиг. 393.  
1519 квадратн. метровъ, предѣльное давленіе достигаетъ въ ней 7,9 килограммовъ на квадратн. сантиметръ. Тогда какъ ея теоретическій профиль требуетъ лишь 1029 квадратн. метровъ площади, съ ограниченіемъ предѣльнаго давленія до 6 килограммовъ на сантиметръ. А мы уже знаемъ, что количество матеріаловъ потребное на плотину, пропорціонально площади профиля. Плотина Вальинфьерно имѣетъ сѣченіе фиг. 394.

<sup>1)</sup> „En résumé, un mur de retenue doit présenter à peu de chose près la silhouette d'un lutteur qui se prépare à recevoir un choc, et qui, bien affermis sur ses jambes, a porté l'une un peu en avant et fortement arcbuté l'autre en arrière“. На чертежѣ XXX представлено подробное начертаніе профилей плотинъ Фюренсъ и Банъ.

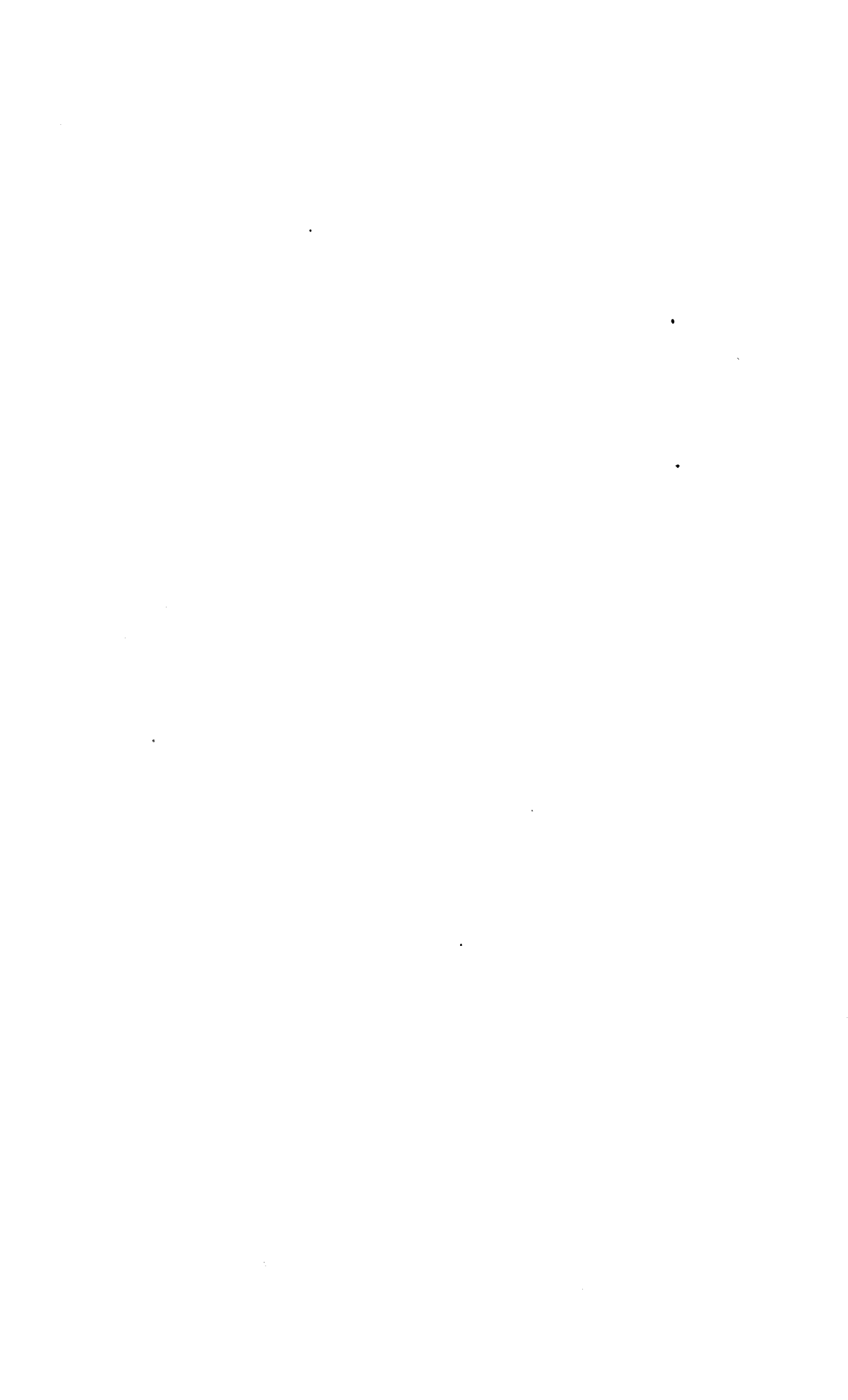
въ 1084 квадратн. метровъ и наибольшее давленіе достигаетъ въ ней 6,5 килограм.; теоретическій же для нея профиль далъ бы сѣченіе только въ 391 квадратн. метръ, съ наибольшимъ давленіемъ въ 6 килограммовъ.

• и г. 395. Въ плотинѣ Эльшъ предѣльное давленіе достигаетъ 12,7 килограм. при сѣченіи въ 243 квадратн. метра; при теоретическомъ же профиль сѣченіе ея могло бы быть уменьшено до 187 квадратн. метровъ при предѣльномъ давленіи не больше 6 килограммовъ.

• и г. 396. Въ плотинѣ Гробуа, принадлежащей къ болѣе новымъ, предѣльное давленіе достигаетъ 10,4 килограм. при сѣченіи въ 226 квадратн. метровъ; теоретическій же ея профиль потребовалъ бы сѣченія только въ 156 квадратныхъ метровъ, при наибольшемъ давленіи въ 6 килограммовъ. При этомъ нужно замѣтить, что если бы перевернуть профиль плотины Гробуа такимъ образомъ, чтобы вертикальную стѣну обратить къ водѣ пруда и уступы внизъ по теченію, то при томъ же профиль получили бы большую степень устойчивости. Эти примѣры достаточно указываютъ, какъ много значитъ хорошее распредѣленіе строительныхъ матеріаловъ въ тѣлѣ плотины. Что же касается до опредѣленія теоретическаго профиля каменной плотины графическимъ способомъ, то мы указываемъ этотъ способъ въ приложеніи XXXVI къ этой второй части.

КОНЕЦЪ ВТОРОЙ ЧАСТИ.

# ПРИЛОЖЕНІЯ.



# ПРИЛОЖЕНІЯ КЪ ВТОРОЙ ЧАСТИ.

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXV.

### Составъ строительныхъ камней.

Простыя, т.-е. неразлагаемая химически вещества, соединяясь между собою, образуютъ множество различныхъ соединеній, называемыхъ *простыми минералами*. Каждый простой минералъ есть определенное химическое соединеніе и имѣетъ однородный составъ, т.-е. каждая его частица составлена точно также, какъ и всякая другая. Большая часть простыхъ минераловъ, которыхъ насчитываютъ до 1000 видовъ, различаются по первообразной формѣ кристалловъ: два минерала одинаковаго химическаго состава могутъ принадлежать къ разнымъ видамъ, потому что имѣютъ различныя первообразныя формы кристалловъ. Массы, образующія земную кору, какъ каменистыя, такъ и землистыя, сплошныя или слоистыя, состоятъ изъ простыхъ минераловъ одного рода или нѣсколькихъ родовъ, смѣшанныхъ, но не соединенныхъ химически. Какъ химическія, такъ и механическія свойства камней и земель зависятъ отъ тѣхъ минераловъ, которые находятся въ нихъ въ наибольшемъ количествѣ, но число такихъ очень распространенныхъ въ природѣ минераловъ вообще не велико.

Главныя химическія составныя части этихъ *преобладающихъ минераловъ* суть четыре земли:

1) *Кремнеземъ*. Въ чистомъ видѣ встрѣчается въ большомъ количествѣ въ видѣ кварца, песка и кремня. Онъ химически состоитъ изъ одного пая кремнія и одного пая кислорода.

2) *Глиноземъ*. Въ чистомъ видѣ встрѣчается только въ рубинахъ и сапфирахъ. Химически состоитъ изъ двухъ паявъ глинія и трехъ паявъ кислорода. Въ соединеніи съ другими землями очень распространенъ.

Какъ кремнеземъ, такъ и глиноземъ, при извѣстныхъ условіяхъ, могутъ образоватъ съ водою студенистое вещество, имѣющее цементующее свойство, которое связываетъ собою весьма различныя и разнородныя минералы въ плотную каменную массу.

3) *Известь*. Химически состоитъ изъ одного пая кальція и одного пая кислорода. Чистой извести въ природѣ нѣтъ, но въ соединеніи съ углекислотою и другими землями она встрѣчается часто.

4) *Магнезія*, или горькая земля, химически состоитъ изъ одного пая магнія и одного пая кислорода. Чистой магнезіи въ природѣ нѣтъ, но въ соединеніи съ углекислотою и другими землями довольно распространена, хотя не въ такомъ большомъ количествѣ какъ кремнеземъ, глиноземъ и известь.

Въ преобладающихъ минералахъ, въ соединеніи съ землями, часто встрѣчаются двѣ щелочи: *кали* (поташъ) и *натр* (сода), которыя бываютъ причиною разложенія камней въ воздухѣ.

Какъ уже замѣтили выше, въ соединеніи съ известью и магнезіей встрѣчается въ большомъ количествѣ *углекислота*, присутствіе которой въ камняхъ обнаруживается вскипаніемъ при наливаніи на нихъ сильнѣйшей кислоты. Въ составъ преобладающихъ минераловъ, изъ металловъ входятъ желѣзо и марганецъ; но сравнительно въ малыхъ количествахъ.

*Преобладающіе минералы въ камняхъ* суть: 1) *Кварцъ*, чистый кремнеземъ. Въ видѣ кристалла цвѣтнаго или безцвѣтнаго, но прозрачнаго, называется *юрнымъ хрусталемъ*; въ видѣ плотной, но не кристаллической, прозрачной массы — *роговымъ камнемъ*; полупрозрачной — *кремнеземъ*. Зерна, или мелкіе кристаллы кварца, образуютъ *песокъ*. Изъ наиболѣе распространенныхъ минераловъ, кварцъ есть самый твердый и прочный.

2) *Полевой шпатъ*. Минеральная порода, состоящая изъ земель и щелочей. Чаще встрѣчаются три ея вида: *обыкновенный полевой шпатъ*, или *ортоглазъ*, состоящій изъ кремнезема, глинозема и кали; *натровый полевой шпатъ*, или *альбитъ*, изъ кремнезема, глинозема и натра; и *известковый полевой шпатъ*, изъ кремнезема, глинозема и извести. Вообще полевой шпатъ имѣетъ разныя степени твердости и прочности, смотря по составу, и въ кристаллическомъ или плотнозернистомъ сложеніи образуетъ бѣлыя или красноватаго цвѣта зерна и кристаллы, которыя видны въ гранитѣ, порфирѣ и другихъ горныхъ породахъ.

3) *Роговая обманка*. Представляетъ большія различія въ наружномъ видѣ и внутреннемъ составѣ; въ бѣлой разновидности состоитъ изъ кремнезема, магнезіи, извести и небольшого количества фтора съ частью кальція. Самыя обыкновенныя ея разновидности, темнозеленая и черная, составляютъ большую часть массы трапа, зеленого камня, или діорита. Это одинъ изъ твердѣйшихъ и прочнѣйшихъ минераловъ.

4) *Авигтъ* по свойствамъ очень похожъ на роговую обманку; бѣлая его разновидность состоитъ изъ кремнезема, магнезіи и извести, а въ зеленой и черной его разновидности часть магнезіи замѣнена такимъ же количествомъ закиси желѣза.

5) *Слюда* имѣетъ листовое сложеніе и можетъ быть раздѣлена на тонкіе, прозрачныя, или полупрозрачныя листы; она гибка и такъ мягка, что ее можно рѣзать ножемъ. Одна изъ ея разновидностей состоитъ изъ кремнезема, глинозема, кали и окисей желѣза и марганца. Нѣкоторые ея виды содержатъ фторъ.



6) *Хлоритъ*. По листовому сложенію, мягкости и гибкости, похожъ на слюду; состоитъ изъ кремнекислыхъ солей магнезіи, глинозема, кали и окиси желѣза съ нѣкоторымъ количествомъ воды.

7) *Углекислая известь*. Состоитъ изъ одного пая извести и одного пая углекислоты; она образуетъ всѣ разновидности мраморовъ и известняковъ.

8) *Доломитъ*. Состоитъ изъ углекислой извести и углекислой магнезіи.

Камни, какъ строительные матеріалы, могутъ быть раздѣлены на три главные класса, смотря по той землѣ, которая входитъ въ ихъ составъ въ наибольшемъ количествѣ, а именно, на *кремнекислые*, или *кварцевые*, *глинистые* и *известковые*.

Къ *кремнекислымъ* принадлежатъ: гранитъ, сіенитъ, гнейсъ, слюдяной сланецъ, діоритъ, или трапъ (зеленый камень), базальтъ, талькъ, хлоритовый сланецъ, жировикъ, или мыловка, кристаллическій кварцъ, роговикъ, кремень, роговообманковый сланецъ, песчаникъ.

Къ *глинистымъ* относятъ: порфиры, глинистый сланецъ, или шиферъ, и грауваковый сланецъ.

Къ *известковымъ* принадлежатъ: мраморъ, плотный известнякъ, зернистый известнякъ и доломитъ.

Гранитъ, сіенитъ, гнейсъ и слюдяной сланецъ, состоятъ изъ кварца, полевого шпата, слюды и роговой обманки. Гранитами называютъ тѣ виды, въ которыхъ мало или вовсе нѣтъ роговой обманки; сіенитами же, гдѣ мало или нѣтъ слюды. Прочность и твердость гранита и сіенита зависятъ отъ количества заключающихся въ нихъ кварца и роговой обманки; полевой шпатъ и слюда составляютъ слабѣйшія и менѣ прочныя ихъ части. Гнейсъ и слюдяной сланецъ, хотя состоятъ изъ тѣхъ же минераловъ, но имѣютъ сложеніе слоистое, причемъ послѣдній отличается тѣмъ, что мало или вовсе не содержитъ полевого шпата. Тотъ и другой слабѣе и менѣ прочны чѣмъ гранитъ. Гнейсъ идетъ на лестадки, а слюдяной сланецъ иногда на покрытіе крышъ, но онъ для этого хуже чѣмъ глинистый сланецъ.

Діоритъ и базальтъ состоятъ изъ зернистыхъ кристалловъ роговой обманки или авгита съ полевымъ шпатою. Въ діоритѣ зерна мельче чѣмъ въ гранитѣ, а въ базальтѣ они едва замѣтны. Діоритъ бываетъ обыкновенно темнозеленаго цвѣта, рѣдко бѣлаго или краснаго; базальтъ почти чернаго; эти разности цвѣтовъ происходятъ отъ роговой обманки или авгита, потому что полевой шпатъ бѣлъ. Обѣ эти породы очень плотны, прочны, тверды и крѣпки.

Въ талькѣ, хлоритовомъ сланцѣ и жировикѣ, преобладаетъ кремнекислая магнезія. Талькъ имѣетъ прозрачныя или просвѣчивающіе слои и листоватое сложеніе; онъ мягокъ и легко обдѣлывается. Хлоритовый сланецъ имѣетъ тѣ же свойства, кромѣ меньшей прозрачности. Онъ имѣетъ зеленый или сѣрозеленый цвѣтъ и шелковистый блескъ; иногда употребляется для кровель, но хуже глинистаго сланца. Жировикъ полупрозраченъ и мягокъ, на-ощупъ жиренъ; цѣнится за огнеупорность.

Кристаллическій кварцъ, роговикъ и кремь состоятъ изъ чистаго или почти чистаго кварца. Изъ нихъ кварцъ кристаллическаго, а роговикъ стекловатаго сложенія. Это самыя крѣпкіе и прочныя камни, но твердость ихъ такъ велика, что они не допускаютъ правильной обдѣлки, причеьъ попадаются въ небольшихъ кускахъ. Кремь хотя твердъ и проченъ, но хрупокъ; его употребляютъ въ примѣсъ къ известковому раствору.

Роговообманковый сланецъ твердъ, крѣпокъ, проченъ и непроницаемъ водою; его употребляютъ на лещадки.

Песчаникъ есть слоистая порода, состоящая изъ кварцевыхъ зеренъ песка, связанныхъ цементомъ, который обыкновенно составленъ изъ кремнезема, глинозема и извести. Въ самыхъ крѣпкихъ и прочныхъ песчаникахъ цементомъ служитъ почти чистый кремнеземъ; самыя слабыя и непрочныя—цементъ которыхъ содержитъ много глинозему; когда же въ цементѣ много извести, то песчаникъ скоро разрушается у морскихъ береговъ (отъ дѣйствія хлористо-водородной кислоты) и въ городахъ, гдѣ сжигается много каменнаго угля (отъ дѣйствія сѣрной кислоты). Песчаникъ бываетъ бѣлаго и желтовато-краснаго цвѣта (отъ присутствія въ связывающемъ цементѣ окиси желѣза). Лучшіе виды песчаника очень хороши для употребленія въ строеніяхъ, потому что крѣпки, тверды и въ то же время легко пилятся и обтесываются во всякую форму, въ особенности вскорѣ по вынутіи изъ ломби.

Порфиры состоятъ изъ полевошпатовоы массы, съ кристаллами полеваго шпата, иногда кварца, роговой обманки и другихъ минераловъ. Они имѣютъ разныя степени твердости; разновидности, въ которыхъ полевошпатовое тѣсто мягко и землисто, называются глинистыми порфирами и которые негодны для строительнаго дѣла; но въ которыхъ тѣсто плотное и кристаллическое и масса имѣетъ темнокрасный цвѣтъ, крѣпче и тверже гранита и принимаютъ высокую полировку.

Глинистый сланецъ, или шиферъ, имѣетъ сложеніе слоистое и бываетъ цвѣта синевато-сѣраго, синяго и пурпуроваго. Чѣмъ цвѣтъ темнѣе, тѣмъ камень крѣпче и прочнѣе. Онъ можетъ ломаться лещадками большой площади и очень малой толщины и почти непроницаемъ для воды; эти качества дѣлаютъ его очень удобнымъ для кровель, для стѣнокъ резервуаровъ съ водою и другихъ предметовъ. Крѣпчайшіе виды глинистаго сланца имѣютъ, по направленію листовъ, самую большую силу сцепленія, чѣмъ все до сихъ поръ испытанные камни.

Грауваковый сланецъ есть листоватый сланецъ, содержащій песокъ и иногда куски слюды и другихъ минераловъ. Его употребляютъ для кровель и лещадокъ, но онъ хуже глинистаго сланца.

Мраморъ есть плотная кристаллическая известь. Онъ полупрозраченъ, принимаетъ высокую полировку, иногда бѣлъ, иногда разноцвѣтенъ. Это одинъ изъ прочнѣйшихъ камней.

Плотный известнякъ состоитъ изъ чистой углекислой извести (некристаллической), иногда съ примѣсью песка и глины. Онъ бываетъ различной твердости и плотности, приближаясь иногда къ мрамору,

иногда къ зернистому известняку. Чаще бываетъ цвѣта бѣлаго, сѣровато-синяго и свѣтло-бураго.

Зернистый известнякъ состоитъ изъ углекислой извести въ видѣ зеренъ, которыя суть раковины или куски раковинъ, связанные цементомъ изъ извести, кремнезема и глинозема, смѣшанныхъ съ большимъ или меньшимъ количествомъ песка. Онъ всегда бываетъ болѣе или менѣе скважистъ. При вынутіи изъ каменоломни часто бываетъ такъ мягокъ, что рѣжется ножомъ, но потомъ на воздухѣ твердѣетъ. Въ оолитовой формации онъ является въ видѣ оолита, или такъ называемаго *украинаго камня*, потому что зерна его круглы и похожи на рыбу икру. Прочность его различна. Вообще прочность известковыхъ камней зависитъ отъ ихъ плотности; скважистые разрушаются при замерзаніи воды; обрабатываются они по большей части легко.

Доломитъ, или магнезіальный известнякъ, бываетъ отъ плотнаго кристаллическаго, до скважистаго, зернистаго сложенія. Когда онъ плотенъ, то также проченъ какъ мраморъ, на который походитъ видомъ, когда же скважистъ, то скоро разрушается. Онъ очень распространенъ и по наружности имѣетъ большое сходство съ известняками (*Ренкинъ*).

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXVI.

### Уголь тренія.

Изъ приложенія XIV въ 1-й части о треніи, мы уже видѣли, что если на какой-либо матеріальной наклонной плоскости  $AB$ , уголь наклоненія Черт. XXVII. которой съ горизонтальной линіей  $AC$  назовемъ чрезъ  $\alpha$ , будетъ лежать какое-нибудь тѣло  $Q$ , котораго вѣсъ означимъ чрезъ  $P$ , то это тѣло, вслѣдствіе сил. 397. своей тяжести, будетъ производить давленіе на плоскость  $AB$  и стремиться скользить по ней. Если  $O$  есть центръ тяжести тѣла  $Q$ , то сила тяжести тѣла  $Q$  будетъ дѣйствовать по направленію вертикальной линіи  $on$ . Разложимъ силу  $P$ , помощію параллелограмма  $ompr$ , на двѣ слагающія:  $P'$  — параллельную плоскости  $AB$  и  $P''$  — перпендикулярную въ этой плоскости. Такъ какъ уголь  $mon$  равенъ углу  $ABC = \alpha$ , то будетъ:  $P' = P \sin \alpha$  и  $P'' = P \cos \alpha$ . Сила  $P \cos \alpha$ , производя давленіе тѣла  $Q$  на плоскость, образуетъ между ними треніе, препятствующее скольженію тѣла по плоскости, а сила  $P \sin \alpha$  стремится произвести это скольженіе. Если коэффициентъ тренія между веществами плоскости  $AB$  и тѣла  $Q$  будетъ  $f$ , то сила тренія будетъ  $f \cdot P \cos \alpha$  и будетъ направлена по линіи  $oq$ , прямо противоположной направленію  $op$  силы  $P \sin \alpha$ . Поэтому, если тѣло  $Q$  перестаетъ скользить по плоскости  $AB$  и останавливается на всѣхъ мѣстахъ ея, то это значитъ, что силы  $P \sin \alpha$  и

$f \cdot P \cdot \cos \alpha$  находятся въ равновѣсїи, а для этого необходимо, чтобы было равенство:  $f \cdot P \cdot \cos \alpha = P \cdot \sin \alpha$  или  $f \cdot \cos \alpha = \sin \alpha$ ; откуда  $f = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$ .

Отсюда заключаемъ, что если плоскость наклонена къ горизонту подъ такимъ угломъ, котораго тангенсъ равенъ коэффициенту тренія между веществами плоскости  $AB$  и тѣла  $Q$ , то это тѣло не будетъ скользить по плоскости  $AB$  и останется на ней въ покоѣ. Тѣмъ болѣе оно останется въ покоѣ и не будетъ скользить, если  $\operatorname{tg} \alpha$  будетъ меньше  $f$ ; и, наоборотъ, какъ только  $\operatorname{tg} \alpha$  будетъ хотя немного больше  $f$ , тѣло будетъ скользить внизъ по наклонной плоскости.

Поэтому, если частицы сыпучихъ тѣлъ, послѣ нѣкотораго скольженія одна по другой, наконецъ останавливаются, образуя такъ-называемый *естественный откосъ*, или наклонъ, свойственный каждому сыпучему тѣлу, то это значитъ, что поверхность ихъ въ естественномъ откосѣ наклонена къ горизонту подъ такимъ угломъ, котораго тангенсъ равенъ коэффициенту тренія. Поэтому-то уголъ образуемый естественнымъ откосомъ сыпучихъ тѣлъ и называютъ *угломъ тренія*, или *угломъ покоя*.

Черт. XXVII.  
 фиг. 398. На основанїи предыдущаго очевидно, что если бы для нашего сыпучаго тѣла, напр. ржи, уголъ естественнаго откоса, или все равно уголъ тренія, былъ бы равенъ углу  $\alpha$ , то если бы не было никакой упорной стѣны  $N$ , наша рожь, ссыпаясь, образовала бы естественный откосъ  $abcd$ . Но если бы мы предположили, что призма  $abecdf$  вдругъ лишилась бы своего сыпучаго свойства и составила бы цѣльную массу, то она, вслѣдствіе тренія, не скользила бы по наклонной плоскости  $abcd$ , а оставалась бы на каждомъ мѣстѣ ея неподвижно въ состоянїи равновѣсія и вслѣдствіе того не производила бы никакого давления на стѣну  $N$ . Но лишь только она возстановила бы опять свое сыпучее свойство, то произвела бы нѣкоторое давление на эту стѣну частію  $aegdfh$ ; другая же часть  $bagcdh$ , вслѣдствіе тренія о плоскость  $abcd$ , не участвовала бы въ этомъ давленїи. А потому-то, при рѣшенїи вопроса о давленїи сыпучихъ тѣлъ на подпорную стѣну, нужно только опредѣлить, какая именно часть  $aegdfh$ , отъ всей призмы  $abecdf$ , производитъ это давленіе.

Изъ предыдущаго также слѣдуетъ, что если бы мы пожелали опредѣлить коэффициентъ тренія между какими-нибудь тѣлами, напр. между деревомъ и камнемъ, то стоитъ только на деревянную доску  $ab$  положить камень  $c$  и затѣмъ поднимать конецъ доски  $b$  до тѣхъ поръ, пока камень  $c$  начнетъ трогаться съ мѣста, чтобы скользить по доскѣ. Тогда уголъ  $\alpha$  между наклономъ доски и горизонтальною плоскостью  $ad$ , будетъ угломъ тренія между деревомъ и камнемъ, а  $\operatorname{tg} \alpha = f$ , будетъ коэффициентъ тренія между этими двумя тѣлами. Причемъ очевидно, что этотъ уголъ будетъ одинъ и тотъ же, камень ли  $c$  будетъ положенъ на наклонную плоскость изъ дерева, или кусокъ дерева  $c$  будетъ положенъ на каменную наклонную плоскость  $ab$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ XXVII.

### Конусъ тренія.

Для доказательства этого положенія, рассмотримъ предварительно Черт. XXVII. фиг. 397. нѣкоторыя условія движенія тѣла по наклонной плоскости. Если тѣло  $Q$  положено на наклонную плоскость  $AB$ , которой уголь наклоненія  $\alpha$ , то уже видѣли, что вѣсъ этого тѣла  $P$  разложится на нормальное давленіе на плоскость  $P \cdot \text{Cos} \alpha$  и силу  $P \cdot \text{Sin} \alpha$  параллельную плоскости  $AB$ . Отъ давленія  $P \cdot \text{Cos} \alpha$  произойдетъ треніе  $f \cdot P \cdot \text{Cos} \alpha$ , препятствующее движенію тѣла  $O$  по плоскости  $AB$ . Чтобы подвинуть тѣло вверхъ по плоскости, необходимо употребить силу не менѣе  $f \cdot P \cdot \text{Cos} \alpha + P \cdot \text{Sin} \alpha = P(\text{Sin} \alpha + f \cdot \text{Cos} \alpha)$ ; а чтобы подвинуть тѣло внизъ по плоскости, необходима сила не менѣе  $P(f \cdot \text{Cos} \alpha - \text{Sin} \alpha)$ . Мы также видѣли, что если  $f \cdot \text{Cos} \alpha = \text{Sin} \alpha$ , т.-е. если  $f = \text{tg} \alpha$ , или  $\alpha$  есть уголь, котораго тангенсъ равенъ коэффициенту тренія, то тѣло удерживается на плоскости безъ движенія только вслѣдствіе тренія.

Но вслѣдствіе тренія тѣла  $O$  по поверхности  $AB$ , эта послѣдняя Черт. XXVII. фиг. 400. можетъ претерпѣвать, не только нормальное давленіе  $N$ , тѣла  $O$ , но и наклонное давленіе  $P$ , если уголь уклоненія его отъ нормальной  $NC$ ,  $\text{NOP} = \alpha$ , не превосходитъ угла тренія. Въ самомъ дѣлѣ, сила  $P$  производитъ нормальное давленіе  $ON = P \cdot \text{Cos} \alpha$  и давленіе параллельное плоскости, или касательное,  $OA = P \cdot \text{Sin} \alpha$ . Давленіе  $P \cdot \text{Cos} \alpha$  препятствуетъ движенію по плоскости  $AB$ , производя треніе  $f \cdot P \cdot \text{Cos} \alpha$ ; слѣдовательно сила  $P$  до тѣхъ поръ будетъ въ равновѣсїи, т.-е. не произведетъ движенія, пока  $f \cdot P \cdot \text{Cos} \alpha$  будетъ болѣе  $P \cdot \text{Sin} \alpha$ , т.-е. пока  $f \cdot \text{Cos} \alpha > \text{Sin} \alpha$  или  $f > \text{tg} \alpha$  или  $\alpha < \rho$ , если чрезъ  $\rho$  назовемъ уголь тренія. При вращеніи угла  $coD = \rho$  вокругъ нормальной  $co$ , опишется конусъ, называемый *конусомъ тренія*. Поэтому конусъ тренія заключаетъ въ себѣ направленія всѣхъ тѣхъ силъ, которыя уничтожаются, или уравновѣшиваются сопротивленіемъ плоскости, вслѣдствіе тренія.

Предположимъ, что грань  $ab$  стѣны  $abcd$ , обращенная къ насыпи, Черт. XXVII. фиг. 401. вертикальна и высоту ея означимъ чрезъ  $h$ ; что естественный откосъ земли идетъ по линіи  $ae$ , и уголь этого откоса, или уголь тренія  $eag = \rho$ . Какъ уже видѣли, участокъ земли, образующій собою треугольную призму  $bae$  давить, съ одной стороны на стѣну  $ab$ , а съ другой давить на основаніе по линіи  $ae$ ; слѣдовательно, боковое давленіе сыпучей земли на стѣну будетъ измѣряться тяжестью не полной призмы  $bae$ , а только нѣкоторой части ея. Возьмемъ произвольную призму  $baf$ , ограниченную наклонною линіею  $af$ , которая составляетъ съ горизонтомъ  $ag$  уголь  $\varphi$ . Если  $o$  будетъ центръ тяжести призмы  $baf$  и если вѣсъ ея означимъ чрезъ  $P$ , а вѣсъ кубическаго фута земли чрезъ  $\Delta$ , то объемъ этой призмы будетъ:

$$\frac{ab \times bf}{2} \cdot 1 \text{ ф. куб. ф} = \frac{h}{2} \cdot h \cdot \text{cotg} \varphi. \text{ Вѣсъ же призмы } baf \text{ будетъ:}$$

$$P = \frac{\Delta h^2}{2} \cdot \text{cotg} \varphi.$$

Если мы грузъ  $P$  призмы  $baf$  разложимъ помощію параллелограмма силъ на двѣ слагающихъ, изъ которыхъ одна будетъ направлена по горизонтальной линіи  $oq$  и будетъ давить на стѣну  $ab$ , то другая слагающая можетъ принять нѣсколько различныхъ направленій, при которыхъ она будетъ производить давленіе на наклонную плоскость  $af$  и образовать треніе. Изъ всѣхъ этихъ направленій рассмотримъ тотъ случай, когда направленіе этой слагающей составляетъ съ нормальной  $ON$  къ плоскости  $af$ , уголъ  $NOm$  равный углу тренія  $\rho$ .

Выше мы видѣли, что какъ только этотъ уголъ сдѣлается больше  $\rho$ , то уже треніе не препятствуетъ скользянію призмы  $baf$  по плоскости  $af$ . Изъ параллелограмма силъ  $omq$  мы видимъ, что величина горизонтальной слагающей, производящей давленіе на стѣну, будетъ:

$$P \cdot tg(\varphi - \rho) = \frac{\Delta h^2}{2} \cdot cotg \varphi \cdot tg(\varphi - \rho).$$

Изъ этого выраженія видно, что величина давленія на стѣну зависитъ отъ неизвѣстнаго угла  $\varphi$  и что съ измѣненіемъ этого угла самое давленіе будетъ или увеличиваться или уменьшаться и что при нѣкоторой опредѣленной величинѣ угла  $\varphi$  это давленіе будетъ наибольшее. Слѣдовательно, чтобы опредѣлить призму наибольшаго давленія, должно найти для угла  $\varphi$  такую величину, при которой все выраженіе  $cotg \varphi \cdot tg(\varphi - \rho)$  было бы наибольшимъ.

По извѣстнымъ началамъ тригонометріи будетъ:  $Cotg \varphi \cdot tg(\varphi - \rho) =$   

$$= \frac{\sin(2\varphi - \rho) - \sin \rho}{\sin(2\varphi - \rho) + \sin \rho} = 1 - \frac{2 \sin \rho}{\sin(2\varphi - \rho) + \sin \rho}.$$

Послѣднее выраженіе очевидно зависитъ отъ величины  $\sin(2\varphi - \rho)$  и чѣмъ она болѣе, тѣмъ болѣе все выраженіе.

Наибольшая величина для  $\sin(2\varphi - \rho)$  есть единица, или радиусъ; а потому, полагая  $\sin(2\varphi - \rho) = 1$  будетъ, слѣдовательно,  $2\varphi - \rho = 90^\circ$  и  $\varphi = 45^\circ + \frac{\rho}{2}$ .

Вставивъ эту величину  $\varphi$  въ выраженіе бокового давленія

$$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot cotg \varphi \cdot tg(\varphi - \rho)$$

получимъ:

$$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot cotg\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) \cdot tg\left(45^\circ + \frac{\rho}{2} - \rho\right) = \frac{\Delta h^2}{2} \cdot Cotg\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) \cdot tg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)$$

и такъ какъ  $Cotg\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) = tg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)$ , то это давленіе будетъ

$$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \left\{tg\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)\right\}^2. \text{ Но } 90^\circ - \rho = \alpha \text{ и } 45^\circ - \frac{\rho}{2} = \frac{1}{2}\alpha, \text{ слѣдовательно,}$$

горизонтальное давленіе земли будетъ:  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha.$

И такъ какъ уголъ  $baf = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - \left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right)$ , а уголъ  $\rho = 90^\circ - \alpha$ , то вставивъ эту величину  $\rho$  въ предыдущее выраженіе, получимъ  $baf = \frac{1}{2} \alpha$ . То-есть, что линія  $af$ , отдѣляющая призму наибольшаго давленія, раздѣляетъ уголъ  $\alpha$ , или уголъ дополненія къ углу тренія, пополамъ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ XXVIII.

### Определение точки приложения давления воды и земли на опорную плоскость

1) Докажемъ это сначала относительно точки приложения горизонтального давления воды на вертикальную опорную плоскость. Причемъ мы предполагаемъ опорную плоскость вертикальной лишь для простоты вычислений; но выводъ останется тотъ же и для наклоннаго положенія опорной плоскости. Дѣйствительно, мы уже знаемъ, что какаѣ бы ни была величина и форма сосуда, или бассейна  $ABCD$ , не только на какой-нибудь каждый горизонтальный слой  $ab$  происходитъ давленіе жидкости, равное вѣсу призмы, имѣющей основаніемъ этотъ слой  $ab$  и высотой глубину  $Mh$  этого слоя отъ верхняго уровня  $AB$ , но и въ каждой точкѣ  $a$  стѣнки сосуда, или бассейна, на единицу поверхности происходитъ давленіе, нормальное къ стѣнкѣ въ этомъ мѣстѣ, котораго величина выражается вѣсомъ жидкаго столба, имѣющаго основаніемъ единицу поверхности и высоту  $Mh$ . Если стѣнка сосуда, или резервуара, будетъ плоскость  $A'C'$  наклонная къ горизонту, то всѣ давленія на нее будутъ между собою параллельны, какъ перпендикулярныя къней; если же стѣнка  $B'D'$  будетъ вертикальная плоскость, то всѣ давленія на нее будутъ горизонтальны. А потому, какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, вопросъ будетъ заключаться въ опредѣленіи точки приложения равнодѣйствующей всѣхъ параллельныхъ и притомъ всегда нормальныхъ давленій дѣйствующихъ на плоскость; эта точка въ этомъ случаѣ называется *центромъ давленія* и положеніе ея очевидно не измѣнится, будетъ ли опорная плоскость вертикальна или наклонна въ ту или другую сторону отъ вертикальной.

Черт. XXVIII.  
фиг. 407.

фиг. 408.

И такъ, пусть  $ab$  будетъ вертикальная опорная плоскость стѣны или плотины;  $H$ —полная глубина воды при опорной плоскости;  $h, h', h'', \dots$  и т. д. будутъ глубины какихъ-либо элементовъ  $mn, m'n', m''n'' \dots$  и т. д. опорной плоскости  $ab$ , которыхъ весьма малыя высоты  $mn, m'n', m''n'' \dots$  и т. д. будутъ  $x, x', x'',$  и т. д... а ширины равны одному погонному футу. Другими словами, мы разсѣчемъ опорную плоскость на горизонтальные весьма тонкіе слои, толщина которыхъ будетъ  $x$ —на глубинѣ  $h, x'$ —на глубинѣ  $h', x''$ —на глубинѣ  $h'' \dots$  и т. д. и длина которыхъ равна одному футу. Если  $\Delta$  вѣсъ куб. фута воды, то горизонтальное давленіе на элементъ  $mn$ , будетъ  $\Delta \cdot x \cdot 1 \cdot h = \Delta \cdot x \cdot h$ ; для всякаго другаго элемента это давленіе будетъ  $\Delta \cdot x' \cdot h', \Delta \cdot x'' \cdot h'' \dots$  и т. д. Сумма всѣхъ этихъ элементарныхъ давленій, перпендикулярныхъ къ опорной плоскости  $ab$  и слѣдовательно горизонтальныхъ, составитъ полное горизонтальное давленіе воды на всю опорную плоскость  $ab$ ; если мы означимъ его чрезъ  $P$ , то  $P$  будетъ равнодѣйствующая всѣхъ этихъ элементарныхъ давленій, имѣ также параллельная, и слѣдовательно будетъ:

Черт. XXVIII.  
фиг. 409.

$$P = \Delta \cdot x \cdot h + \Delta \cdot x' \cdot h' + \Delta \cdot x'' \cdot h'' + \dots \text{ и т. д. или}$$

$$P = \Delta (x \cdot h + x' \cdot h' + x'' \cdot h'' + \dots \text{ и т. д.})$$

Опредѣлимъ сначала моменты этихъ давленій относительно какой-либо плоскости и выберемъ для этого плоскость верхняго уровня воды  $bc$ . Очевидно, что въ этомъ случаѣ плечо рычага давленія на какой-либо элементъ  $mn$  будетъ:  $h \cdot \Delta \cdot x \cdot h = \Delta \cdot x \cdot h^2$ ; на элементъ  $m'n'$  — будетъ  $\Delta \cdot x' \cdot h'^2$ ; на элементъ  $m''n''$  —  $\Delta \cdot x'' \cdot h''^2$ ... и т. д. Моментъ же давленія равнодѣйствующей  $P$ , относительно той же плоскости  $bc$ , будетъ  $P \cdot Y$ , если означимъ чрезъ  $Y$  искомое разстоянiе точки приложенія равнодѣйствующей  $P$  отъ той же плоскости  $bc$ . А такъ какъ моментъ равнодѣйствующей равенъ суммѣ моментовъ слагающихъ давленій относительно той же плоскости  $bc$ , то будемъ имѣть:  $P \cdot Y = \Delta (x \cdot h^2 + x' \cdot h'^2 + x'' \cdot h''^2 + \dots$  и т. д.), откуда  $Y = \frac{\Delta}{P} (x \cdot h^2 + x' \cdot h'^2 + x'' \cdot h''^2 + \dots$  и т. д.). И какъ здѣсь  $\Delta$  и  $P$  извѣстны, а именно  $P = \frac{\Delta \cdot H^2}{2}$ , то нужно только опредѣлить сумму произведеній  $x \cdot h^2 + x' \cdot h'^2 + x'' \cdot h''^2 + \dots$  и т. д.

Черт. XXVIII.

инг. 410.

Для этого представимъ себѣ правильную четырехгранную пирамиду, у которой основанiе квадратъ, а бокъ этого основанiя равенъ высотѣ пирамиды  $BD = H$ , т. е. всей глубинѣ воды у опорной плоскости  $ab$ . Очевидно, что всѣ сѣченiя этой пирамиды плоскостью параллельною ея основанiю, будутъ квадраты и бокъ каждаго изъ нихъ будетъ равенъ разстоянiю плоскости сѣченiя отъ вершины пирамиды  $B$ .

Означая чрезъ  $h$  одно изъ этихъ разстоянiй и опредѣляя объемъ между двумя параллельными сѣченiями  $pq$  и  $rs$ , отстоящими одно отъ другаго на очень малую величину  $x$ , произведение  $x \cdot h^2$  выразитъ этотъ объемъ  $pqr's$  слоя между двумя очень близкими сѣченiями; объемъ другаго подобнаго сѣченiя на разстоянiи  $h'$  отъ вершины  $B$ , и толщина слоя котораго будетъ очень малая величина  $x'$ , выразится чрезъ  $x' \cdot h'^2$  и т. д. Сумма же всѣхъ этихъ объемовъ составитъ объемъ цѣлой пирамиды  $ABCD$ , равный  $\frac{H}{3} \cdot H^2 = \frac{H^3}{3}$ . Слѣдовательно сумма

$x \cdot h^2 + x' \cdot h'^2 + x'' \cdot h''^2 + \dots$  и т. д.  $= \frac{H^3}{3}$ ; и какъ

$P = \frac{\Delta \cdot H^2}{2}$ , то  $Y = \frac{\Delta}{P} \cdot \frac{H^3}{3} = \frac{2}{3} H$ .

Слѣдовательно точка приложенія горизонтальнаго давленія на опорную плоскость находится на  $\frac{2}{3}$  всей глубины воды  $H$ , считая отъ верхняго уровня воды, или на  $\frac{1}{3}$  этой глубины, считая отъ самой нижней точки  $a$  основанiя стѣны, или плотины.

2) То же самое условiе доказывается и относительно точки приложенія горизонтальнаго давленія сыпучихъ тѣлъ; но это доказательство уже требуетъ приложенія высшаго анализа. Мы здѣсь укажемъ только на приѣмъ этого доказательства. Выше мы замѣтили, что для земли, или для всякаго сыпучаго тѣла, того же качества, горизонтальныя давленiя

Черт. XXVIII.

инг. 411.

пропорціональны квадратамъ высотъ, ибо въ формулѣ  $P = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$ , при томъ же качествѣ земли, выраженiе  $\frac{\Delta}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha$  остается постояннымъ съ измѣненiемъ высоты насыпи за стѣною. Дѣлая  $\frac{\Delta}{2} \cdot tg^2 \frac{1}{2} \alpha = n$ , го-



горизонтальное давленіе при высотѣ насыпи  $h$ , будетъ  $p = nh^2$ ; при высотѣ  $h'$ , —  $p' = nh'^2$ ; при высотѣ  $h''$ , —  $p'' = nh''^2$ ;... и т. д. а при всей высотѣ  $H$ , давленіе будетъ  $P = n \cdot H^2$ .

Для точки же  $B$  горизонтальное давленіе было бы равно нулю. Если бы теперь отъ точки  $B$  къ  $A$  мы откладывали бы различныя высоты  $h, h', h'', h'''$ ... и т. д., увеличивая эти высоты каждый разъ на очень малую величину, и затѣмъ величины горизонтальныхъ давленій  $p, p', p'', p'''$ ... и т. д., соответствующія этимъ высотамъ, и получаемыя изъ формулъ:  $p = n \cdot h^2, p' = n \cdot h'^2, p'' = n \cdot h''^2$ ... и т. д., откладывали бы въ единицахъ длины перпендикулярно къ опорной плоскости  $AB$ , такимъ образомъ, что  $ab = p, a'b' = p', a''b'' = p''$ ... и т. д. и  $AC = P$  (если  $P$  выражаетъ горизонтальное давленіе на опорную плоскость  $AB$  при высотѣ насыпи  $H$ ) и затѣмъ концы  $b, b', b''$ ...  $C$  соединили бы согласною линіею, то получили бы вогнутую кривую линію  $Bbb'b''b'''$ ... $C$ . И такъ какъ эта кривая линія построилась бы изъ общаго выраженія, или уравненія, вида  $y = n \cdot x^2$ , которое есть уравненіе параболы, то отсюда заключаемъ, что кривая линія  $Bbb'b''b'''$ ... $C$  будетъ парабола.

Если означимъ чрезъ  $X$  искомое разстояніе направленія горизонтальнаго давленія  $P$  отъ точки  $A$  подошвы стѣны, то доказывается, что площадь, ограниченная кривою линіею  $Bbb'b''b'''$ ... $C$  и прямыми линіями  $AB$  и  $AC$ , равна произведенію  $P \cdot X$ , или моменту горизонтальнаго давленія  $P$  относительно горизонтальной плоскости  $AC$ .—Равнымъ образомъ доказывается, что площадь отрѣзка *top* параболы равна  $\frac{2}{3}$  площади прямоугольника *mnop*, и, слѣдовательно, площадь *moq* =  $\frac{1}{3}$  площади *mnop*. А потому и наша площадь  $Bbb'b''b'''$ ... $CAB$  будетъ составлять  $\frac{1}{3}$  площади прямоугольника  $ABCD$ . А такъ какъ площадь  $ABCD = P \cdot H$ , а площадь  $Bbb'b''b'''$ ... $CAB$  равна  $P \cdot X$ , то слѣдовательно  $P \cdot X = \frac{1}{3} P \cdot H$ , откуда  $X = \frac{1}{3} H$ .

• нг. 412.

Основываясь на томъ, что площадь, ограниченная кривою линіею  $Bbb'b''b'''$ ... $C$  и прямыми  $AB$  и  $BC$  равна произведенію  $P \cdot X$ , можно опредѣлять центръ давленія графически.

Для построенія кривой линіи  $Bbb'b''b'''$ ... $C$ , величины горизонтальныхъ давленій  $p, p', p''$ ... $P$ , для разныхъ высотъ  $h, h', h'', h'''$ ... $H$ , опредѣляются вышеуказаннымъ графическимъ способомъ, изъ соответственныхъ треугольныхъ профилей земляныхъ призмъ, вѣсь которыхъ одинаковъ съ давленіемъ земли. Для удобства же построенія, вѣсь эти части треугольника приводятся къ одному основанію и вмѣсто величинъ  $p, p', p''$ ... $P$  откладываются только высоты этихъ преобразованныхъ треугольниковъ —  $ab, a'b', a''b''$ ... $AC$ . Ибо вѣсы этихъ призмъ, имѣющихъ общую высоту 1 футъ, пропорціональны площадямъ треугольниковъ, какъ ихъ оснований, а площади треугольниковъ, при томъ же основаніи, пропорціональны высотамъ <sup>1)</sup>.

1) Такъ, напр., если давленіе для высоты  $h$  даетъ по построенію треугольникъ давленія  $abc$  фиг. 413. и если за постоянное основаніе каждаго изъ этихъ треугольниковъ принимается прямая  $cd$ , равная постоянной величинѣ  $n$ , то треугольникъ  $abc$  преобразовывается въ новый  $dec$ , площадью равный съ  $abc$ , но съ основаніемъ равнымъ  $n$  и

Черт. XXVIII.

фиг. 414.

Построивъ такимъ образомъ кривую линію  $BqC$ , величину криволинейной площади (заштрихованной)  $ABqCA$ , опредѣляютъ, или посредствомъ планиметра, или графически. Въ послѣднемъ случаѣ сегментъ  $BqCpB$ , заключающійся между кривою и хордою  $BC$ , какъ параболическій, можно преобразовать въ прямолинейный треугольникъ, имѣющій основаніемъ хорду  $BC$  и высотой прямою  $pr$ , равную  $\frac{4}{3}$  стрѣлки сегмента  $pq$ . Площадь такого треугольника будетъ равна площади сегмента. Проведя  $gn$  параллельно  $BC$  до встрѣчи съ  $AB$  въ точкѣ  $n$  и соединивъ точки  $n$  и  $C$ , получимъ треугольникъ  $BnC$ , котораго площадь будетъ равна площади сегмента  $BpCqB$ . А слѣдовательно площадь треугольника  $AnC$  будетъ равна криволинейной, заштрихованной площади  $ABqCA$ .

Если теперь раздѣлимъ линію  $An$  въ точкѣ  $m$  пополамъ и составимъ треугольникъ  $AmkC$ , то площадь его будетъ равна площади треугольника  $AnC$ , какъ имѣющему съ нимъ общее основаніе  $AC$  и высоту  $Am$  вдвое бѣльшую, а потому и площадь (заштрихованная)  $ABqCA$  будетъ равна площади прямоугольника  $AmkC$ .—Но криволинейная площадь (заштрихованная), какъ уже мы знаемъ, равна  $P \cdot X$ , а площадь прямоугольника  $AmkC = AC \cdot Am = P \cdot Am$ , такъ какъ  $AC = P$ . Поэтому будетъ  $P \cdot X = P \cdot Am$ , откуда  $X = Am$ . Величина же  $Am$ , опредѣленная графически, составитъ  $\frac{1}{3}AB$  или  $\frac{1}{3}H$ .

Этотъ способъ опредѣленія точки приложенія горизонтальнаго давленія только приблизительный, но для практики имѣетъ удовлетворительную степень точности.

фиг. 415.

Если земля за вертикальной стѣной  $ab$  была бы присыпана такимъ образомъ, что линія  $bc$  составляла бы ея естественный откосъ, а линія  $cd$  была бы горизонтальна, тогда, если бы высота  $bf = h$  не слишкомъ много разнилась бы величиною (въ ту или другую сторону) отъ высоты стѣны  $H$ , то точка  $O$  приложенія горизонтальнаго давленія  $P$  земли на стѣну  $ab$  находилась бы въ разстояніи отъ  $a$  на  $\frac{1}{2} (\frac{1}{3} + \frac{3}{8}) \cdot H = \frac{17}{48} \cdot H = 0,35 \cdot H$ .

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXIX.

### Опредѣленіе величины отпора земли.

1) Когда стѣна устроивается для того, чтобы препятствовать землѣ спуститься внизъ, то давленіе, обнаруживаемое землею на стѣну, называется *напоромъ земли*. Если же, наоборотъ, какая-либо сила стремится сдвинуть вверхъ нѣкоторую часть земляной насыпи, упирающейся въ стѣну, по нѣкоторой наклонной плоскости, то сопротивленіе предвысоту  $ef$ ; для этого точка  $a$  соединяется съ  $d$  и проводится  $be$  параллельно  $ad$  и соединяется  $d$  съ  $e$ . Дѣйствительно:  $bc : dc = ce : ac = ef : ag$  или  $bc : ac = ef : ag$ , откуда  $bc \cdot ag = ac \cdot ef$ , а слѣдовательно  $\frac{bc \cdot ag}{2} = \frac{ac \cdot ef}{2}$ .—То есть, площади треугольниковъ  $abc$  и  $dec$  будутъ равны между собою.

ставляемое землею въ этомъ случаѣ называется *отпоромъ земли*. Такъ какъ треніе между частицами земли есть сила сопротивляющаяся движению ея по какому бы то ни было направленію, то она помогаетъ силѣ удерживающей землю отъ скользенія внизъ по плоскости обрушенія и сопротивляется силѣ, стремящейся сдвинуть нѣкоторую массу земли вверхъ. Уже изъ этого опредѣленія видно, что *напоръ земли* будетъ всегда меньшая сила, а *отпоръ земли* — бѣльшая сила, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ.

Чтобы опредѣлить величину отпора земли, то предположимъ, что при разложеніи вѣса  $P$  призмы  $abf$  на двѣ слагающихъ, изъ которыхъ одна  $oq$  направлена горизонтально, а другая слагающая приметъ направленіе  $om$  по другую сторону нормальной  $ON$  къ плоскости обрушенія  $af$  и составитъ съ этой нормальной уголъ равный углу тренія  $\rho$ , или будетъ уголъ  $moN = \rho$ . Мы также замѣтимъ что уголъ  $nom =$  углу  $onq = \varphi + \rho$ . Поэтому величина горизонтальной слагающей будетъ:

$$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \text{Cotg}\varphi \cdot \text{tg}(\varphi + \rho).$$

Это выраженіе при  $\varphi = 0^\circ$  и при  $\varphi = 90^\circ - \rho$  обращается въ безконечную величину, а для величинъ  $\varphi$  между  $0^\circ$  и  $90^\circ - \rho$  дѣлается конечною и положительною величиною; а потому между этими величинами,  $\varphi$  можетъ быть такую величину, при которой горизонтальное давленіе  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \text{Cotg}\varphi \cdot \text{tg}(\varphi + \rho)$  сдѣлается наименьшимъ и слѣдовательно дастъ такое давленіе, при которомъ будетъ возможно скользеніе земли вверхъ по плоскости  $af$ .

$$\text{Но } \text{Cotg}\varphi \cdot \text{tg}(\varphi + \rho) = \frac{\text{Sin} \cdot (2\varphi + \rho) + \text{Sin}\rho}{\text{Sin}(2\varphi + \rho) - \text{Sin}\rho} = 1 + \frac{2\text{Sin}\rho}{\text{Sin}(2\varphi + \rho) - \text{Sin}\rho};$$

а послѣдняя дробь тѣмъ менѣе, чѣмъ  $\text{sin}(2\varphi + \rho)$  будетъ болѣе. слѣдовательно для полученія наименьшаго горизонтальнаго давленія должно въ настоящемъ случаѣ сдѣлать  $\text{Sin}(2\varphi + \rho) = 1$ ; откуда, слѣдовательно,  $2\varphi + \rho = 90^\circ$ , или  $\varphi = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$ ; и тогда получимъ для отпора земли выраженіе:

$$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \text{Cotg}\varphi \cdot \text{tg}(\varphi + \rho) = \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot \text{Cotg}\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) \cdot \text{tg}\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) \text{ или } \frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ \text{tg}\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) \right]^2.$$

И такъ, если горизонтальное давленіе стѣны  $ab$ , на прилежащую къ ней массу земли, не превосходитъ величины опредѣляемой этой послѣдней формулою, то земля не сдвинется отъ дѣйствія этого давленія; но лишь только давленіе стѣны превзойдетъ эту величину, то отъ прилежащей къ стѣнѣ массы земли отдѣляется призма  $abf$  такой величины, что ея грань  $af$  составитъ съ основаніемъ  $ad$  уголъ  $fad = \frac{90^\circ - \rho}{2} = = \frac{1}{2}bac = \frac{1}{2}a$ .

Такимъ образомъ формула  $\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \left[ \text{tg}\left(45^\circ + \frac{\rho}{2}\right) \right]^2$  служить общою формулою для выраженія величины горизонтальнаго *напора* или *отпора*

земли и знак — или + въ выраженіи  $tg\left(45^\circ \mp \frac{\rho}{2}\right)$  будетъ зависѣть отъ направленія давленія въ ту или другую сторону <sup>1)</sup>.

Черт. XXVII.

фиг. 403.

2) Наклонная плоскость уничтожаетъ только то давленіе, которое дѣйствуетъ перпендикулярно къ ней, а потому сила  $P$  дѣйствующая на тѣло  $ABCD$  удержитъ его на наклонной плоскости въ томъ случаѣ, когда равнодѣйствующая  $N$ , вѣса  $G$  тѣла  $ABCD$  и силы  $P$  будетъ перпендикулярна къ наклонной плоскости. Если уголъ наклонной плоскости съ горизонтомъ, или уголъ  $FHR$ , означимъ чрезъ  $\alpha$ , а уголъ составляемый направленіемъ силы  $P$  съ наклонной плоскостью, или уголъ  $PEF$ , означимъ чрезъ  $\beta$ , то на основаніи параллелограмма силъ получимъ:  $\frac{P}{G} = \frac{\sin PNO}{\sin PON} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ + \beta)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$ , откуда  $P = G \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$ . Для перпендикулярной или нормальной силы  $N$  имѣемъ:  $\frac{N}{G} = \frac{\sin OGN}{\sin ONG}$ , но уголъ  $OGN = 90^\circ - (\alpha + \beta)$  и уголъ  $ONG = PON = 90^\circ + \beta$ ; слѣдовательно  $\frac{N}{G} = \frac{\sin 90^\circ - (\alpha + \beta)}{\sin(90^\circ + \beta)} = \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$ ; слѣдовательно нормальное давленіе на наклонную плоскость будетъ:  $N = \frac{G \cdot \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$ . Если направленіе силы  $P$  параллельно наклонной плоскости, или будетъ  $OK$ , то  $\beta = 0$  и  $\cos \beta = 1$ ; слѣдовательно  $P = G \cdot \sin \alpha$  и  $N = G \cdot \cos \alpha$ . Если направленіе силы  $P$  будетъ вертикальное, тогда  $\alpha + \beta = 90^\circ$  и  $\cos \beta = \sin \alpha$  и  $\cos(\alpha + \beta) = 0$  и слѣдовательно  $P = G$  и  $N = 0$ ; въ этомъ случаѣ наклонная плоскость не имѣетъ никакого вліянія на тѣло.

Наконецъ когда направленіе силы  $P$  параллельно горизонту  $HR$ , то  $\beta = -\alpha$  и  $\cos \beta = \cos \alpha$ , слѣдовательно  $P = G \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = G \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ; а  $N = G \cdot \frac{\cos 0}{\cos \alpha} = \frac{G}{\cos \alpha}$ .

Напр., чтобы тѣло вѣсомъ въ 500 фун. удержать на плоскости наклоненной къ горизонту подъ угломъ въ  $50^\circ$  силой, которой направленіе составляетъ съ горизонтомъ уголъ въ  $75^\circ$ , нужно чтобы величина этой силы была:  $P = \frac{500 \cdot \sin 50^\circ}{\cos(75^\circ - 55^\circ)} = \frac{500 \cdot \sin 50^\circ}{\cos 25^\circ} = 422,6$  фунтовъ.

Въ этомъ случаѣ давленіе на плоскость будетъ:

$$N = \frac{500 \cdot \cos 75^\circ}{\cos 25^\circ} = 142,8 \text{ фунтовъ.}$$

Черт. XXVII.

фиг. 404.

3) Если разложимъ силу тяжести  $G$  тѣла на двѣ слагающихъ— одну  $N$ , нормальную къ плоскости  $HF$ , и другую  $S$  параллельную этой плоскости; а также силу  $P$  на силы  $N'$  и  $S'$  нормальную и параллельную къ плоскости  $HF$ , то будемъ имѣть:  $N = G \cdot \cos \alpha$  и  $S = G \cdot \sin \alpha$ ,  $N' = P \cdot \sin \beta$  и  $S' = P \cdot \cos \beta$ .

Поэтому нормальное давленіе на плоскость будетъ:

$$N - N' = G \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \beta, \text{ а сила тренія будетъ:}$$

$$Q = f(G \cdot \cos \alpha - H \cdot \sin \beta).$$

Если желаемъ опредѣлить силу, нужную для того, чтобы поднять тѣло вверхъ по наклонной плоскости, то должно быть:  $S' = S + Q$  или  $P \cdot \cos \beta = G \cdot \sin \alpha + f(G \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \beta)$ .

1) Вейсбахъ. Теоретическая и практическая механика. Т. II, стр. 8—10. Спб. 1861 г.

Если сила  $S'$  должна только удерживать тѣло на наклонной плоскости, то сила тренія  $Q$  будетъ этому способствовать и слѣдовательно получимъ  $S' + Q = S$ , т.-е.  $P \cdot \text{Cos} \beta + f (G \cdot \text{Cos} \alpha - P \text{Sin} \beta) = G \text{Sin} \alpha$ . Отсюда слѣдуетъ, что въ первомъ случаѣ сила:

$$P = \frac{\text{Sin} \alpha + f \cdot \text{Cos} \alpha}{\text{Cos} \beta + f \cdot \text{Sin} \beta} \cdot G; \text{ а во второмъ: } P = \frac{\text{Sin} \alpha - f \cdot \text{Cos} \alpha}{\text{Cos} \beta - f \cdot \text{Sin} \beta} \cdot G.$$

Вводя въ вычисленіе уголъ тренія  $\rho$ , т.-е. полагая  $f = \text{tg} \cdot \rho = \frac{\text{Sin} \cdot \rho}{\text{Cos} \cdot \rho}$ , получимъ:

$$P = \left[ \frac{\text{Sin} \cdot \alpha \cdot \text{Cos} \cdot \rho \pm \text{Cos} \cdot \alpha \cdot \text{Sin} \cdot \rho}{\text{Cos} \cdot \beta \cdot \text{Cos} \cdot \rho \pm \text{Sin} \cdot \beta \cdot \text{Sin} \cdot \rho} \right] \cdot G, \text{ или}$$

$$P = G \cdot \frac{\text{Sin} (\alpha \pm \rho)}{\text{Cos} (\beta \pm \rho)}.$$

Верхній знакъ долженъ быть взятъ тогда, когда нужно подвинуть тѣло вверхъ, а нижній знакъ — когда желаемъ только удержать тѣло на наклонной плоскости.

Эта послѣдняя формула можетъ быть выведена очень просто изъ разсмотрѣнія параллелограмма силъ. Такъ какъ на плоскость  $HF$  производитъ давленіе всякая сила, которая съ нормалью  $ON$  къ плоскости составляетъ уголъ равный  $\rho$ , то въ разсматриваемомъ случаѣ будетъ имѣть мѣсто равновѣсіе, когда равнодѣйствующая  $OQ' = Q'$  силъ  $P$  и  $G$  составитъ съ нормалью  $ON$  уголъ  $NOQ' = \rho$ . Но  $\frac{P}{G} = \frac{\text{Sin} GOQ'}{\text{Sin} POQ'}$ , гдѣ  $GOQ' = GON + NOQ' = \alpha + \rho$ , а  $POQ' = POS' + S'OQ' = \beta + 90^\circ - \rho$ , т.-е.:

$$\frac{P}{G} = \frac{\text{Sin} (\alpha + \rho)}{\text{Sin} (\beta - \rho + 90^\circ)} = \frac{\text{Sin} (\alpha + \rho)}{\text{Cos} (\beta - \rho)}; \text{ а для отрицательнаго значенія } \rho \text{ бу-}$$

детъ  $\frac{P}{G} = \frac{\text{Sin} (\alpha - \rho)}{\text{Cos} (\beta + \rho)}$ , или для обоихъ значеній  $\rho$ :

$$\frac{P}{G} = \frac{\text{Sin} (\alpha \pm \rho)}{\text{Cos} (\alpha \mp \rho)}, \text{ т.-е. получается та же формула.}$$

Если тѣло лежитъ на горизонтальной плоскости, то  $\alpha = 0$ , а слѣдовательно сила

$$P = \frac{f \cdot G}{\text{Cos} \cdot \beta + f \cdot \text{Sin} \cdot \beta} = \frac{\text{Sin} \rho \cdot G}{\text{Cos} (\beta - \rho)}.$$

Если сила дѣйствуетъ параллельно къ наклонной плоскости, тогда  $\beta = 0$  и  $P = G \cdot (\text{Sin} \cdot \alpha \mp f \cdot \text{Cos} \cdot \alpha) = G \cdot \frac{\text{Sin} (\alpha \pm \rho)}{\text{Cos} \cdot \rho}$ .

Если, наконецъ, дѣйствующая сила будетъ горизонтальна, то:  $\beta = -\alpha$ ;  $\text{Cos} \cdot \beta = \text{Cos} \alpha$  и  $\text{Sin} \cdot \beta = -\text{Sin} \cdot \alpha$ , слѣдовательно:

$$P = G \left[ \frac{\text{Sin} \cdot \alpha \pm f \cdot \text{Cos} \cdot \alpha}{\text{Cos} \cdot \alpha \pm f \cdot \text{Sin} \cdot \alpha} \right] = G \left[ \frac{\text{tg} \cdot (\alpha \pm \rho)}{1 \pm \text{tangens} \cdot \alpha} \right] = G \cdot \text{tg} (\alpha \mp \rho).$$

Наконецъ сила, движущая тѣло, будетъ наименьшая, когда  $\text{Cos} \cdot (\beta - \rho) = 1$ , т.-е. будетъ наибольшимъ; а тогда  $\beta = \rho$ . Другими словами, *если сила составляетъ съ плоскостью уголъ, равный углу тренія, то она будетъ наименьшая и именно:*

$$P = G \cdot \text{Sin} \cdot (\alpha + \rho).$$

4) Примѣняя теперь предъидущія формулы къ случаю, когда призма  $ABE$  лежитъ на наклонной плоскости  $AE$ , мы замѣтимъ, что эта призма

Черт. XXVII.

фиг. 4<sup>5</sup>

и 4<sup>6</sup>.

производить на плоскость  $AB$  давление  $OP = P$ , направленное перпендикулярно къ этой плоскости, т.-е. идущее въ настоящемъ случаѣ по горизонтальному направленію; тогда сила ( $-P$ ), равная и противоположная упомянутой выше силѣ  $P$ , или удержитъ призму  $ABE$  на наклонной плоскости  $AE$ , или будетъ двигать эту призму вверхъ по этой плоскости. Но выше было доказано, что тѣло не можетъ быть сдвинуто внѣшней силою по плоскости, на которой оно лежитъ, если эта сила составляетъ съ нормальною къ той плоскости угломъ, равный углу тренія; поэтому, если составляющая  $R$  силы тяжести призмы  $ABE$  (напр. части земли, отдѣлившейся отъ земляной насыпи по линіи  $AE$ ) составляетъ съ нормалью  $ON$  къ плоскости  $AE$  уголъ  $NOR = \rho$ , или уголъ тренія, то призма  $BAE$  будетъ въ равновѣсіи на плоскости  $AE$ .

фиг. 405.

фиг. 406.

Такъ какъ уголъ  $NOG =$  углу  $EAD =$  углу  $AEB = \alpha$ , то величина угла  $ROG$ , на который отклоняется составляющая  $R$  отъ вертикальнаго направленія, опредѣлится по одному изъ слѣдующихъ равенствъ: въ случаѣ фиг. 405, уголъ  $ROG =$  углу  $NOG -$  уголъ  $NOR = \alpha - \rho$ ; а въ случаѣ фиг. 406, уголъ  $ROG =$  углу  $NOG +$  уголъ  $NOR = \alpha + \rho$ , смотря по тому, будетъ ли уголъ  $\rho$  по ту или по другую сторону нормальной  $ON$ .

Давленіе же  $P$  на вертикальную плоскость  $AB$  будетъ: въ первомъ случаѣ:  $P = G \cdot \operatorname{tg} OGP = G \cdot \operatorname{tg} . ROG = G \cdot \operatorname{tg} (\alpha - \rho)$ , а во второмъ случаѣ:  $P = G \cdot \operatorname{tg} . (\alpha + \rho)$ , или вообще:

$$P = G \cdot \operatorname{tg} (\alpha \pm \rho) = \frac{\lambda \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{Cotag} (\alpha \pm \rho).$$

Это послѣднее выраженіе даетъ величины, какъ для *напора*, такъ и для *отпора* земли, а именно для получения напора должно брать  $\operatorname{tg} (\alpha - \rho)$ , а для отпора  $\operatorname{tg} . (\alpha + \rho)$  <sup>1)</sup>.

### ПРИЛОЖЕНІЕ XXX.

#### Линія сопротивленія и коэффициентъ устойчивости въ подпорныхъ стѣнахъ.

Если профиль стѣны имѣетъ форму прямоугольника  $ABCD$ , т.-е. когда сама стѣна имѣетъ форму параллелепипеда, то *линія сопротивленія* найдется слѣдующимъ образомъ:

Черт. XXVIII.

фиг. 416.

1) Предположимъ, что на стѣну дѣйствуетъ горизонтальная сила  $P$ , приложенная на разстояніи  $FK = a$  отъ верхней грани стѣны. Кромѣ того, стѣна подвержена дѣйствию собственнаго вѣса. Представимъ себѣ

<sup>1)</sup> Вейсбахъ. Механика, т. II.

плоскость откола  $LM$ , лежащую ниже точки  $F$  на разстояніи  $KN = x$ . Изъ силы  $P$ , которой точку приложенія перенесемъ въ  $K$ , на вертикальную линію проходящую чрезъ центръ тяжести стѣны, и изъ вѣса  $G$ , части  $BCLM$  разсматриваемой стѣны, составимъ равнодѣйствующую  $R$ . Она пересѣчетъ плоскость  $LM$  въ точкѣ  $O$  принадлежащей линіи сопротивленія. Принявъ за начало координатъ этой линіи точку  $K$ , за ось  $y$  линію горизонтальную и за ось  $x$  линію вертикальную, то координаты точки  $O$  будутъ:  $KN = x$  и  $NO = y$ .

Изъ подобныхъ же треугольниковъ  $KNO$  и  $KGR$  получимъ:  
 $\frac{NO}{KN} = \frac{RG}{KG}$  или  $\frac{y}{x} = \frac{P}{G}$ , откуда  $y = \frac{P}{G} \cdot x$ .

Обозначивъ ширину, или толщину, стѣны  $AD = BC$  чрезъ  $b$ , а чрезъ  $\Delta_1$  вѣсъ кубической единицы этой стѣны, вѣсъ погоннаго фута длины стѣны будетъ:  $G = BC \cdot FN \cdot \Delta_1 = b(a + x) \cdot \Delta_1$ , а потому  
 $y = \frac{P \cdot x}{b(a + x) \cdot \Delta_1}$ .

Въ этомъ уравненіи для  $x = 0$  будетъ и  $y = 0$ ; для  $x = \infty$  будетъ  $y = \frac{P}{b \cdot \Delta_1}$ , и для  $x = -a$  будетъ  $y = -\infty$ .

Отсюда заключаемъ, что линія сопротивленія  $KO$  идетъ чрезъ точку  $K$  приложенія силы  $P$  и имѣетъ асимптотами горизонтальную линію  $UV$  и вертикальную  $UW$ , изъ которыхъ первая проходитъ чрезъ верхнюю грань стѣны, а вторая отстоитъ отъ вертикальной линіи, проходящей чрезъ центръ тяжести стѣны на разстояніе  $UF = \frac{P}{b \cdot \Delta_1}$ . Слѣдовательно линія сопротивленія есть *гипербола*, которой асимптоты суть  $UV$  и  $UW$ .

2) Въ томъ случаѣ, когда стѣна  $ABCD$  подвергается дѣйствию напора земли или давленія воды, точка приложенія  $K$  давленія  $P$  измѣняетъ свое положеніе, которое зависитъ отъ разстоянія  $FN = x$  плоскости откола  $ML$  отъ верхней грани стѣны. И такъ какъ точка приложенія напора земли и давленія воды отстоитъ на  $\frac{2}{3}$  высоты стѣны отъ ея верхней грани, то слѣдовательно  $FK = \frac{2}{3} FN = \frac{2}{3} x$ . Принявъ за начало координатъ точку  $F$  и назвавъ  $FN = x$  и  $NO = y$ , получимъ пропорцію:  $\frac{ON}{KN} = \frac{RG}{KG}$ .

Черт. XXVIII.  
 фиг. 417.

Но  $KN = x - \frac{2}{3}x = \frac{1}{3} \cdot x$ , а давленіе земли или воды на грань  $BL$  есть  $P = \frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot \Delta \cdot \left[ \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) \right]^2$ , (гдѣ  $\Delta$  есть вѣсъ кубическаго фута земли или воды), а вѣсъ части  $MLBC$  стѣны, или  $KG = G = b \cdot x \cdot \Delta_1$ , слѣдовательно изъ вышеприведенной пропорціи получимъ  $y = \frac{\frac{1}{3} \cdot x \cdot P}{G}$  или  $y = \frac{1}{6} \cdot \frac{\Delta}{b \cdot \Delta_1} \left[ \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) \right]^2 \cdot x^2$ ; а это есть уравненіе параболы, которой вершина въ точкѣ  $F$ .

Если бы земля была насыпана выше верхней грани стѣны еще на небольшую высоту  $h$  (какъ на фиг. 415), то можно принять приближенно:  $y = \frac{\frac{1}{3} (h + x) \cdot P}{G}$  или  $y = \frac{\Delta}{6 \cdot b \cdot \Delta_1} \left[ \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right) \right]^2 \cdot \frac{(h + x)^2}{x}$ .

Чтобы изъ этихъ формулъ вывести ширину, или толщину  $b$  стѣны, предварительно замѣтимъ, что для устойчивости подпорной стѣны необходимо, чтобы линия сопротивленія не только не выходила внаружу изъ профили стѣны, но также и не приближалась много къ внѣшнему ея ребру.

Черт. XXVIII.  
• фиг. 418.

Знаменитый строитель, маршалъ *Вобанъ*, даетъ въ этомъ отношеніи слѣдующее практическое правило: линия сопротивленія должна пересѣкать линію основанія въ точкѣ, отстоящей отъ пересѣченія вертикальной линіи, проходящей чрезъ центръ тяжести стѣны съ основаніемъ, не болѣе какъ на  $\frac{1}{9}$  разстоянія внѣшняго ребра основанія отъ этой же вертикальной линіи. То-есть, если  $OG$  есть вертикальная линія проходящая чрезъ центръ тяжести стѣны и точка  $O$  ея пересѣченіе съ основаніемъ стѣны  $AD$ , то, раздѣливъ линію  $OD$  на 9 частей, нужно, чтобы линія сопротивленія  $mn$  не приближалась къ внѣшнему ребру  $D$  ближе точки  $n$ , находящейся на  $\frac{1}{9}$  разстоянія отъ  $O$  къ  $D$ . Обратную величину этого числа  $\frac{1}{9}$  или  $\frac{9}{4} = \delta$ , *Понселе* назвалъ *коэффициентомъ устойчивости* стѣны. На этотъ коэффициентъ нужно умножить толщину стѣны, находимую изъ выше выведенной формулы, чтобы быть увѣреннымъ въ устойчивости стѣны относительно вращенія ея около наружнаго ребра  $D$ .

Такимъ образомъ, вставивъ въ уравненіе:

$$y = \frac{1}{6} \cdot \frac{\Delta}{b \cdot \Delta_1} \cdot \left[ tg \cdot \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 \cdot x^2 \text{ вмѣсто } x \text{ высоту стѣны } h \text{ и вмѣсто } y - \frac{1}{8}b,$$

получимъ толщину стѣны:

$$b = h \cdot tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{\delta \cdot \Delta}{\Delta_1}}.$$

Такъ какъ  $\delta = \frac{9}{4}$ , а плотность земли къ плотности каменной кладки относится среднимъ числомъ какъ  $\frac{2}{3}$  и слѣдовательно  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ , то, вставляя эти цифры и извлекая квадратный корень, получимъ:  $b = h \cdot tg \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \cdot 0,707$ . Принявъ для  $\rho$  среднимъ числомъ  $30^\circ$ , получимъ  $b = 0,4 \cdot h$ .

Если же насыпь возвышается надъ стѣною еще на высоту  $h'$ , то

$$b = 0,4 (h + h') \cdot \sqrt{\frac{h + h'}{h}}.$$

Черт. XXVIII.  
• фиг. 416.

Для каменныхъ кладокъ средней плотности, *Понселе* даетъ слѣдующую приблизительную формулу:  $b = 0,285 \cdot h$  и  $b = 0,285 (h + h')$ .

Но подпорная стѣна  $ABCD$  должна имѣть нѣкоторую опредѣленную толщину  $AD = BC = b$  для того, чтобы она не могла быть сдвинута напоромъ земли  $P$ .

Назвавъ чрезъ  $f$  коэффициентъ тренія отдѣлившейся по плоскости  $LM$  части  $LBCM$  стѣны, шириною  $b$  и высотой  $BL = x$ , — сопротивленіе отъ тренія, которое произойдетъ при движеніи этой части стѣны по ея основанію  $LM$  будетъ  $f \cdot b \cdot x \cdot \Delta_1$  и оно должно быть равно напору земли на часть стѣны  $BL$ , чтобы было равновѣсіе и не было скользенія, а потому будетъ:

$$f \cdot b \cdot x \cdot \Delta_1 = \frac{1}{2} x^2 \cdot \Delta \left[ tg \cdot \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2,$$

откуда, поставивъ вмѣсто  $x$  его



наибольшее значение, равное  $AB = h$ , получимъ, что искомая толщина стѣны будетъ:

$b = \frac{1}{2} \frac{h \cdot \Delta}{f \cdot \Delta_1} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2$ . Дѣлая, какъ и выше,  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ ,  $\rho = 30^\circ$  и принимая для  $f$  среднюю величину, равную 0,6 или  $\frac{2}{3}$ , и вводя еще коэффициентъ устойчивости = 2, получимъ:  $b = 0,336 \cdot h = 0,34 \cdot h$  (такъ какъ  $\operatorname{tg} 30^\circ = 0,58$  и  $\operatorname{tg}^2 30^\circ = 0,336$ ).

Отсюда видимъ, что стѣна, при тѣхъ же обстоятельствахъ, скорѣе можетъ быть подвержена вращенію около вѣшняго ребра  $D$ , чѣмъ скользянію по основанію  $AD$ . Само собою разумѣется, что изъ двухъ величинъ получаемыхъ для  $b$ , т.-е. въ случаѣ устойчивости стѣны отъ скользянія и вращенія, избирается та изъ нихъ, которая окажется болѣе

### ПРИЛОЖЕНІЕ XXXI.

#### Условія устойчивости подпорной стѣны съ профилемъ трапеціи.

Для сбереженія матеріала, каменнымъ подпорнымъ стѣнамъ даютъ наружный откосъ и тогда стѣна въ поперечномъ сѣченіи, или въ профили, принимаетъ форму трапеціи  $ABCD$ .

Черт. XXVIII.  
фиг. 419.

Означивъ ширину стѣны сверху, т.-е.  $BC$  чрезъ  $b$ , высоту  $AB$  стѣны чрезъ  $h$ , уклонъ наружной грани  $CD$  на каждую единицу высоты чрезъ  $n$  (т.-е. на всю высоту  $h$  уклонъ будетъ  $DH = n \cdot h$ ), тогда вѣсъ стѣны выразится чрезъ:  $G = \left( b + \frac{n \cdot h}{2} \right) \cdot \Delta_1 \cdot h$ , а сопротивленіе стѣны усилію, стремящемуся сдвинуть ее по основанію, выразится чрезъ:  $f \cdot G = f \cdot \left( b + \frac{n \cdot h}{2} \right) \cdot \Delta_1 \cdot h$ , гдѣ  $f$  есть коэффициентъ тренія каменной кладки стѣны на основаніи  $AD$ .

Въ томъ случаѣ, когда земля возвышается надъ верхнею гранью стѣны на небольшую высоту  $h_1 = BL$ , напоръ выразится чрезъ:

$$P = \frac{1}{2} (h + h_1)^2 \cdot \Delta \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2:$$

уравнивъ эти выраженія для  $f \cdot G$  и для  $P$ , въ случаѣ равновѣсія, получимъ ширину подпорной стѣны:

$b = \frac{(h + h_1)^2}{f \cdot h} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 - n \cdot h$ , когда увеличимъ  $b$  вѣе, т.-е. введемъ коэффициентъ устойчивости = 2 въ случаѣ скользянія: а слѣдовательно ширина стѣны при ея основаніи будетъ:

$$b_1 = b + n \cdot h = \frac{(h + h_1)^2}{f \cdot h} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 \dots \dots \dots (I).$$

Для опредѣленія толщины подпорной стѣны въ томъ случаѣ, когда напоръ земли  $P$  стремится опрокинуть ее около вѣшняго ребра  $D$ , должно прировнять другъ къ другу выраженія моментовъ силъ—вращаю-

щей  $P$  и сопротивляющейся вращению  $G$ . Плечо силы  $P$  относительно внешнего ребра есть  $KN = \frac{h+h_1}{3}$ , следовательно момент этой силы будет:

$$\frac{P(h+h_1)}{3} = \frac{1}{6} (h+h_1)^3 \cdot \Delta \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2;$$

момент вѣса  $G$  стѣны относительно ребра вращения  $D =$  моменту вѣса треугольной части  $CDH$ , сложенному съ моментомъ вѣса параллелоипеда  $ABCH$ ; сумма этихъ моментовъ выразится чрезъ:  $\frac{1}{2} \cdot CH \cdot DH \cdot \Delta_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot DH + AB \cdot BC \cdot \Delta_1 (DH + \frac{1}{2} AH) = \frac{1}{2} n \cdot h^2 \Delta_1 \cdot \frac{2}{3} n \cdot h + b \cdot h \cdot \Delta_1 (n \cdot h + \frac{1}{2} b) = [\frac{1}{3} n^2 h^2 + (n \cdot h + \frac{1}{2} b) b] h \Delta_1$ .

Приравнявъ моменты, въ случаѣ равновѣсія, получимъ:

$$[2n^2 h^2 + (6nh + 3b) b] \cdot h = \frac{\Delta}{\Delta_1} (h+h_1)^3 \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2, \text{ или}$$

$$b^2 + 2nhb = \frac{\Delta}{\Delta_1} \frac{(h+h_1)^3}{3h} \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 - \frac{2}{3} n^2 h^2; \text{ откуда}$$

$$b = -nh + \sqrt{\frac{\Delta}{3 \cdot \Delta_1} \cdot \frac{(h+h_1)^3}{h} \cdot \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 + \frac{1}{3} n^2 h^2}.$$

Введя сюда коэффициентъ устойчивости  $\delta = \frac{9}{4}$ , получимъ для иско- мой толщины стѣны выражение:

$$b = -nh + \sqrt{\frac{\delta \cdot \Delta}{3 \cdot \Delta_1} \cdot \frac{(h+h_1)^3}{h} \cdot \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 + \frac{1}{3} n^2 h^2}; \text{ а слѣдо- вательно толщина стѣны при основаніи } b_1 = b + nh, \text{ будетъ:}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{\delta \cdot \Delta}{3 \cdot \Delta_1} \cdot \frac{(h+h_1)^3}{h} \cdot \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2 + \frac{1}{3} n^2 h^2} \dots (II).$$

Опредѣливъ изъ I и II формулъ двѣ величины для  $b_1$ , должно взять большую изъ нихъ за истинную величину.

Напр., опредѣлимъ толщину подпорной стѣны, высотой въ 20 фут., подпирающей массу земли въ 24 фута высотой, при слѣдующихъ дан- ныхъ: наружная отлогость стѣны  $n = 0,2$ ;  $f = 0,4$ ;  $\rho = 36^\circ$  и  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{3}{5}$ .

Изъ I формулы получаемъ толщину стѣны при основаніи:

$$b_1 = \frac{24^2}{0,4 \cdot 20} \cdot \frac{3}{5} [\operatorname{tg} (27^\circ)]^2 = \frac{144}{5} \cdot (0,5095)^2 = 7,48 \text{ фут.}, \text{ слѣдовательно}$$

толщина стѣны вверху:

$$b = b_1 - n \cdot h = 7,48 - 0,2 \cdot 20 = 3,48 \text{ фут.}$$

по II формулѣ получимъ:

$$b_1 = \sqrt{\frac{9}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{24^3}{20} \cdot (0,5095)^2 + \frac{1}{3} \cdot 0,4 \cdot 400} = \sqrt{80,74 + 5,33} =$$

$= \sqrt{86,07} = 9,27 \text{ фут.}$  и  $b = 9,27 - 4 = 5,27 \text{ фут.}$  Следовательно искомая толщина стѣны будетъ при основаніи 9,27 фут., а при вер- шинѣ 5,27 фут.

## ПРИЛОЖЕНИЕ XXXII.

### Горизонтальное и вертикальное давление воды и устойчивость плотины относительно скольжения.

Во многих случаях нужно знать только некоторую часть давления воды, действующую по данному направлению. Чтобы определить составляющую эту, разложим нормальное давление воды  $MP = P$  действующее на площадь  $AB = F$  на составляющія: по данному направлению  $MX$ , и по направлению  $My$ , къ нему перпендикулярному, т.-е. на  $MP_1 = P_1$  и  $MP_2 = P_2$ . Если  $\alpha$  есть угол  $PMx$ , составляемый направлением нормального давления съ данным направлением  $Mx$ , то составляющія силы или давления будутъ:  $P_1 = P \cos . \alpha$  и  $P_2 = P \sin . \alpha$ . Проведемъ плоскость  $BC$ , перпендикулярную къ направлению  $MX$  и возьмемъ проекцію площади  $AB$  на эту плоскость, то площадь  $F_1$  проекціи будетъ  $F_1 = F . \cos . ABC$ , но уголъ наклоненія  $ABC$  площади къ ея проекціи равенъ углу  $PMx = \alpha$  между нормальною силою, или давлениемъ  $P$ , и ея составляющею  $P_1$ , слѣдовательно  $F_1 = F \cos . \alpha$ , откуда:  $\cos . \alpha = \frac{F_1}{F}$  и искомая составляющая будетъ  $P_1 = P . \frac{F_1}{F}$ . Но нормальное давление  $P = F . h . \gamma$  (гдѣ  $h$  высота уровня воды надъ центромъ тяжести площади  $F$  и  $\gamma$  вѣсъ куб. ф. воды). слѣдовательно  $P_1 = F_1 . h . \gamma$ . То-есть, *давление воды по данному направлению на какую-нибудь площадь, равняется вѣсу столба воды, имѣющаго основаніемъ проекцію площади на плоскость, перпендикулярную къ данному направлению, а высотой разстояніе центра тяжести площади до горизонта воды.*

Черт. XXIX.  
эп. 424.

Въ большей части практическихъ случаевъ, важно опредѣлить только горизонтальную и вертикальную составляющія давления воды на какую нибудь площадь. Такъ какъ вертикальная проекція давления есть вертикальная его составляющая, а горизонтальная — горизонтальная составляющая, то *вертикальное давление* на какую нибудь площадь найдется, если горизонтальную проекцію, или планъ площади примемъ за площадь давления, а *горизонтальное давление* получимъ, если вертикальную проекцію площади примемъ за площадь давления, принимая въ обоихъ этихъ случаяхъ за высоту давления разстояніе центра тяжести площади до горизонта воды. На основаніи этого, въ *призматической плотинѣ*, или дамбѣ  $ABDE$ , для горизонтальнаго давления воды нужно вертикальный продольный разрѣзъ  $AC$  разсматривать какъ площадь давления, а для вертикальнаго давления горизонтальную проекцію  $BC'$  площади  $AB$ . Пусть длина плотины  $= l$ , высота  $AC = h$  и паденіе  $BC = a$ , то горизонтальное давление воды будетъ:

Черт. XXIX.  
эп. 425.

$$H = l . h . \frac{h}{2} . \gamma = \frac{1}{2} h^2 . l . \gamma, \text{ и вертикальное:}$$

$$V = a . l . \frac{h}{2} . \gamma = \frac{1}{2} a . l . h . \gamma.$$

Пусть ширина плотины сверху  $AE = b$ , падение  $DF = a_1$  и плотность материала плотины (или вѣсь куб. фута)  $= \gamma_1$ , то вѣсь ея будетъ  $G = \left( b + \frac{a+a_1}{2} \right) h \cdot l \cdot \gamma_1$ , а все давленіе плотины на горизонтальное основаніе будетъ:

$$V + G = \frac{1}{2} a \cdot l \cdot h \cdot \gamma + \left( b + \frac{a+a_1}{2} \right) h \cdot l \cdot \gamma_1 = \\ = \left[ \frac{1}{2} a \cdot \gamma + \left( b + \frac{a+a_1}{2} \right) \gamma_1 \right] l \cdot h.$$

Полагая коэффициентъ тренія  $= \varphi$ , то треніе или сила, потребная для того, чтобы сдвинуть плотину съ основанія, будетъ:

$$F = \varphi (V + G) = \left[ \frac{1}{2} a \gamma + \left( b + \frac{a+a_1}{2} \right) \gamma_1 \right] \varphi \cdot h \cdot l. \text{ Въ моментъ, когда горизонтальное давленіе будетъ въ состояніи сдвинуть плотину, должно быть: } \frac{1}{2} h^2 \cdot l \cdot \gamma = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot a + \left( b + \frac{a+a_1}{2} \right) \gamma_1 \right] \cdot \varphi \cdot h \cdot l. \text{ или проще } h = \varphi \left[ a + \left( 2b + a + a_1 \right) \frac{\gamma_1}{\gamma} \right] \text{ и для того, чтобы плотина могла противостоять давленію воды, или не могла быть сдвинута съ мѣста, нужно, чтобы было } h \text{ меньше } \varphi \left[ a + \left( 2b + a + a_1 \right) \frac{\gamma_1}{\gamma} \right] \text{ или } b \text{ больше } \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{h}{\varphi} - a \right) \frac{\gamma}{\gamma_1} - \left( a + a_1 \right) \right].$$

Для большей безопасности предполагають, что весь низъ плотины пропитанъ водою, поэтому нужно еще изъ сопротивленія плотины отнять давленіе воды снизу вверхъ, и положить

$$h \text{ меньше } \varphi \left[ \left( 2b + a + a_1 \right) \left( \frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right) - a_1 \right].$$

*Примѣръ.* Плотность плотины насыпанной изъ глины, почти вдвое больше чѣмъ плотность воды, т.-е.  $\frac{\gamma_1}{\gamma} = 2$  и  $\frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 = 1$ .

Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ нужно для устойчивости плотины противъ скользенія чтобы  $h$  было меньше  $\varphi (2b + a)$ .

Изъ опыта извѣстно, что плотина имѣетъ достаточную прочность, когда ея высота, основаніе откосовъ и ширина сверху равны между собою; на этомъ основаніи полагая:  $h = b = a$ , изъ послѣдней формулы получимъ:  $\varphi = \frac{1}{3}$ ; (ибо при  $h = \varphi (2b + a)$  будетъ  $h = \varphi (2h + h) = = \varphi \cdot 3h$  откуда  $\varphi = \frac{h}{3h} = \frac{1}{3}$ ), слѣдовательно для другихъ подобныхъ случаевъ можно положить:

$$h = \frac{1}{3} \left[ \left( 2b + a + a_1 \right) \left( \frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right) - a_1 \right], \text{ а для глиняной плотины } h = \frac{1}{3} (2b + a) \text{ откуда: } b = \frac{3h - a}{2}.$$

Если высота плотины 20 фут., уголъ наклоненія ея откоса  $\alpha = 36^\circ$ , то основаніе откоса будетъ  $a = h \cdot \text{Cotg. } \alpha = 20 \cdot \text{Cotg } 36^\circ = 20 \cdot 1.3764 = = 27,53$  фут.; слѣдовательно ширина плотины сверху будетъ:

$$b = \frac{60 - 27,53}{2} = 16,24 \text{ фут.}$$

### ПРИЛОЖЕНИЕ XXXIII.

#### Устойчивость плотины относительно вращения.

Водоудержательныя плотины подвергаются давленію, а иногда и ударамъ удерживаемой ими воды, поэтому необходимо имъ придавать достаточныя размѣры для того, чтобы собственный ихъ вѣсъ противо-дѣйствовалъ стремленію воды опрокинуть ихъ или сдвинуть. Повѣрка устойчивости плотины относительно скользенія и опредѣленіе въ этомъ случаѣ толщины ея производятся по правиламъ указаннымъ выше въ приложеніи XXXII. Здѣсь же укажемъ опредѣленіе устойчивости плотины относительно ея вращения.

Вода давитъ на верховой откосъ  $AD$  плотины  $ABCD$ , съ усиліемъ нормальнымъ къ его поверхности,  $OP = P$ , котораго точка приложенія  $M$  отстоитъ отъ уровня воды на  $LM = \frac{2}{3}$  глубины  $LQ = CK = \frac{2}{3}h$ . Для части плотины длиною = 1 (т.-е. на длинѣ погоннаго фута) это давленіе будетъ:  $P = AD \cdot 1 \cdot \gamma \cdot \frac{h}{2}$ , гдѣ  $\gamma$ —вѣсъ кубической единицы воды (т.-е. вѣсъ куб. фута). Горизонтальная составляющая этого давленія есть:  $H = h \cdot 1 \cdot \gamma \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{2}h^2 \cdot \gamma$ , а вертикальная составляющая

Черт. XXIX.

сш. 426.

$V = m \cdot h \cdot 1 \cdot \gamma \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{2}m \cdot h^2 \cdot \gamma$ , гдѣ  $m$ —уклонъ откоса  $AD$  и слѣдовательно  $DE = m \cdot h$  (т.-е. гдѣ  $m$  дробь или часть  $h$ ). Назвавъ чрезъ  $\gamma_1$ —вѣсъ кубич. единицы матеріала, изъ котораго устроена плотина, чрезъ  $b$ —ширину  $AB$  плотины сверху и чрезъ  $n$ —уклонъ низоваго откоса. то вѣсъ части  $ABCD$  плотины, длиною = 1, будетъ:

$G = \left( b + \frac{m+n}{2} \cdot h \right) h \cdot \gamma_1$ . Этотъ вѣсъ будетъ имѣть точкою приложенія центръ тяжести  $S$  трапеціи  $ABCD$ . Силы  $P$  и  $G$ , или  $H$ ,  $V$  и  $G$  даютъ равнодѣйствующую  $OR = R$ , которой статическій моментъ  $CN \cdot R$ . взятый относительно ребра  $C$ , или наружной подошвы плотины, и изобразить устойчивость плотины. Перенесемъ  $P$ , а слѣдовательно также  $H$  и  $V$  въ точку  $M$ , то разность между статическимъ моментомъ вѣса  $G$  и статическимъ моментомъ  $P$ —представитъ также величину устойчивости плотины. При этомъ замѣтимъ, что статическій моментъ силы  $P$  можетъ быть взятъ равнымъ разности между статическимъ моментомъ силы  $H$  и статическимъ моментомъ силы  $V$ . Но статическій моментъ силы  $H$  равенъ  $= \frac{1}{2}h^2 \cdot \gamma \cdot MQ$ ; статическій моментъ силы  $V$  равенъ  $= \frac{1}{2}m \cdot h^2 \cdot \gamma \cdot CQ$ . слѣдовательно статическій моментъ силы  $P$  будетъ:  $= \frac{1}{2}h^2 \cdot \gamma (MQ - m \cdot CQ) = \frac{1}{2}h^2 \cdot \gamma \left[ \frac{1}{3} \cdot h - m (nh + b + \frac{2}{3}m \cdot h) \right]$ .

Статическій же моментъ вѣса  $G = \frac{1}{2}nh^2\gamma_1 \cdot \frac{2}{3}n \cdot h + b \cdot h \cdot \gamma_1$   
 $\left( n \cdot h + \frac{b}{2} \right) + \frac{1}{2}mh^2 \cdot \gamma_1 \cdot (nh + b + \frac{1}{3}m \cdot h) = h\gamma_1 \cdot \left( \frac{1}{3}n^2h^2 + n \cdot b \cdot h + \frac{1}{2}b^2 + \frac{1}{2}m \cdot n \cdot h^2 + \frac{1}{2}m \cdot b \cdot h + \frac{1}{6}m^2 \cdot h^2 = \right.$

$= h\gamma_1 \left[ \left( \frac{m^2 + 2n^2}{3} + mn \right) \frac{h^2}{2} + \left( n + \frac{m}{2} \right) b \cdot h + \frac{1}{2} b^2 \right]$ . Поэтому величина устойчивости  $S$  плотины выразится такъ:  $S = h \left\{ \left[ \left( \frac{m^2 + 2n^2}{3} + mn \right) \frac{h^2}{2} + \left( n + \frac{m}{2} \right) b \cdot h + \frac{1}{2} b^2 \right] \gamma_1 \left[ \frac{1}{3} h - m (nh + b + \frac{2}{3} mh) \right] \frac{h}{2} \cdot \gamma_1 \right\}$

Для получения точки  $x$ , въ которой линия сопротивленія  $UWX$  встрѣчаетъ подошву  $CD$  плотины, — опредѣлимъ разстояніе  $CX$  этой точки до ребра  $C$  помощью пропорціи:  $\frac{CX}{CN} = \frac{OR}{HR} = \frac{R}{V+G}$ , откуда

$$CX = a = \frac{CN \cdot R}{V+G} = \left\{ \left[ \left( \frac{m^2 + 2n^2}{3} + mn \right) \frac{h^2}{2} + \left( n + \frac{m}{2} \right) b \cdot h + \frac{1}{2} b^2 \right] \gamma_1 + \left[ \left( \frac{2m^2 - 1}{3} + mn \right) h + mb \right] \frac{h}{2} \cdot \gamma_1 \right\} : \left\{ \left[ \left( \frac{m+n}{2} \right) h + b \right] \gamma_1 + \frac{1}{2} mh \cdot \gamma_1 \right\}; \text{ или}$$

$$a = \frac{[(m^2 + 2n^2 + 3mn)h^2 + (2n + m)3b \cdot h + 3b^2] \gamma_1}{3 \{ [(m+n)h + 2b] \gamma_1 + mh \gamma_1 \}} + \frac{[(2m^2 - 1 + 3mn)h + 3mb] h}{3 \{ [(m+n)h + 2b] \gamma_1 + mh \gamma_1 \}}$$

Помощію этой формулы можно будетъ опредѣлить и прочія точки линіи сопротивленія, какъ напр.  $W$  и проч., стоитъ лишь вмѣсто  $h$  вставлять различныя высоты, т.-е. разсматривать устойчивость частей плотины имѣющихъ различныя высоты и ограниченныя снизу горизонтальными плоскостями.

Если верховой и низовой откосы плотины замѣнимъ плоскостями вертикальными, то въ предъидущей формулѣ должно положить  $m = n = 0$  и тогда  $a = \frac{3b^2 \gamma_1 - h^2 \gamma_1}{6h \gamma_1} = \frac{1}{2} b - \frac{h^2 \gamma_1}{6b \gamma_1}$ . Въ томъ случаѣ когда оба откоса плотины будутъ имѣть уклонъ въ  $45^\circ$  (одиночный откосъ), т.-е.  $m = n = 1$ , тогда  $a = \frac{3(2h^2 + 3bh + b^2) \gamma_1 + (4h + 3b) h \gamma_1}{3 \{ (2b + h) \gamma_1 + h \gamma_1 \}}$ ; если кромѣ того  $b = h$ , то  $a = \frac{18 \gamma_1 + 7 \cdot \gamma_1}{4 \gamma_1 + \gamma_1} \cdot \frac{h}{3}$  и наконецъ принявъ  $\gamma_1 = 2 \gamma$ , получимъ  $a = \frac{43}{27} \cdot h = \frac{43}{27} \cdot b = 1,592 \cdot b = 1,6 \cdot b$ ; или, такъ какъ въ этомъ случаѣ толщина плотины у подошвы  $= b_1 = 3b$ , т.-е.  $b_1 = \frac{1}{3} b$  то  $a = \frac{43}{81} b_1 = 0,53 b_1$ .

По *Вобану* толщина плотины вполне удовлетворяющая условію устойчивости, есть  $a = \frac{5}{9} \cdot \frac{b_1}{2} = \frac{5}{18} \cdot b_1 = 0,277 \dots b_1$ . Слѣдовательно устойчивость плотины имѣющей толщину опредѣленную по послѣдней формулѣ, будетъ слишкомъ велика. Самые приличные размѣры плотины получаются, по *Вейсбаху*, принявъ  $a = 0,4 b_1$ ; въ этомъ случаѣ линия сопротивленія пересѣкаетъ подошву плотины на разстояніи  $\frac{4}{10}$  ширины подошвы, считая отъ ребра  $C$  низоваго откоса.

Примѣръ. Опредѣлить линію сопротивленія для вододержательной плотины, имѣющей толщину вверху  $b = 10$  ф., уклоны верховаго откоса  $m = 1$ , низоваго —  $n = \frac{1}{2}$  и выведенной изъ земли, которой относительный вѣсъ къ водѣ  $= 2$ .

Въ этомъ случаѣ:  $a = \frac{2(3h^2 + 60h + 300) + (5/2h + 30)h}{3(3h + 40 + h)} = \frac{1200 + 300h + 17h^2}{24(10 + h)}$   
откуда получаемъ: для  $h = 0$  для  $h = 5$  ф., для  $h = 10$  ф., для  $h = 15$  ф.,  
для  $h = 20$  ф. :  
 $a = 5$  ф.,  $a = 8,68$  ф.  $a' = 12,29$  ф.  $a = 15,86$  ф.  
 $a = 19,44$  ф. и т. д.

Для весьма большой высоты плотины  $a = \frac{17}{24}h$  и  $b = \frac{3}{4}h$ , следовательно  $\frac{a}{b} = \frac{17}{36}$ , а такъ какъ  $\frac{17}{36}$  больше 0,4, то рассматриваемая плотина, даже и въ случаѣ бесконечно большой высоты, будетъ устойчива въ отношеніи вращенія.

## ПРИЛОЖЕНИЕ XXXIV.

### Опредѣленіе формы верховаго откоса земляной плотины.

Земляную плотину, также какъ и каменную, можно считать за Черт. XXVIII.  
твердое тѣло не могущее скользить по своему основанію, по которое фиг. 420.  
не равно сопротивляется по всей своей высотѣ и которое вслѣдствіе давленія воды стремится раздѣлиться на горизонтальные слои. При опредѣленіи профилей этихъ плотинъ вопросъ заключается въ отысканіи кривизны, какую должно дать передней поверхности плотины  $HMF$ , обращенной къ водѣ, дабы различные слои плотины лежащіе на разныхъ высотахъ равно сопротивлялись силамъ стремящихся ихъ сдвинуть. Здѣсь не можетъ быть вопроса, какъ въ каменныхъ плотинахъ, объ обезпеченіи прочности матеріала плотины, чтобы напряженіе матеріала нигдѣ не превосходило прочнаго его сопротивленія, такъ какъ земля можетъ выносить неопредѣленные давленія, лишь бы не было въ ней скольженія.

Предположимъ, что задняя сторона  $HF$  земляной плотины  $HTF$  вертикальна и что высота воды равна съ высотой самой плотины.

И такъ пусть  $HTF$  представляетъ вертикальный разрѣзъ по ширинѣ, или профиль рассматриваемой плотины;  $HK$  — поверхность воды,  $HMF$  — искомую кривую линію, опредѣляющую кривизну передней поверхности плотины, при которой происходитъ равное сопротивленіе ея слоевъ при различныхъ глубинахъ воды.

Линія  $HT$  вертикальная, представляетъ заднюю поверхность плотины и  $MNmn$  — какой нибудь бесконечно тонкій горизонтальный слой, по которому плотина стремится прорваться отъ напора воды на поверхность  $HM$ .

Когда плотина дѣйствительно разрывается по линіи  $MN$ , тогда верхняя часть ея  $HMN$  отдѣляется отъ нижней  $MNTF$  подвигаясь отъ  $M$  къ  $N$  и при началѣ разрыва около точки  $N$  происходитъ небольшое вращательное движеніе. Поэтому вопросъ заключается въ отысканіи силъ дѣйствующихъ на слой  $MNmn$  и въ приведеніи ихъ въ равновѣсіе около точки  $N$ , считая эту послѣднюю за точку опоры рычага  $MNmn$ . Эти силы слѣдующія:

1) Горизонтальный напоръ воды; 2) вертикальное давленіе воды; 3) грузъ части  $HMN$  плотины; 4) сцѣпленіе двухъ поверхностей  $MN$  и  $mn$  происходящее отъ взаимнаго соприкасанія ихъ. Эта послѣдняя сила сцѣпленія подобна сопротивленію бруса, утвержденного въ стѣнѣ, на который дѣйствуетъ грузъ, съ тою только разницею, что такъ какъ волокны бруса гибки и тягучи, то и самый брусъ неравномѣрно сопротивляется по всѣму сѣченію своего перелома; сцѣпленіе же двухъ поверхностей  $MN$  и  $mn$  плотины происходя отъ задѣванія частей жесткихъ и неупругихъ, должно быть одинаково по всей длинѣ  $MN$ . Изъ вышеприведенныхъ четырехъ силъ, только одна первая стремится опрокинуть часть  $HMN$  около точки  $N$ ; остальные же три противодействуютъ этому вращенію. И такъ требуется найти моменты всѣхъ этихъ силъ относительно точки  $N$ . Для этого предположимъ:

$HP$  или  $MN = x$ ;  $PM = y$ ; удѣльную тяжесть воды  $= p$  и удѣльную тяжесть земли въ плотинѣ  $= \pi$  (причемъ замѣтимъ, что отношеніе  $\frac{P}{\pi} = \frac{\Delta}{\Delta_1}$  если  $\Delta$  вѣсъ куб. фута воды и  $\Delta_1$  вѣсъ куб. фута земли въ плотинѣ). Тогда будемъ имѣть: 1) моментъ горизонтальнаго напора воды  $= \frac{py^3}{6}$  (т.-е.  $\frac{py^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot y$ ). 2) Моментъ вертикальнаго давленія воды  $= \int p \cdot x \cdot y \cdot dx$ ; 3) моментъ части  $HMN$  плотины  $= \int \frac{\pi x^2 dy}{2}$ . 4) Такъ какъ прямая  $MN$ , по предположенію, имѣетъ одинаковую силу сцѣпленія во всѣхъ своихъ точкахъ, то моментъ ея относительно точки  $N$  будетъ пропорціоналенъ количеству  $x \cdot \frac{x}{2}$ , почему полагая, что при данной длинѣ, или толщинѣ плотины  $b$ , эта сила сцѣпленія равна известному вѣсу  $Q$ , и замѣчая, что здѣсь говорится только о профилѣ или вертикальномъ разрѣзѣ по ширинѣ плотины, то этотъ вѣсъ  $Q$  можно превратить въ соотвѣтственный вѣсъ квадратнаго слоя воды, бокъ квадрата котораго можно выразить известной линіей  $K$ . Тогда моментъ этой силы относительно точки  $N$  будетъ:  $\frac{pk^2}{b} \cdot \frac{x^2}{2}$ , который, какъ видно, одного рода съ прочими.

И такъ въ случаѣ равновѣсія имѣемъ уравненіе:  $\frac{py^3}{6} = \int p \cdot x \cdot y \cdot dx + \int \frac{\pi x^2 dy}{2} + \frac{pk^2 x^2}{2b}$ . Изъ этого уравненія нужно найти зависимость между  $x$  и  $y$  чтобы получить уравненіе кривой  $HMF$ . Взявъ дифференціалы обѣихъ частей этого уравненія, получимъ:  $\frac{py^2 dy}{2} = p \cdot x \cdot y \cdot dx + \frac{\pi x^2 dy}{2} + \frac{pk^2 x \cdot dx}{b}$ , или, полагая для сокращенія  $\frac{p}{\pi} = n$ ;  $\frac{pk^2}{b \cdot \pi} = N$ ; будетъ:  $\frac{ny^2 dy}{2} = n \cdot x \cdot y \cdot dx + \frac{x^2 dy}{2} + Nx \cdot dx$ ; или:  
 $ny^2 dy = x^2 dy + (2ny + 2N) x \cdot dx$ . Пусть  $2ny + 2N = z$  и слѣдовательно  $dy = \frac{dz}{2n}$ ,  $y^2 = \left(\frac{z-2N}{2n}\right)^2$ ; и уравненіе обратится въ слѣдующее:  
 $\frac{x^2 dz}{2n} + z \cdot x \cdot dx = \frac{dz}{2} \left(\frac{z-2N}{2n}\right)^2$ , или  $x^2 dz + 2n \cdot z \cdot x \cdot dx = \frac{dz}{4n} (z-2N)^2$ .  
 Это уравненіе допускаетъ интегрированіе когда  $n = 1$ ; но какъ  $n$  разнится отъ единицы, то надобно найти такую функцію количества  $z$ ,



на которую если умножимъ уравненіе, то первая часть его должна принять интегрированіе, ибо вторая часть всегда его допускаетъ, алгебраически или посредствомъ квадратуръ кривыхъ линий. По извѣст-

нымъ же способамъ найдется, что искомая функція есть  $z^{\frac{1}{n}-1}$  и будетъ:  
 $x^2 \cdot z^{\frac{1}{n}-1} \cdot dz + 2n \cdot z^{\frac{1}{n}} \cdot x \cdot dx = \frac{z^{\frac{1}{n}+1} dz - 4Nz \cdot n \cdot dz + 4n^2 z^{\frac{1}{n}-1} dz}{4n}$  и по интегрированіи получится:

$n \cdot x^2 \cdot z^{\frac{1}{n}} + A = \frac{z^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - \frac{N \cdot z^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2 z^{\frac{1}{n}}$ ; или по исключеніи количества  $z$ , будетъ:

$$nx^2 (2ny + 2N)^{\frac{1}{n}} + A = \frac{(2ny + 2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - \frac{N(2ny + 2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2 (2ny + 2N)^{\frac{1}{n}}.$$

Постоянное количество  $A$  прилагаемое къ интегралу должно быть таково, что когда  $x = 0$  то и  $y = 0$ ; ибо тогда моментъ горизонтальнаго напора воды исчезаетъ, а слѣдовательно и моменты прочихъ силъ должны также исчезнуть, а при этомъ условіи выходитъ

$$A = \frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - N \frac{(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{n+1} + N^2 (2N)^{\frac{1}{n}}$$

Такимъ образомъ окончательное уравненіе искомой кривой линіи *НМФ* будетъ:

$$\begin{aligned} nx^2 (2ny + 2N)^{\frac{1}{n}} + \frac{(2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - N \cdot \frac{(2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2 (2N)^{\frac{1}{n}} = \\ = \frac{(2ny + 2N)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)} - \frac{N(2ny + 2N)^{\frac{1+n}{n}}}{1+n} + N^2 (2ny + 2N)^{\frac{1}{n}}. \end{aligned}$$

Эту кривую линію, хотя она принадлежитъ къ роду линій высшихъ порядковъ, можно очень удобно описать, потому что неопредѣленные количества  $x$  и  $y$  опредѣляются сами собою и что для опредѣленія  $x$  чрезъ  $y$  стоитъ только разрѣшить простое уравненіе второй степени, въ которомъ нѣтъ втораго члена. Постоянное количество  $n$  есть извѣстное отношеніе удѣльныхъ тяжестей воды и земли изъ которой насыпана плотина; что же касается до количества  $N$ , то его величину опредѣляютъ опытомъ. Это есть общее аналитическое рѣшеніе вопроса о формѣ кривой *НМФ*. Но такъ какъ сила сдѣвленія только увеличиваетъ сопротивленіе плотины, то исключивъ ее изъ исчисленія, это уравненіе сдѣлается очень простымъ, потому что тогда  $N = 0$  и слѣ-

вательно общее уравненіе приметъ видъ:  $nx^2 (2ny)^{\frac{1}{n}} = \frac{(2ny)^{\frac{1+2n}{n}}}{4(1+2n)}$  или:

$$n \cdot x^2 (2ny)^{\frac{1}{n}} = \frac{(2ny)^{\frac{1}{n}} \cdot (2ny)^{\frac{2n}{n}}}{4(1+2n)} \text{ или } x^2 = \frac{(2ny)^2}{4n(1+2n)} = \frac{4n^2 \cdot y^2}{4n(1+2n)},$$

или  $x = y \cdot \sqrt{\frac{n}{1+2n}}$ . А это уравненіе показываетъ, что линія *НФ* есть

прямая, наклонная къ основанію  $FT$  такъ, что  $TF:HT = \sqrt{\frac{n}{1+2n}}:1$ .

И такъ какъ  $n = \frac{\rho}{\gamma} = \frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{2}{3}$ , то величина:

$$\sqrt{\frac{n}{1+2n}} = \sqrt{\frac{2/3}{1+2 \cdot 2/3}} = \sqrt{\frac{6}{21}} = \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{21}} = \frac{2,45}{4,58} = 0,53.$$

А потому  $FT:HT = 0,53:1$ . А изъ этого видно, что по теоріи, профиль земляной плотины равнаго сопротивленія на всѣхъ глубинахъ, не принимая въ расчетъ сѣвленія земли, есть прямоугольный треугольникъ  $HTF$ , въ которомъ основаніе составляетъ почти половину высоты <sup>1)</sup>.

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXXV.

### Опредѣленіе профилей каменныхъ высокихъ плотинъ.

Черт. XXVIII.  
анг. 421

1) *Распределение давленій на основаніе плотины.* Представимъ себѣ сплошную каменную плотину, которой поперечное сѣченіе вертикальной плоскостью (т.-е. профиль) будетъ  $ABCD$ , а основаніе ея на единицѣ длины будетъ представляться прямоугольникомъ  $mnpq$ ; на срединной линіи  $AB$  этого основанія дѣйствуетъ вертикальное давленіе  $P$  всего груза этой части плотины, котораго равнодѣйствующая будетъ проходить черезъ центръ тяжести  $O$  плотины и будетъ приложено въ точкѣ  $E$  основанія  $mnpq$ . Давленіе этой равнодѣйствующей распредѣляется неодинаково на различныхъ точкахъ основанія  $mnpq$  и для нашей цѣли необходимо знать законъ этого распредѣленія.

Предположимъ, какъ всегда, длину  $ml$  слоя стѣны равною единицѣ, означимъ черезъ  $l$  толщину стѣны въ основаніи  $AB$ , и черезъ  $u$ —разстояніе  $BE$  точки приложенія давленія  $P$  отъ верхняго ребра  $B$  призмы  $ABCD$ .

Элементарное давленіе въ точкѣ  $B$ , т.-е. давленіе на единицу площади (квадр. дюймъ или футъ; ввадр. сантим. или метръ) обозначая его черезъ  $p$ , выражается одною изъ формулъ:  $p = 2 \left( 2 - \frac{3u}{l} \right) \frac{P}{l}$ , ... (1) или  $p = \frac{2}{3} \cdot \frac{P}{n}$ , ... (2),—смотря по тому когда  $u$  будетъ больше или меньше  $\frac{1}{3} \cdot l$ .

Изъ первой формулы слѣдуетъ, что когда точка  $E$  лежитъ въ срединѣ основанія, давленіе тогда равномерно распредѣлено и элементарное давленіе въ точкѣ  $B$ , какъ и въ другихъ, равно  $\frac{P}{l}$ . По мѣрѣ удаленія точки  $E$  отъ середины основанія и приближенія къ  $B$ , давле-

<sup>1)</sup> О постройкѣ плотинъ и прорѣзовъ въ Гороблагодатскомъ Округѣ. Г. Нейберга. Горный Журналъ на 1854 г. № 1, стр. 12—17.

ніе на это ребро увеличивается, тогда какъ давленіе на ребро  $A$  уменьшается. Когда  $BE$ , или  $u$ , сдѣлается равнымъ  $\frac{1}{3} l$ , давленіе на  $B$  сдѣлается равнымъ  $\frac{2P}{l}$ , т.-е. удвоится противъ равномернаго распредѣленія. Элементарное давленіе будетъ идти уменьшаясь пропорціо-нально разстояніямъ отъ  $B$  къ  $A$  и это давленіе будетъ равно нулю въ точкѣ  $A$ .

Когда  $BE$ , или  $u$ , сдѣлается меньше  $\frac{1}{3} l$ , тогда слѣдуетъ принимать вторую формулу для распредѣленія давленій. Давленіе на ребро  $B$  будетъ постоянно увеличиваться по мѣрѣ приближенія точки  $E$ , приложенія равнодѣйствующей  $P$  давленія, къ этому ребру, или по мѣрѣ уменьшенія  $u$ . Противоположное ребро  $A$  будетъ подвержено отрица-тельному давленію, т.-е. растяженію. Но мы предполагаемъ каменную массу  $ABCD$  просто положенною на основаніе  $AB$  и слѣдовательно не принимаемъ въ расчетъ сцѣпленія кладки этой массы съ основа-ніемъ, а потому при этомъ предположеніи не будетъ растяженія въ  $A$ , но на нѣкоторомъ протяженіи отъ  $A$  къ  $B$ , начиная отъ  $A$ , не будетъ давленія на основаніе и величина этого протяженія будетъ увеличиваться по мѣрѣ приближенія точки  $E$  къ  $B$ . А потому давленіе  $P$  будетъ все болѣе и болѣе концентрироваться на ребрѣ  $B$ ; оно будетъ распредѣ-ляться все на меньшемъ и меньшемъ протяженіи основанія, и когда точка приложенія давленія  $E$  придетъ въ самое ребро  $B$ , т.-е. когда  $u$  обратится въ ноль, то элементарное давленіе въ этомъ ребрѣ сдѣ-ляется безконечнымъ. Совершенно обратное произойдетъ при перемѣ-щеніи точки  $E$  отъ  $B$  къ  $A$ . Эти формулы для распредѣленія давленій намъ будутъ необходимы при начертаніи профиля плотины графиче-скимъ способомъ. Что необходимо знать въ каждомъ случаѣ, это наи-большія давленія, и выше приведенныя формулы для этого достаточны.

2) *Профиль равномернаго сопротивленія стѣны, или плотины, подверженной дѣйствию только своего собственнаго груза.* Мы уже знаемъ, что когда вѣсь кубическаго фута кладки есть  $\Delta$ , и  $R$  есть ве-личина ея прочнаго, или предѣльнаго, сопротивленія, то наибольшая высота стѣны съ вертикальными ребрами умноженная на вѣсь кладки, должна быть равна  $R$ , т.-е.  $h \cdot \Delta = R$  или  $h = \frac{R}{\Delta}$ . Теперь представимъ себѣ отдѣльную стѣну подверженную дѣйствию лишь собственнаго груза и опредѣлимъ профиль равнаго сопротивленія, т.-е. такой профиль, чтобы въ каждой точкѣ стѣны элементарное давленіе было точно равно предѣльному давленію  $R$ . Теоретическій профиль равнаго сопротивленія долженъ начинаться съ толщины равной нулю, онъ долженъ быть сим-метриченъ относительно вертикальной проходящей чрезъ его вершину; слѣдовательно онъ имѣетъ общую форму  $ABC$  представленную на чер-тежѣ XXVIII фиг. 422.

Опредѣлимъ кривую одного изъ его откосовъ  $AC$ ; для этого при-мемъ за оси координатъ горизонтальную и вертикальную линіи прохо-дящія чрезъ вершину  $A$  и рассмотримъ два ближайшія сѣченія  $mn$  и  $rs$  находящіяся на безконечно маломъ разстояніи  $mv$ . При переходѣ

Черт. XXVIII.  
фиг. 422.

отъ одного къ другому, увеличеніе давленія равно вѣсу призмы  $mnr$  (толщину стѣны всегда предполагаемъ равною единицѣ); вѣсъ этой призмы равенъ  $\Delta_1 \cdot y \cdot dx$ . Увеличеніе площади основанія представляется длиною  $ts$  или  $dy$ , и это увеличеніе должно быть таково, чтобы умноженное на предѣльное давленіе  $R$ , оно равнялось бы увеличенію давленія; на этомъ основаніи получимъ слѣдующее дифференціальное уравненіе:  $\Delta_1 \cdot y \cdot dx = R \cdot dy$  и какъ  $\frac{R}{\Delta_1} = h$ , т.-е. предѣльной высотѣ стѣны съ вертикальными боками опредѣленной выше, то предъидущее уравненіе приметъ видъ:  $dx = h \cdot \frac{dy}{y}$ , которое нужно интегрировать. Интегралъ  $\frac{dy}{y}$  равенъ *Неперову* логариѳму отъ  $y$ , или  $\text{Log. } y$ . Для облегченія построенія этой кривой, которая иногда встрѣчается въ строительномъ искусствѣ, приводимъ таблицу *Неперовыхъ* логариѳмовъ для чиселъ отъ 1 до 60.

Таблица *Неперовыхъ* логариѳмовъ отъ 1 до 60.

Числа.	Логариѳмы.	Числа.	Логариѳмы.	Числа.	Логариѳмы.	Числа.	Логариѳмы.
1	0,00000	16	2,77258	31	3,43398	46	3,82864
2	0,69314	17	2,833321	32	3,46573	47	3,85014
3	1,09861	18	2,89037	33	3,49650	48	3,87120
4	1,38629	19	2,91413	34	3,52636	49	3,89182
5	1,60943	20	2,99573	35	3,55534	50	3,91202
6	1,79175	21	3,04452	36	3,58351	51	3,93182
7	1,94591	22	3,09104	37	3,61091	52	3,95124
8	2,07944	23	3,13549	38	3,63758	53	3,97029
9	2,19722	24	3,17805	39	3,66356	54	3,98898
10	2,30258	25	3,21887	40	3,68887	55	4,00733
11	2,39789	26	3,25809	41	3,71357	56	4,02535
12	2,48490	27	3,29583	42	3,73766	57	4,04305
13	2,56494	28	3,33220	43	3,76120	58	4,06044
14	2,63905	29	3,36729	44	3,78416	59	4,07753
15	2,70805	30	3,40119	45	3,80666	60	4,09434

Такъ какъ послѣ интегрированія уравненіе  $dx = h \cdot \frac{dy}{y}$  обратится въ уравненіе  $x = h \cdot \text{Log. } y$ , то давая для  $y$  различныя величины, мы получимъ соотвѣтственныя величины для  $x$  и построимъ кривую  $AC$  по точкамъ.

Напримѣръ, если примемъ предѣльное давленіе  $R$  въ 6 килограм. на квадр. сантиметръ, что составитъ на квадратн. метръ 60.000 килограм. и вѣсь куб. метра кладки въ 2300 килограм., то наибольшая высота  $h$  стѣны будетъ 26 метровъ, такъ какъ  $h = \frac{R}{\Delta_1} = \frac{60.000}{2.300} = 26$  метр. Давая для  $y$  величины:

5, 10, 20, 30, 40, 50 метровъ, величины для  $x$  будутъ:  
 $x = 26 \cdot \text{Log}.5 = 26 \cdot 1,60943 = 41,86$  метр.; а также 59,80; 78; 88,4; 95, 94; 101,40 метровъ, т.-е. числа, которыя показаны нами на фигурѣ.

Если бы стѣна имѣла вверху толщину  $e$  вмѣсто нуля, тогда интегрированіе дифференціальнаго уравненія привело бы къ формулѣ  $x = h(\text{Log}.y - \text{Log}.e) = h \cdot \text{Log} \cdot \frac{y}{e} = 2,30258 \cdot h \cdot \log \cdot \frac{y}{e}$ ; гдѣ  $\log \cdot \frac{y}{e}$  есть уже простой, не Неперовъ логариомъ.

Эта формула не представила бы затрудненій для вычисленія, какъ и предыдущая, помощію обыкновенной таблицы логариомовъ.

3) *Измѣненіемъ формы профиля, т.-е. перемѣщеніемъ груза въ тѣль плотины, можно уравнивать давленія и приводитъ направленіе равнодѣйствующей въ средину основанія.*

Черт. XXVIII.

фиг. 423.

Чтобы дать наглядное понятіе о томъ, какъ форма профиля измѣняется распредѣленіе давленія плотины на основаніе, представимъ себѣ что плотина въ поперечномъ сѣченіи имѣетъ профиль треугольника  $abc$ . Она подвержена дѣйствию только собственной тяжести  $P$ , которой точка приложенія находится въ центрѣ тяжести  $O$ . Если этотъ центръ тяжести перемѣстится влѣво, то давленіе увеличится въ ребрѣ  $b$  основанія и уменьшится въ ребрѣ  $c$ . Отнимемъ слѣва треугольникъ  $abb'$  и прибавимъ справа къ профилю треугольникъ  $acc'$ , въ которомъ  $cc' = bb'$ ; въ этихъ треугольникахъ основанія и высоты равны, слѣдовательно равны и ихъ площади. Вѣсь плотины слѣдовательно остается тотъ же, но центръ тяжести перемѣстится изъ  $O$  въ  $O'$  и  $mm'$  будетъ равна  $cc'$ . А потому перемѣщеніе груза вправо будетъ меньше перемѣщенія ребра  $c$ , такъ какъ  $OO'$  меньше  $mm'$  и слѣдовательно меньше  $cc'$ . слѣдовательно, при тѣхъ же условіяхъ въ количествѣ матеріала, ребро  $b$  приблизилось, а ребро  $c$  удалилось отъ вертикальной силы  $P$ , и давленіе возросло на лѣвое ребро и уменьшилось на правое.

Черт. XXIX.

фиг. 424.

Прибавляя къ профилю  $acdb$  плотины часть  $dmb$ , мы увеличимъ давленіе на соответствующее ребро. Чтобы получить полное давленіе нужно соединить вѣсь  $P$  первоначальнаго профиля съ вѣсомъ  $p$  присоединеннаго. Равнодѣйствующая этихъ двухъ параллельныхъ силъ,  $P + p$ , будетъ расположена между ними; чрезъ это не только увеличилось все давленіе, но оно приблизилось къ ребру  $b$ ; откуда двойная причина чтобы давленіе на единицу площади  $y$  этого ребра увеличилось. Давленіе же на ребро  $a$  уменьшится или увеличится, смотря по обстоятельствамъ, ибо общее давленіе увеличилось, но оно удалилось отъ этого ребра и чрезъ это давленіе на это ребро уменьшилось. Обратныя явленія произойдутъ, если мы отъ профиля  $acdb$  отнимемъ часть  $dmb$ .

фиг. 425.

Эти примѣры показываютъ, что отнимая часть профиля, можно

въ извѣстныхъ случаяхъ уменьшить элементарныя давленія на оба ребра; или уменьшить давленіе на одно ребро и сохранить то же давленіе на другое, или уменьшить на одно и увеличить на другое. А потому перемѣненіе груза представляетъ возможность регулировать распредѣленіе давленій, достигать равномѣрности въ этомъ распредѣленіи и приводить направленіе равнодѣйствующей на средину основанія.

Черт. XXIX.  
• нп. 429.

То же самое можетъ происходить и тогда, когда плотина подвержена, не только дѣйствію своего собственнаго груза, но когда на нее дѣйствуетъ еще и постоянное горизонтальное давленіе. Вѣсь груза плотины  $P$ , съ профилемъ  $abc$ , слагается съ горизонтальнымъ давленіемъ  $Q$  и даетъ равнодѣйствующую  $R$ , которая встрѣчаетъ основаніе плотины въ точкѣ  $d$ ; въ этой точкѣ сила, или давленіе,  $R$  можетъ быть опять разложена на двѣ своихъ слагающихъ  $P$  и  $Q$ ; горизонтальная слагающая уравновѣшивается треніемъ плотины объ основаніе, если только грузъ плотины для этого достаточенъ; остается слѣдовательно одна вертикальная слагающая  $P$ , которую нужно принимать въ расчетъ при опредѣленіи давленій на основаніе. И элементарное давленіе (т.-е. на единицу площади) на ребро  $c$  зависитъ отъ разстоянія  $dc$  этого ребра отъ точки  $d$  пересѣченія равнодѣйствующей  $R$  съ основаніемъ  $bc$ .

Когда профиль  $bac$  будетъ замѣненъ профилемъ  $b'ac'$ , равной площади, вертикальная слагающая  $P$  перемѣстится вправо на количество меньшее  $cc'$ ; равнодѣйствующая  $R'$ , параллельная  $R$ , перемѣстится вправо на такое же количество какъ и  $P$  и точка  $d'$ , въ которой она пересѣчетъ основаніе, будетъ слѣдовательно дальше отъ  $C$  чѣмъ точка  $d$  была отъ точки  $c$ . Такимъ образомъ давленіе уменьшилось на правое ребро и уменьшилось на лѣвое, не смотря на то что грузъ передвинулся вправо. Хотя второй и третій случай не всегда даютъ тѣ же результаты, когда къ грузу плотины присоединяется еще и постоянное горизонтальное давленіе, но цѣль наша была показать, что прибавленіемъ или отнятіемъ части профиля измѣняется распредѣленіе давленій и что этимъ способомъ можно достигнуть равномѣрнаго распредѣленія.

4) Если стѣна, или плотина, поддерживаетъ сверху еще какой-нибудь посторонній грузъ и желаютъ прировнять сопротивленіе матеріала по верхней плоскости и по основанію стѣны, то если направленіе равнодѣйствующей совпадаетъ съ осью стѣны, или съ осью профиля, и если  $p$  есть грузъ поддерживаемый стѣною на погонной единицѣ,  $h$  высота стѣны,  $e$  и  $e'$  толщина ея вверху и внизу,  $\Delta_1$  вѣсь кубич. единицы кладки и  $R$  прочное сопротивленіе матеріала раздробленію, то будетъ:  $e = \frac{P}{R}$  и  $e' = \frac{P}{R} \left( \frac{2R + \Delta_1 h}{2R - \Delta_1 h} \right)$ .

Если же направленіе равнодѣйствующей давленія  $P$  находится въ разстояніи  $n \cdot e$  отъ оси стѣны (т.-е. отъ средины основанія) то будетъ:  $e = 2 \left( 2 - 3n \right) \frac{P}{R}$  и  $e' = \frac{2P}{R} \left\{ \frac{R + (2 - 3n) \Delta_1 h}{2R - \Delta_1 h} \right\}$ ; и чтобы матеріалъ стѣны нигдѣ не былъ подверженъ раздробленію, необходимо удовлетворить условію, чтобы  $2 \left( 3n - 1 \right) \frac{P}{e}$  было равно нулю или больше нуля.

5) Въ п. 1 настоящаго приложения мы видѣли, что элементарное давление на ребро  $B$  выражается формулами: Черт. XXVIII.  
фиг. 421.

$$(1) p = 2\left(2 - \frac{3 \cdot u}{l}\right) \frac{P}{l} \text{ для } u > \frac{1}{3} l \text{ и}$$

$$(2) p = \frac{2}{3} \cdot \frac{P}{u} \text{ для } u < \frac{1}{3} l.$$

Если желаемъ чтобы давленіе  $p$  не превосходило предѣла прочнаго сопротивленія  $R$  кладки, то въ этихъ формулахъ слѣдуетъ замѣнить давленіе  $p$  давленіемъ  $R$  и эти формулы будутъ выражать отношенія между  $P$ ,  $u$  и  $l$ . Но вмѣсто  $R$  мы можемъ поставить произведеніе  $\Delta_1 \cdot h$  равное  $R$  (см. п. 2.), т.-е. произведеніе вѣса куб. единицы кладки на наибольшую высоту стѣны съ вертикальными боками, у которой давленіе на основаніе было бы точно равно  $R$ .

Тогда формулы (1) и (2) примутъ видъ:

$$(3) \dots\dots 2\left(2 - \frac{3 \cdot u}{l}\right) \frac{P}{\Delta_1 l} = h \text{ для } u > \frac{1}{3} l \text{ и}$$

$$(4) \dots\dots \frac{2}{3} \cdot \frac{P}{\Delta_1 u} = h \text{ для } u < \frac{1}{3} l.$$

Эти два выраженія обыкновенно и употребляютъ въ вычисленіяхъ сопротивленій каменныхъ плотинъ или стѣнъ резервуаровъ.

6) *Профиль равнаго сопротивленія плотины, или стѣны, подверженной давленію воды на одну изъ ея сторонъ.* При осуществленіи такого профиля, точка приложенія равнодѣйствующей приближается къ срединѣ основанія и  $u$  слѣдовательно больше  $\frac{1}{3} l$ ; а потому въ вычисленіяхъ будемъ употреблять формулу (3).

Представимъ себѣ каменную плотину, или стѣну съ треугольнымъ профилемъ  $SAB$ , на лѣвую сторону которой давить вода съ напоромъ высотой  $H$  равною высотѣ плотины  $AN$ . Опредѣлимъ основаніе  $l$  профиля плотины такимъ образомъ, чтобы оно было наименьшее, но удовлетворяло бы условію  $2\left(2 - \frac{3 \cdot u}{l}\right) \frac{P}{\Delta_1 l} = h$ . Черт. XXIX.  
фиг. 430.

Если осуществимъ эту наименьшую толщину основанія, то плотина будетъ имѣть профиль наименьшей площади и слѣдовательно потребуетъ наименьшее количество матеріала, не превосходя въ давленіяхъ на основаніе предѣла прочности.

Во-первыхъ очевидно, что низовой откосъ  $AB$  долженъ быть гораздо болѣе наклоненъ къ горизонту чѣмъ верховой откосъ  $AC$ , для того чтобы плотина представляла большее сопротивленіе вращенію около ребра  $B$ ; такъ какъ въ этомъ случаѣ равнодѣйствующая груза плотины болѣе приближается къ точкѣ  $C$  и слѣдовательно моментъ этой силы, препятствующій вращенію плотины около ребра  $B$ , увеличивается. А потому откосъ  $AC$  болѣе приближается къ вертикальной  $AN$  чѣмъ откосъ  $AB$ .

Назовемъ чрезъ  $l$  переменную толщину основанія  $BC$  плотины, чрезъ  $H$  постоянную высоту плотины и воды; чрезъ  $m$  тангенсъ угла  $ACB$ , т.-е. число измѣряющее наклоненіе верховаго откоса къ горизонту; чрезъ  $\Delta$  вѣсъ куб. единицы воды; чрезъ  $P$  вѣсъ плотины на длинѣ погонной единицъ; этотъ вѣсъ выразится произведеніемъ  $\frac{1}{2} \Delta_1 \cdot H \cdot l$ ,

т.-е. сѣченіемъ профиля на вѣсъ  $\Delta$ , куб. единицы кладки. Вода производитъ на плотину горизонтальное давленіе  $\frac{\Delta \cdot H^2}{2}$  приложенное на одной трети высоты считая отъ основанія; это будетъ опрокидывающая сила. Сила, сопротивляющаяся вращенію плотины около ребра  $B$ , составляется изъ двухъ грузовъ: 1) изъ вѣса  $P$  плотины, приложеннаго въ центрѣ тяжести профиля, т.-е. на срединной линіи  $AG$  въ точкѣ  $F$  этой линіи отстоящей на  $\frac{1}{3}$  ея длины отъ основанія и 2) изъ вѣса  $Q$  жидкой призмы, которой сѣченіе  $ACK$  и которая давитъ на верховой откосъ  $AC$ . Этотъ грузъ  $Q$  имѣетъ точкой приложенія центръ тяжести треугольника  $ACK$  и горизонтальное разстояніе его направленія отъ направленія груза  $P$ , по геометрическимъ причинамъ, равно  $\frac{1}{3} l$ .

Чтобы получить полную силу сопротивленія, слѣдуетъ сложить силы  $P$  и  $Q$ ; но какъ верховой откосъ больше приближается къ вертикальной чѣмъ низовой, то сѣченіе, или площадь треугольника  $ACK$ , гораздо менѣе площади сѣченія плотины или площади ея профиля; притомъ вѣсъ куб. единицы воды вдвое меньше чѣмъ вѣсъ кубич. единицы кладки, а именно: вѣсъ куб. метра воды = 1000 килограм., а вѣсъ кубического метра кладки = 2000 килограм. А потому грузъ  $Q$  малъ въ сравненіи съ грузомъ  $P$  и мы можемъ имъ пренебречь въ приблизительномъ вычисленіи, тѣмъ болѣе, что этотъ грузъ удаляетъ равнодѣйствующую отъ ребра  $B$  и слѣдовательно увеличиваетъ прочность относительно вращенія. А потому дѣйствующія силы приводятся къ горизонтальному давленію воды и къ вѣсу плотины, которыхъ направленія встрѣчаются въ точкѣ  $F$  и равнодѣйствующая которыхъ  $FM$  пересѣкаетъ основаніе  $BC$  плотины въ точкѣ  $E$ . Здѣсь эта равнодѣйствующая можетъ быть разсматриваема какъ разложенная на свои двѣ составляющихъ, изъ которыхъ горизонтальное давленіе уравнивается треніемъ и только сила  $P$  опредѣляетъ нормальное давленіе.

Чтобы воспользоваться формулою (3) нужно выразить  $BE$ , или  $u$ , въ зависимости отъ данныхъ вопроса. Во первыхъ имѣемъ отношеніе:

$$\frac{ED}{DF} = \frac{\frac{\Delta \cdot H^2}{2}}{\Delta_1 \cdot H \cdot l}; \text{ и какъ } DF = \frac{1}{3} H \text{ то получимъ:}$$

$$ED = \frac{\Delta \cdot H^2}{3 \cdot \Delta_1 \cdot l}. \text{ Точка } G \text{ есть середина основанія; въ прямоугольномъ треугольнике } CAN, CN = \frac{H}{m}, \text{ слѣдовательно } GN = \frac{l}{2} - \frac{H}{m}. \text{ А потому будетъ:}$$

$$\frac{GD}{GN} = \frac{GF}{GA} \text{ или } GD = \frac{1}{3} GN = \frac{1}{3} \left( \frac{l}{2} - \frac{H}{m} \right); \text{ и } u = BE = GB +$$

$$+ GD - DE = \frac{l}{2} + \frac{1}{3} \left( \frac{l}{2} - \frac{H}{m} \right) - \frac{\Delta \cdot H^2}{3 \cdot \Delta_1 \cdot l} \text{ или}$$

3.  $u = 2l - \frac{H}{m} - \frac{\Delta \cdot H^2}{\Delta_1 \cdot l}$ . Вставляя эту величину 3.  $u$  въ уравненіе (3), сокращая и располагая его относительно толщины основанія  $l$ , приходимъ къ уравненію 2-й степени относительно  $l$ , т. е.  $h \cdot \Delta_1 \cdot m \cdot l^2 - \Delta_1 \cdot H^2 \cdot l - m \cdot \Delta \cdot H^2 = 0$  — изъ котораго получимъ:

$$l = \frac{\Delta_1 H^2 + \sqrt{\Delta_1^2 H^4 + 4 m^2 \Delta h \Delta_1 H^3}}{2 h \Delta_1 m} = \frac{H^2}{2 h m} + \frac{1}{2 h \Delta_1} \sqrt{\frac{\Delta_1^2 H^4}{m^2} + 4 \Delta h \Delta_1 H^3}$$



Оно даетъ двѣ величины для  $l$ , но вторая, какъ отрицательная, не соотвѣтствуетъ вопросу; слѣдуетъ разсматривать для  $l$  только положительную величину; эта величина уменьшается по мѣрѣ увеличенія  $m$ , т.-е. по мѣрѣ того, какъ верховой откосъ приближается къ вертикальному. Когда этотъ откосъ сдѣлается вертикальнымъ, тогда  $m$  равно безконечно большой величинѣ (какъ тангенсъ прямого угла), а толщина  $l$  основанія профиля будетъ наименьшая. Такимъ образомъ *наименьшая толщина основанія, и слѣдовательно наименьшее количество матеріала въ кладкѣ плотины, соответствуетъ тому случаю, когда каменная плотина со стороны воды имѣетъ откосъ вертикальный.*

Остается теперь опредѣлить форму низоваго откоса; если верховой откосъ вертикаленъ, т.-е. когда  $m$  равно безконечной величинѣ, то толщина основанія  $l$  изъ предъидущаго уравненія будетъ:

$$l = \sqrt{\frac{\Delta_1 \cdot H^3}{\Delta_1 h}} = H \sqrt{\frac{\Delta_1}{\Delta_1} \cdot \frac{H}{h}}.$$

Эта формула показываетъ, что отношеніе  $l$  къ  $H$  возрастаетъ не пропорціонально, а быстрѣе съ увеличеніемъ глубины  $H$ ; *низовой откосъ, слѣдовательно, не ограничивается прямою линіею, а вогнутою кривою, какъ видно на фиг. 431.*

Слѣдовательно чтобы удовлетворить устойчивости и прочности, употребляя возможно наименьшее количество каменной кладки, необходимо принять для каменной плотины профиль  $ABC$ , вертикальный со стороны воды и кривой вогнутой со стороны противоположной. Формула

$l = H \sqrt{\frac{\Delta_1}{\Delta_1} \cdot \frac{H}{h}}$  указываетъ еще, что толщина  $l$  измѣняется въ обратномъ отношеніи квадратнаго корня плотности кладки  $\Delta_1$ ; слѣдовательно выгодно употреблять матеріалы въ кладку по возможности легчайшіе, при томъ конечно условіи, чтобы они были достаточно тяжелы для сопротивленія скольженію плотины на своемъ основаніи, и что ихъ сопротивленіе останется то же. Но въ практикѣ это условіе не имѣетъ значенія, такъ какъ выборъ матеріаловъ ограниченъ и почти всегда матеріалы наиболѣе прочныя въ то же самое время бывають и самыя тяжелыя.

7) *Наибольшая высота плотины съ вертикальными откосами, какъ верховымъ, такъ и низовымъ, подверженной давленію воды.* Представимъ себѣ каменную плотину съ прямоугольнымъ профилемъ, т.-е. съ вертикальными откосами, толщиной равною  $l$  и опредѣлимъ наибольшую высоту  $H$ , которую можно ей дать съ тѣмъ, чтобы элементарное давленіе на ребро  $B$  не превосходило предѣла прочнаго сопротивленія  $R$  или  $\Delta_1 \cdot h$ . Здѣсь горизонтальное давленіе воды  $\frac{\Delta_1 \cdot H^2}{2}$ ; приложенное на  $\frac{1}{3} H$  отъ основанія, слагается съ грузомъ  $P$  плотины равнымъ  $\Delta_1 \cdot l \cdot H$ , приложеннымъ въ центрѣ тяжести  $O$ ; направленія этихъ двухъ силъ, горизонтальной и вертикальной, встрѣчаются въ точкѣ  $F$  и направленіе  $FM$ , ихъ равнодѣйствующей, пересѣчетъ основаніе  $BC$  въ точкѣ  $E$ . Элементарное давленіе на ребро  $B$  будетъ зависѣть отъ разстоянія  $BE = u$ , которое нужно предварительно опре-

Черт. XXIX.

снг. 431.

Черт. XXIX.

снг. 432.

дѣлать.  $DE$  и  $DF$  находятся въ томъ же отношеніи между собою, какъ и двѣ составляющія силы  $\frac{\Delta \cdot H^2}{2}$  и  $P$ ; и слѣдовательно будетъ:

$$DE:DF = \frac{\Delta \cdot H^2}{2} : \Delta_1 \cdot l \cdot H; \text{ и какъ } DF = \frac{1}{3}H \text{ и } BD = \frac{1}{2}l,$$

$$\text{то будетъ: } DE = \frac{\Delta \cdot H^2}{6 \cdot \Delta_1 \cdot l} \text{ и } u = BD - DE = \frac{l}{2} - \frac{\Delta \cdot H^2}{6 \cdot \Delta_1 \cdot l} = \frac{3 \cdot \Delta_1 \cdot l^2 - \Delta \cdot H^2}{6 \cdot \Delta_1 \cdot l}.$$

Устойчивость получится, если данныя вопроса удовлетворяютъ условію:  $2 \left( 2 - \frac{3 \cdot u}{l} \right) \frac{P}{\Delta_1 l} = h$  для  $u > \frac{1}{3}l$ , или условію:

$$\frac{2}{3} \frac{P}{\Delta_1 u} = h, \text{ для } u < \frac{1}{3}l. \text{ Для опредѣленія } H \text{ мы употребимъ ту или другую формулу, смотря потому, будетъ ли } u \text{ больше или меньше } \frac{1}{3}l, \text{ т. е. смотря потому, будетъ ли выраженіе } \frac{3 \cdot \Delta_1 \cdot l^2 - \Delta \cdot H^2}{6 \cdot \Delta_1 \cdot l} \text{ больше или меньше } \frac{1}{3}l, \text{ или что то же, будетъ ли } l^2 \text{ больше или меньше } \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot H^2.$$

Чтобы облегчить вычисленія, мы примемъ для  $\Delta_1$  цифру 2000 килограмм. (3,46 пуд.) и цифру 60.000 для величины  $R$  (т. е. 6 килограмм: на кв. сантиметръ или 60.000 на кв. метръ, или 2,4 пуда на кв. дюймъ). Тогда  $h = 30$  метровъ и отношеніе  $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{1}{2} (1,73 : 3,46 = 1 : 2)$ .

Слѣдовательно, смотря по тому, будетъ ли  $l^2$  больше или меньше  $\frac{1}{2} H^2$ , или будетъ ли  $H$  меньше или больше  $l \cdot \sqrt{2}$  или 1,4  $l$ , должно для вычисленія  $H$  употребить формулу  $2 \left( 2 - \frac{3u}{l} \right) \frac{P}{\Delta_1 l} = h$  или формулу  $\frac{2}{3} \cdot \frac{P}{\Delta_1 u} = h$ . Толщина  $l$  дана; въ самыхъ большихъ резервуарахъ и прудахъ она не превосходитъ 5 метровъ (16,4 фут.). Примемъ для  $l$  эту величину. Вставивъ въ предыдущія формулы вмѣсто  $u$  найденную для нея выше величину, эти формулы примутъ видъ:

$$\begin{aligned} \Delta \cdot H^3 + \Delta_1 \cdot l^2 \cdot H - \Delta_1 \cdot h \cdot l^2 &= 0 \text{ и} \\ \Delta \cdot h \cdot H^2 + 4\Delta_1 \cdot l^2 H - 3 \cdot h \cdot \Delta_1 \cdot l^2 &= 0. \end{aligned}$$

Если вмѣсто  $\Delta$ ,  $\Delta_1$  и  $h$  вставимъ ихъ численныя величины, то эти уравненія сдѣлаются:

$$(1) \dots H^3 + 2 \cdot l^2 \cdot H - 60 \cdot l^2 = 0 \text{ и}$$

(2)  $\dots 30 \cdot H^2 + 4 \cdot l^2 \cdot H - 90 \cdot l^2 = 0$ . Въ частности, для  $l = 5$  м. употребимъ формулу (2), если формула (1) дастъ для  $H$  величину большую 1,4  $l$ , или число 7. И это дѣйствительно такъ, ибо уравненіе (1) даетъ  $H = 10$  м. Величина же  $H$ , вычисленная изъ уравненія (2) будетъ равна 9,35 метровъ или 30,67 футовъ. Такимъ образомъ плотина, имѣющая въ верхнемъ гребнѣ 5 метр. (16,4 ф.) ширины, можетъ имѣть оба откоса вертикальными до глубины 9,35 метр. (30,67 фут.), не переставая имѣть устойчивость и въ которой давленіе на ребро  $B$  не превосходитъ 6 килограмм. на кв. сантиметръ, или 2,4 пуда на кв. дюймъ. Эта глубина и показана нами на теоретическомъ профилѣ приведенномъ въ текстѣ (въсѣ этой части плотины въ 5 м. ширины и въ 9,35 метр. глубины составляетъ 94.000 килограммовъ).

## ПРИЛОЖЕНИЕ XXXVI.

### Графическій способъ опредѣленія профиля каменной плотины.

Пользоваться на практикѣ дифференціальными уравненіями для опредѣленія профиля было бы сложно и бесполезно. Поэтому мы изложимъ здѣсь графическій способъ, самый простой, не требующій сложныхъ вычисленій и который при ясности и простотѣ важенъ тѣмъ, что онъ совершенно точенъ, а не приблизительно только.

Въ текстѣ мы уже замѣтили, что теоретическій профиль съ кривыми откосами можетъ быть замѣненъ профилемъ съ линиями ломаными въ откосахъ вмѣсто кривыхъ. Въ такомъ профилѣ будетъ сначала часть  $CDLE$  съ вертикальными откосами, высоту которой мы указали выше, въ п. 7 <sup>1)</sup>, какъ опредѣлить. Затѣмъ будетъ часть  $LEMF$  имѣющая форму трапеціи, съ горизонтальными основаніями  $LE$  и  $FM$  и съ вертикальнымъ верховымъ откосомъ  $LF$ ; здѣсь будетъ необходимо точно опредѣлить положеніе точки  $F$ , что мы и укажемъ. По опредѣленіи точки  $F$ , мы должны опредѣлить слѣдующій слой нѣкоторой толщины, представляемый трапеціею  $FGMH$  и который долженъ быть опредѣленъ при условіяхъ, чтобы давленіе въ  $H$ , когда резервуаръ полонъ и давленіе въ  $G$ , когда резервуаръ спущенъ, или пусть, не превосходили бы предѣльнаго давленія  $R$ . Опредѣливъ профиль этого слоя, опредѣлимъ затѣмъ профиль слѣдующаго слоя, такой же высоты и т. д. до самаго основанія плотины. Понятно, что давая слоямъ очень малую высоту, получимъ ломаный контуръ, очень близкій къ теоретическимъ кривымъ линіямъ. Но въ этомъ нѣтъ никакой надобности и въ практикѣ, безъ всякихъ неудобствъ, можно давать этимъ слоямъ весьма большую высоту.

Черт. XXXI.  
фиг. 438.

И такъ предположимъ что ширина плотины (или стѣны резервуара) въ верху 5 метровъ, плотность кладки 2000 килограммовъ; предѣльное сопротивленіе 6 килограмм. на кв. сантиметръ, или 60.000 килограмм. на кв. метръ. Мы сдѣлаемъ построеніе въ метрическихъ мѣрахъ, вычисленія съ которыми легче; затѣмъ не трудно перевести окончательные выводы изъ метровъ въ футы; ходъ же построенія совершенно одинаковъ, будемъ ли выражать силы, или давленія, въ пудахъ и линейныя мѣры въ футахъ, или первыя въ килограммахъ, а вторыя въ метрахъ.

Мы уже знаемъ, что плотина отъ верха до глубины 9,35 метровъ имѣетъ одинаковую толщину въ 5 метровъ; слѣдовательно только съ глубины 9,35 метровъ низовой откосъ перестаетъ быть вертикальнымъ и мы начинаемъ съ этой глубины построеніе профиля равнаго сопротивленія.

<sup>1)</sup> Приложение XXXV.

Черт. XXXI.

• нг. 439.

Пусть  $AB$  горизонтальное сѣченіе на глубинѣ 9,35 метр.; представимъ себѣ ниже его четыре слоя  $AA_1$ ,  $A_1A_2$ ,  $A_2A_3$ ,  $A_3A_4$ , каждый въ 5 метровъ высоты, ограниченные съ верховой стороны вертикальной въ точкѣ  $A$ , а съ низовой стороны имѣющіе переменную толщину. Мы не имѣли надобности прибѣгать больше какъ къ двумъ величинамъ этой толщины, а именно 15 и 20 метровъ, т.-е. къ 10 и 15 метрамъ выше толщины основанія  $AB$ .

Мы имѣемъ слѣдовательно два ряда изъ четырехъ слоевъ:

1-й рядъ:  $ABA_1B_1$  —  $ABA_2B_2$  —  $ABA_3B_3$  и  $ABA_4B_4$ ;

2-й рядъ:  $ABA_1C_1$  —  $ABA_2C_2$  —  $ABA_3C_3$  и  $ABA_4C_4$ .

Мы допустимъ, что профиль плотины ниже  $AB$  составляется послѣдовательно изъ этихъ восьми слоевъ и опредѣлимъ въ каждомъ случаѣ давленіе на низовое ребро при бассейнѣ наполненномъ водою, и давленіе на верховое дно при бассейнѣ опорожненномъ.

Такъ какъ приемы вычисленій будутъ совершенно одинаковы для всѣхъ слоевъ, то мы въ подробности изложимъ эти приемы только для перваго слоя  $ABA_1B_1$ .

Вѣсъ кладки выше  $AB$  составляетъ 94.000 килограмм.; этотъ вѣсъ соединенный съ 100.000 килогр., т.-е. вѣсомъ слоя  $ABA_1B_1$  и которые приложены въ центрѣ тяжести  $G_1$  слоя, даютъ вертикальную силу  $P_1$ , равную 194.000 килогр.

Горизонтальное давленіе  $F_1$  воды выражается формулою  $\frac{\Delta \cdot H^2}{2}$ ; въ которой  $H$  принимаетъ величину 14,35 метровъ (9,35 + 5); эта сила имѣетъ точку приложенія на одной трети высоты считая отъ основанія  $A_1B_1$ . Эта сила  $F$  равна 103.000 килограмм. и приложена на 4,78 метровъ выше основанія  $A_1B_1$ .

Силы  $P_1$  и  $F_1$  встрѣчаются въ  $b_1$ ; составленныя по параллелограмму силы, онѣ дадутъ равнодѣйствующую  $R_1$ , которая пересѣчетъ основаніе  $A_1B_1$  въ точкѣ  $v_1$ . Разстояніе  $B_1v_1$  будетъ служить для вычисленія давленія  $B_1$ . Смотря по тому, будетъ ли это разстояніе больше или меньше  $\frac{1}{3}$  длины основанія  $A_1B_1$ , прибѣгнемъ для опредѣленія давленія  $p$  на ребро  $B_1$  къ формулѣ  $p = 2 \left( 2 - \frac{3u}{l} \right) \frac{P_1}{l}$  или къ формулѣ  $p = \frac{2}{3} \frac{P_1}{u}$ . Въ настоящемъ случаѣ  $u$ , т.-е.  $B_1v_1$  равно 8,40 метровъ;  $l = A_1B_1 = 15$  метровъ,  $P_1 = 194.000$  килогр., а потому нужно употребить первую формулу, которая даетъ давленіе на ребро  $B_1$   $p = 8320$  килогр. на кв. метръ, или 0,83 килогр. на кв. сантиметръ.

Чтобы опредѣлить наибольшее давленіе на ребро  $A_1$  нужно разсматривать только одну вертикальную силу  $P_1$ , такъ какъ давленіе на это ребро опредѣляемъ при опорожненномъ бассейнѣ; эта сила дѣйствуетъ отъ ребра  $A_1$  на разстояніи 4,10 метр., т.-е. на разстояніи меньше  $\frac{1}{3}$   $A_1B_1$ , а потому величина давленія на это ребро получится по формулѣ;  $p = \frac{2}{3} \frac{P_1}{u} = \frac{2}{3} \cdot \frac{194.000}{4,10} = 30800$  килограмм. на кв. метръ, или 3,08 килограмм. на кв. сантиметръ.

Все что мы сдѣлали для перваго слоя, мы повторимъ для слѣ-

дующихъ семи. Четыре слоя, ограничиваемые  $A_1B_1$ ,  $A_2B_2$ ,  $A_3B_3$ ,  $A_4B_4$ , имѣютъ ихъ центры тяжести на вертикальной въ точкахъ  $g_1, g_2, g_3, g_4$ ; ихъ грузы, соединенные съ грузомъ 94.000 килограм. верхней части, дадутъ давленія  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , которыя составленныя съ горизонтальными давленіями  $F_1, F_2, F_3, F_4$  воды по параллелограммамъ силъ, дадутъ равнодѣйствующія  $R_1, R_2, R_3, R_4$ ; направленія этихъ равнодѣйствующихъ пересѣкутъ основанія  $A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3, A_4B_4$  въ точкахъ  $v_1, v_2, v_3, v_4$ . Зная положеніе этихъ точекъ вычислимъ, какъ указано выше, давленія въ ребрахъ  $B_1, B_2, B_3, B_4$ , которыя будутъ равны 0,83; 2,59; 6,11; и 20,58 килогр. на квадрат. сантиметръ.

При вычисленіи давленій на ребра  $A_1, A_2, A_3, A_4$  верхового откоса, будемъ имѣть дѣло только съ вертикальными силами  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , предполагая бассейнъ опорожненнымъ и слѣдовательно давленія  $F_1, F_2, F_3, F_4$  не существующими. Вычисленныя при этомъ условіи давленія въ  $A_1, A_2, A_3, A_4$  оказываются соотвѣтственно равными: 3,08; 4,29; 5,59; 6,72 килогр. на кв. сантиметръ.

Четыре слоя ограниченные линіями  $A_1C_1, A_2C_2, A_3C_3$  и  $A_4C_4$  имѣютъ центры тяжести на вертикальной линіи въ точкахъ  $i_1, i_2, i_3, i_4$ ; ихъ грузы, соединенные съ грузомъ верхней части выше линіи  $AB$ , дадутъ вертикальныя давленія  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ , которыя, составленныя съ горизонтальными давленіями воды  $F_1, F_2, F_3, F_4$ , дадутъ равнодѣйствующія  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , направленія которыхъ пересѣкутъ основанія  $A_1C_1, A_2C_2, A_3C_3, A_4C_4$  въ точкахъ  $u_1, u_2, u_3, u_4$ .

Наибольшія давленія, вычисленныя по этимъ даннымъ на низовыя ребра  $C_1, C_2, C_3, C_4$ , будутъ соотвѣтственно равны: 0,27; 1,20; 3,47; 6,00 килограм. на кв. сантиметръ для наполненнаго бассейна; и на верховыя ребра  $A_1, A_2, A_3, A_4$  соотвѣтственно равны: 2,81; 3,90; 5,04 и 6,18 килограм. на кв. сантиметръ при бассейнѣ опорожненномъ.

Если теперь на горизонтальной линіи мы отложимъ глубины точекъ  $A_1, A_2, A_3, A_4$  и изъ этихъ точекъ возстановимъ перпендикуляры, на которыхъ по произвольному, опредѣленному масштабу отложимъ соотвѣтственныя имъ величины давленій и концы этихъ перпендикуляровъ соединимъ согласно кривою, то эта кривая будетъ выражать собою кривую давленій на верховой откосъ  $A_1, A_4$  въ зависимости отъ глубины. Дѣлая такія же построенія для всѣхъ выше полученныхъ давленій на откосы  $A_1, A_4, B_1, B_4, C_1, C_4$ , получимъ слѣдующія кривыя линіи: фиг. 440 № 1 и 2 представляютъ результаты относительно давленій на низовой фась или откосъ, а №№ 3 и 4 — на верховой фась. № 1-й изображаетъ кривую давленій на вертикальную  $B_1, B_4$ , выраженныхъ въ зависимости отъ глубины, а № 2-й изображаетъ кривую давленій на вертикальную  $C_1, C_4$  выраженныхъ также въ зависимости отъ глубины. Изъ построенія этихъ кривыхъ видно, что предѣльное давленіе въ 6 килогр. на квадрат. сантиметръ достигается на первой вертикальной  $B_1, B_4$  на глубинѣ 24,10 метр., а на второй вертикальной  $C_1, C_4$  на глубинѣ 29,35 метр. №№ 3 и 4 изображаютъ кривыя давленій на вертикальный верховой фась  $A_1, A_4$ , выраженныхъ въ за-

Черт. XXXI.

фиг. 440.

висимости отъ глубины, для ширины основанія въ первомъ случаѣ въ 15 метровъ, а во второмъ—въ 20 метровъ; т.-е. фиг. 3 соотвѣтствуетъ случаю когда низовое ребро находится на вертикальной  $B_1 B_4$ , а фиг. 4 — случаю, когда низовое ребро находится на вертикальной  $C_1 C_4$ . Изъ построенія этихъ кривыхъ видно, что предѣльное давленіе въ 6 килограммъ на кв. сантиметръ достигается въ первомъ случаѣ на ребро  $A_1 A_4$  на глубинѣ 26,35 метр., а во второмъ, на томъ же ребрѣ, на глубинѣ 28,85 метровъ.

Кривыя фигуры 440, отъ № 1 до № 4, позволяютъ построеніе двухъ кривыхъ изображенныхъ на фиг. 441, выражающихъ, въ зависимости отъ толщины основанія плотины, глубины, при которыхъ предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается на верховомъ и низовомъ фасахъ плотины. Эти двѣ кривыя встрѣчаются въ точкѣ  $M$ , въ которой предѣльное давленіе въ 6 килограммовъ будетъ достигнуто въ то же время на обоихъ фасахъ. Этой точкѣ  $M$ , какъ видимъ, соотвѣтствуетъ глубина въ 28,45 метровъ и толщина плотины въ основаніи 19,20 метровъ <sup>1)</sup>.

Задача такимъ способомъ разрѣшена точнымъ образомъ и мы можемъ построить профиль плотины до глубины 28,45 метровъ, отъ которой верховой фасъ перестаетъ быть вертикальнымъ. Эта часть профиля и представлена на фиг. 442.

Замѣтимъ, что кривыя № 3 и 4 на фиг. 440 суть прямыя линіи. Что же касается до линій на фиг. 441, то если желали бы имѣть ихъ форму точнѣе, то нужно было бы опредѣлить положеніе еще одной или двухъ точекъ въ каждой изъ этихъ кривыхъ; имѣя же только по двѣ ихъ точки, вынуждены замѣнить ихъ прямыми линіями, что, впрочемъ, не представляетъ неудобства на практикѣ.

Эта задача, которую мы разрѣшили простымъ графическимъ способомъ, хотя и точнымъ, можетъ быть разрѣшена вычисленіемъ. Это и сдѣлано, напр., инженеромъ *Делокромъ* (Delocre); онъ приходитъ къ полному уравненію шестой степени, которое всегда можно разрѣшить приближеніемъ; но эти вычисленія почти столь же длинны, какъ и графическій способъ и имѣютъ то неудобство, что совершенно маскируютъ ходъ дѣйствій. Почему въ практикѣ мы всегда советуемъ предпочесть графическіе, или смѣшанные способы, чисто алгебраическимъ.

Опредѣленіе какого бы то ни было слоя профиля, равнымъ образомъ производится точно и скоро графическимъ способомъ, который мы вслѣдъ за симъ изложимъ. Примѣнимъ это опредѣленіе къ слою въ 10 метровъ высоты, который начинается съ того мѣста, въ которомъ верховой фасъ перестаетъ быть вертикальнымъ. Слѣдующій чертежъ представляетъ производимыя при этомъ дѣйствія. Въ  $F$  масса верхней вкладки, въ 28,45 метровъ высотой и 19,20 метровъ толщиной въ основаніи, ограничена горизонтальной линіей  $AB$ ; слой, о построеніи котораго будетъ теперь идти рѣчь, представить форму трапеціи

<sup>1)</sup> Эта глубина въ 28,45 метровъ и указываетъ положеніе точки  $F$ , отъ которой верховой фасъ перестаетъ быть вертикальнымъ.

Черт. XXXII.

фиг. 441.

фиг. 440.

Черт. XXXII.

фиг. 443.

$ABC_1D_1$ . Построимъ сначала равнодѣйствующую грузовъ: верхняго надъ  $AB$  и прямоугольнаго массива  $ABCD$ ; эта равнодѣйствующая обозначена чрезъ  $S$  и равна 940.000 килограммовъ.

1) Предположимъ сначала, что увеличеніе  $DD_1$  толщины основанія съ низовой стороны будетъ въ 5 метровъ и будемъ его послѣдовательно разсматривать съ увеличеніемъ толщины основанія  $CC_1$  въ 3 метра и съ увеличеніемъ  $CC_2$  въ 5 метровъ съ верховой стороны. Поэтому, разсмотримъ сначала сѣченіе  $ABC_1D_1$ ; чтобы имѣть сумму вертикальныхъ давленій, когда бассейнъ наполненъ водою, нужно сложить съ грузомъ  $S$  грузъ  $T_1$  треугольника  $BDD_1$ , грузъ  $M_1$  треугольника  $ACC_1$  и грузъ  $N_1$  воды, который давитъ на откосъ  $AC_1$  и который препятствуетъ вращенію плотины около низоваго ребра  $D_1$ . Равнодѣйствующая всѣхъ этихъ вертикальныхъ силъ есть  $P_1$  равная 1.120.000 килограмм.; она слагается параллелограммомъ силъ съ горизонтальнымъ давленіемъ воды  $F$ , равнымъ 739.200 килограмм. и приложеннымъ на  $\frac{1}{3}$  высоты отъ основанія  $CD$ , т.е. на 12,816 метрахъ отъ линіи  $CD$ . Равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ есть  $m_1$ , направленіе которой пересѣкаетъ основаніе въ точкѣ  $u_1$ . Разстояніе  $D_1u_1$  равно 6,20 метр., а вся ширина основанія  $C_1D_1$  разсматриваемаго сѣченія составляетъ 27,20 метровъ. Такъ какъ для этого случая  $u < \frac{1}{3}l$ , то слѣдовательно будемъ вычислять давленіе въ  $D_1$  по формулѣ  $p = \frac{2}{3} \frac{P_1}{u}$ , которая даетъ для этого давленія 9,10 килограмм. Что же касается до давленія въ  $C_1$ , то нужно предположить резервуаръ опорожненнымъ и слѣдовательно разсматривать одни только вертикальные грузы  $S$ ,  $T_1$  и  $M_1$ , которыхъ равнодѣйствующая  $P'_1$  равна 1.020.000 килограмм. и даетъ на ребро  $C_1$  давленіе въ 5,61 килограмм. на кв. сантиметръ.

Если теперь разсмотримъ сѣченіе  $ABCD_1$ , то получимъ полное вертикальное давленіе, составляя грузы  $S$  и  $T$  съ грузомъ  $M_2$  треугольника  $ACC_2$  и давленіемъ  $N_2$  воды на откосъ этого треугольника  $AC_2$ . Получимъ равнодѣйствующую  $P_2$ , которая будучи составлена помощію параллелограмма съ давленіемъ воды  $F$ , даетъ равнодѣйствующую  $m_2$ , которая пересѣчетъ основаніе въ точкѣ  $u_2$ . При пустомъ резервуарѣ, равнодѣйствующая будетъ только вертикальная  $P'_2$ ; съ этими данными вычислимъ наибольшія давленія, которыя будутъ: 8,36 килограмм. на ребро  $D_1$ , и 4,63 килограмм. на ребро  $C_2$ .

2) Предположимъ теперь, что увеличеніе толщины  $DD_2$  основанія съ низовой стороны будетъ 10 метровъ и сопоставимъ его послѣдовательно съ увеличеніями толщины основанія  $CC_1$  и  $CC_2$  со стороны верховой. Тогда получимъ, какъ и выше, равнодѣйствующія  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q'_1$ ,  $Q'_2$ , а равно и точки пересѣченія ихъ направленій съ основаніемъ  $u'_1$  и  $u'_2$ . Съ этими данными вычислимъ наибольшія давленія, которыя будутъ: въ 4,99 и 4,56 килограмм. на низовое ребро  $D_2$  и въ 5,81 килограмм. на верховое ребро  $C_1$  и 5 килограмм. на верховое ребро  $C_2$ .

3) Увеличеніе толщины основанія съ низовой стороны, будучи постоянно и равно 5 метрамъ, № 1 дастъ кривую, которая выражаетъ

Черт. XXXII.

сиг. 444

• фиг. 444.

давления на верховое ребро въ зависимости разстоянія этого ребра отъ точки *C*; въ частности мы видимъ изъ этой фигуры № 1-й, что предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается, когда разстояніе этого ребра отъ точки *C* будетъ въ 2,25 метра, что соотвѣтствуетъ всей толщинѣ основанія въ 26,45 метровъ. Когда увеличеніе толщины съ низовой стороны будетъ также постоянно, но равно 10 метрамъ, то № 2-й даетъ кривую давленій на верховое ребро, выраженныхъ также въ зависимости разстоянія этого ребра отъ точки *C*; изъ нея видимъ, что предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается въ этомъ ребрѣ тогда, когда оно отстоитъ отъ точки *C* на 2,60 метра, что соотвѣтствуетъ всей толщинѣ основанія въ 31,80 метровъ.

• фиг. 441.

Далѣе, когда увеличеніе толщины основанія съ верховой стороны будетъ постоянно и равно 3 метрамъ, то № 3 даетъ кривую давленій на низовое ребро, выраженныхъ въ зависимости отъ разстоянія этого ребра до точки *D*; изъ нея видимъ, что предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается когда это разстояніе равно 8,75 метрамъ, что соотвѣтствуетъ всей толщинѣ основанія въ 30,95 метровъ. Увеличеніе толщины основанія съ верховой стороны, оставаясь опять постояннымъ, но равнымъ 5 метрамъ, № 4 даетъ кривую давленій на низовое ребро, выраженныхъ также въ зависимости разстоянія этого ребра до точки *D*; изъ нея видимъ, что предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается, когда это разстояніе будетъ равно 8,05 метровъ, что соотвѣтствуетъ полной толщинѣ основанія въ 32,25 метровъ.

• фиг. 444.

• фиг. 445

По этимъ даннымъ мы можемъ теперь построить двѣ кривыя *ab* и *cd*, фиг. 445; кривая *ab* даетъ, въ зависимости отъ увеличенія толщины съ верховой стороны, полной толщины основанія, при которыхъ предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается на верховомъ фасѣ, или откосѣ; а кривая *cd* даетъ, равнымъ образомъ въ зависимости отъ увеличенія толщины основанія съ верховой стороны, полной толщины основанія, при которыхъ предѣльное давленіе въ 6 килограм. достигается на низовомъ фасѣ, или откосѣ.

Эти двѣ кривыя встрѣчаются, или пересѣкаются въ точкѣ *A*, въ которой предѣльное давленіе достигается одновременно, какъ на верховомъ, такъ и на низовомъ фасахъ. Эта точка *A* соотвѣтствуетъ увеличенію толщины основанія съ верховой стороны въ 2,50 метр. и полной толщинѣ основанія въ 30,60 метровъ, откуда вытекаетъ увеличеніе толщины основанія съ низовой стороны въ 8,90 метровъ.

Эти цифры даютъ намъ возможность для построенія профиля разсматриваемаго слоя, лежащаго непосредственно ниже точки, отъ которой верховой откосъ перестаетъ быть вертикальнымъ и толщиной въ 10 метровъ. Этотъ профиль до глубины 38,45 метровъ и представленъ нами на фиг. 442.

Чтобы получить профили слѣдующихъ слоевъ, поступимъ точно такимъ же образомъ какъ и при построеніи профиля только что начертаннаго.

Замѣтимъ только, что кривыя, изображенныя на фиг. отъ 1 до 5,



построены каждая съ помощію только двухъ точекъ, что обращаетъ ихъ въ прямыя линіи; хотя это и не представляетъ особыхъ неудобствъ въ практикѣ, но лучше ихъ строить по тремъ точкамъ, чтобы получить болѣе точный выводъ.

Предъидущій графическій способъ, равно какъ и алгебраическій г. Делюкра, приводятъ къ профилямъ съ многогранными фасадами, исполненіе которыхъ въ кладкѣ неудобно и форма ихъ непріятна для глаза въ низовомъ открытомъ фасѣ. — Если замѣтимъ, что основанія теоріи суть предположенія болѣе или менѣе вѣроятныя, хотя и оправдываемыя хорошими практическими результатами, къ которымъ онѣ приводятъ; что опредѣленіе предѣльнаго давленія представляетъ нѣкоторую растяжимость, въ зависимости отъ свойства матеріаловъ и качества кладки и что мы приняли для этого предѣла 6 килограм. на квадратный сантиметръ въ виду ббльшей осторожности, то очевидно, что многогранные фасады плотины, безъ всякаго неудобства, могутъ быть замѣнены криволинейными фасадами, приближающимися по возможности къ первымъ. Поэтому всегда можно на практикѣ замѣнить многогранные фасады, фасадами составленными изъ нѣсколькихъ дугъ круга касающихся въ точкахъ соединенія.

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXXVII.

### Сопровивленіе каменной плотины скользянію.

Во всѣхъ предъидущихъ вычисленіяхъ мы рассматривали сопротивленія препятствующія опрокидыванію, или вращенію плотины около низоваго ребра, и дѣйствующія нормально на горизонтальные слои плотины своимъ давленіемъ. Но какъ уже мы видѣли выше, необходимо еще повѣрять устойчивость плотины относительно возможности ея скользянія по основанію. Если высота напора воды за плотиню равна  $H$ , то на массу плотины, стоящую на горизонтальномъ основаніи на глубинѣ  $H$ , дѣйствуетъ горизонтальное давленіе воды  $F = \frac{\Delta \cdot H^2}{2}$ . Это давленіе стремится сдвинуть или заставить скользить всю массу плотины на своемъ основаніи. Нужно не допустить возможности этого скользянія и слѣдовательно удостовѣриться, достаточно-ли представляется сопротивленіе этому скользянію.

Такъ какъ мы всегда рассматриваемъ плотину на длинѣ  $l$  погонной единицы, и если означимъ толщину плотины въ основаніи чрезъ  $t$ , то площадь основанія, по которой можетъ скользить плотина, будетъ  $t \cdot l = l$ . Если означимъ чрезъ  $\gamma$  величину сцепленія кладки на единицѣ квадратной площади, то на всемъ основаніи величина силы сцепленія будетъ

$\gamma \cdot l$ . Но кромѣ сдѣвленія, будетъ еще сила препятствующая скользенію, а именно треніе камень о камень, вслѣдствіе давленія равнодѣйствующей  $P$  груза всей кладки надъ основаніемъ. Означая чрезъ  $f$  коэффициентъ тренія камня о камень, сила тренія препятствующая скользенію будетъ  $f \cdot P$ . А потому чтобы существовала устойчивость плотины относительно скользенія, необходимо чтобы было по крайней мѣрѣ  $F = \frac{\Delta \cdot \Pi^2}{2}$  меньше  $\gamma \cdot l + f \cdot P$ .

Обыкновенно, для большей увѣренности въ устойчивости противъ скользенія, не принимаютъ въ расчетъ силу сдѣвленія раствора съ кладкой, но рассчитываютъ чтобы одно треніе плотины объ основаніе могло сопротивляться давленію воды и не допускать скользенія. А для этого нужно чтобы было  $F < f \cdot P$ . Въ данномъ случаѣ обыкновенно принимаютъ, на основаніи опытовъ, величину коэффициента тренія  $f = 0,76$  и уже не вводятъ коэффициента устойчивости. А потому стоитъ только повѣрить вычисленіемъ, для каждаго слоя профиля, чтобы горизонтальное давленіе  $F$ , соотвѣтствующее глубинѣ этого слоя, было меньше  $\frac{3}{4}P$ , т.-е. меньше трехъ четвертей равнодѣйствующей вертикальныхъ давленій, происходящихъ отъ груза кладки надъ даннымъ швомъ.

Другими словами, нужно чтобы кривая сопротивленій, или кривая давленій, соединяющая точки  $u_1, u_2, u_3$  и тѣ въ которыхъ равнодѣйствующія встрѣчаютъ соотвѣтствующія основанія, никогда не пересѣкала бы горизонтальнаго основанія подъ угломъ меньшимъ чѣмъ уголъ тренія, котораго тригонометрической тангенсъ равенъ  $0,76$  <sup>1)</sup>.

## ПРИЛОЖЕНІЕ XXXVIII.

### Преобразование профилей подпорныхъ стѣнъ и плотинъ.

Преобразование профилей подпорныхъ стѣнъ и плотинъ, подверженныхъ дѣйствию боковыхъ давленій, производится такъ, чтобы стѣна или плотина новаго профиля, имѣла одинаковую устойчивость съ первоначальною; а слѣдовательно должны быть равны, для случая скользенія площади (а слѣдовательно и вѣсы) профилей первоначальнаго и новаго, а для случая вращенія—моменты ихъ относительно наружныхъ реберъ основаній.

<sup>1)</sup> Графическій способъ опредѣленія профилей каменныхъ плотинъ заимствованъ нами изъ сочиненія „Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées“ par A. Debaube. 19 fascicule. Paris. 1878.—p. 343—362.

1) При стѣнахъ, или плотинахъ, съ вертикальнымъ внутреннимъ, или верховымъ откосомъ, для перехода отъ стѣны высотой  $h$ , верхнею толщиной  $e$  и съ наружнымъ откосомъ  $n$ , къ стѣнѣ той же высоты, но съ наружнымъ откосомъ  $n'$ , будетъ: для случая скользения:  $e' = e + \frac{1}{2}h(n - n')$  и для случая вращения:

$$e' = -n \cdot h + \sqrt{e^2 + 2e \cdot n \cdot h + \frac{1}{3}(2n^2 + n'^2)h}$$

2) Для перехода отъ стѣны, или плотины, съ вертикальными откосами, для которыхъ  $n = 0$ , къ стѣнѣ, или плотинѣ съ наружнымъ откосомъ  $n'$  и той же высоты  $h$ , будетъ: для случая скользения:

$$e' = e - \frac{1}{2}n'h \text{ и для случая вращения: } e' = -n'h + \sqrt{e^2 + \frac{1}{3}n'^2 \cdot h^2}.$$

Или, по *Понселе*, при  $n$  меньше  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{7}$ , съ погрѣшностью менѣе  $\frac{1}{110}$ ,  $e'' = e + \frac{1}{9}n'h$  и  $e' = e - \frac{1}{9}n'h$ .

Если  $n$  не больше  $\frac{1}{5}$ , то съ погрѣшностью менѣе  $\frac{1}{65}$ , дробь  $\frac{1}{9}$  мѣняется на  $\frac{1}{10}$ .

3) Для перехода отъ прямоугольной стѣны высотой  $h$  къ прямоугольной же стѣнѣ высотой  $h'$ , будетъ  $e' = e\sqrt{\frac{h}{h'}}$ .

Графически, преобразование профилей изъ однихъ въ другіе дѣлается слѣдующимъ образомъ:

1) Для перехода отъ стѣны, или плотины, съ прямоугольнымъ профилемъ  $ABCD$ , въ которомъ  $AB = h$ , къ трапеціодальному профилю такой же высоты, но съ наружнымъ откосомъ  $n$ , слѣдуетъ отложить заложение  $n \cdot h$  отвеса стѣны отъ  $A$  до  $E$  и  $\frac{1}{3}$  его отъ  $A$  до  $F$ ; на суммѣ  $EF$  этихъ двухъ линий описать полуокругъ и соединить точку  $K$  съ точкою  $D$ ;  $DK$  будетъ искомое основание трапеціодальнаго профиля. Отложивъ отъ  $D$  до  $G$  длину  $DK$ , проведя  $GH$  параллельно  $AB$  и отложивъ отъ  $H$  до  $I$  величину  $DG - nh$ , получимъ искомый профиль  $GHID$ , одинаковой устойчивости съ  $ABCD$ .

2) На основаніи правила *Понселе*, всякая стѣна, или плотина, съ внутреннимъ вертикальнымъ откосомъ и съ наружнымъ откосомъ отъ  $n = 0$  до  $n = \frac{1}{6}$ , съ точностью до  $\frac{1}{110}$ , имѣетъ одинаковую толщину на  $\frac{1}{9}$  своей высоты считая отъ основанія; если уклонъ отвеса  $n = \frac{1}{5}$ , то условіе это справедливо на  $\frac{1}{10}$  высоты съ точностью до  $\frac{1}{65}$ . Поэтому если отложить на  $\frac{1}{9}$  (или на  $\frac{1}{10}$ ) высоты стѣны, толщину ея  $OM$  опредѣленную для случая вертикальныхъ откосовъ (т.-е. когда  $n = 0$ ) и провести чрезъ конецъ этой линіи  $O$  другую  $ON$  наклоненную сообразно съ даннымъ откосомъ  $n$ , то получится требуемая трапеціодальная профиль одинаковой устойчивости съ прямоугольной.

3) Для перехода отъ прямоугольнаго профиля  $AD$  къ другому прямоугольному же профилю  $AC$ , но меньшей высоты  $AG$  и съ равнымъ моментомъ сопротивленія вращенію около ребра  $A$ , какъ того, такъ и другаго, — слѣдуетъ провести верхнюю плоскость  $CG$  низшей стѣны  $AC$ , раздѣлить высоту ея  $IF$  въ  $H$  по-поламъ, провести  $GH$  и чрезъ точку  $D$  первой стѣны —  $DE$  параллельно  $GH$  до пересѣченія ея въ  $E$  съ верхней плоскостью  $CG$  низшей стѣны; далѣе построить на  $EF + \frac{1}{2}FG$  полуокругъ и точку  $K$  пересѣченія его съ  $DF$  соединить съ точкою  $G$ .

Черт. XXIX.  
фиг. 433.

фиг. 434.

фиг. 435.

Черт. XXIX.  
фиг. 436.

фиг. 437.

Линія  $KG$  дастъ искомую толщину  $CG$  нижней стѣны, отложивъ которую отъ  $G$  до  $C$  и проведя вертикальную  $BC$ , получимъ искомый профиль  $AGCB$ .

Для стѣнъ подверженныхъ одновременно давленію воды и земли, какъ напр. въ набережныхъ, облицовкахъ плотинъ, и т. п. можно принимать толщину на срединѣ высоты стѣны въ  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{5}$  высоты, съ уклономъ наружнаго откоса въ  $\frac{1}{10}$  до  $\frac{1}{8}$  противъ высоты. Для стѣнъ прямоугольныхъ, въ набережныхъ и шлюзахъ, *Минаръ* принимаетъ толщину въ 0,40 высоты и какъ крайніе предѣлы—въ 0,27 до 0,50 противъ высоты.

## ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ ВО 2-й ЧАСТИ.

<i>напечатано:</i>	<i>должно читать:</i>	<i>страни.</i>	<i>строка сверху — снизу:</i>		
обѣихъ	обоихъ	5	—	—	16
псточниковъ	пстоковъ	6	—	—	10
зеэеноватая	зеленоватая	27	—	24	—
давленія камни,	давленія, камни	29	—	21	—
гидравлическая	гидравлическая;	38	—	5	—
гидравлическими:	гидравлическими;	53*	—	—	13
раздробленія	и раздробленія	90	—	24	—
конца:	конца	93	—	8	—
захвостованный	захвостоватый	98	—	—	25
осадка	осадки	102	—	—	10
велась,	велась	104	—	—	5
проводникомъ	проводнику	120	—	15	—
порожномъ	порожномъ	145	—	5	—
Черт. VХII	Черт. XVII	161	—	—	11
1/4 дюймъ	1/4 дюйма	167	—	14	—
<i>g, g', g'....</i>	<i>G, G', G'....</i>	221	—	—	18
вѣсь <i>g</i>	вѣсь <i>G</i>	221	—	—	18
$tg^2 \cdot 30^\circ$	$tg^2 30^\circ$	227	—	—	3
$\sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$	$\sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$	228	—	—	9 8 4
1880 г.	1808 г.	229	—	—	1
Гачена	Гагена	232	—	—	13
обывателями	обитателями	239	—	—	23
изъ тѣхъ	изъ тѣхъ же	242	—	—	12
$h \cdot b + \frac{h^2}{2} (n+n') = \frac{3}{2} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot h^2$	$h \cdot b + \frac{h^2}{2} (n+n') = \frac{3}{2} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1} \cdot \frac{h^2}{2}$	248	—	19	—
$b = h \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$	$b = h \sqrt{\frac{\delta}{3} \cdot \frac{\Delta}{\Delta_1}}$	249	—	16	—
сама	самъ	254	—	—	7
неустойчива	неустойчивъ	254	—	—	6
давленій	давленій	269	—	—	3
$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^{1/2} \alpha$	$\frac{\Delta \cdot h^2}{2} \cdot tg^{1/2} \alpha$	270	—	—	3



1  
0  
6  
1





Цѣна за три части, съ атласомъ чертежей, 10 рублей.

Складъ изданія у автора, Мойка и уголь Демидова переулка, д. № 62/2, кв. 3.