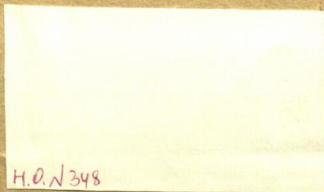


624.15
K 93

40093.. Курданов
33693.



H.O.N/348

В. И. Курдюмовъ.

І. Симоновський
БІБЛІОТЕКА ВІРОЮ
ДІДАЧОВО-ПЕДАГОГІЧНОГО ІНСТИТУTU
624,15
К-93

КРАТКІЙ КУРСЪ

ОСНОВАНІЙ И ФУНДАМЕНТОВЪ.

ИЗДАНІЕ ТРЕТЬЕ 1900 р.

40023

ФОРМАТ. МАТ. № 23693

ДІДАЧОВО-ПЕДАГОГІЧНОГО ІНСТИТУTU

К-93

Стоимость Руб. и.
Получ. 193 г.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрліхъ, Садовая, № 9.
1902.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Печатано по распоряжению Института Инженеровъ Путей Сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

	Стр.
Введение	1
ГЛАВА I	45
Виды фундаментовъ (45). — Профиль фундаментовъ (50). — Фундаменты гражданскихъ сооружений (54). — Предохранение фундаментныхъ стѣнь отъ сырости (57). — Фундаменты подъ машины (59). — Фундаменты подъ заводскія печи (63).	
ГЛАВА II	64
Изстильование грунтовъ (64). — Развѣски грунтовъ шурфованіемъ (68). — Буровые инструменты (74). — Производство буренія (81). — Журналы, образцы грунтовъ, разрѣзы и модели скважинъ (86).	
ГЛАВА III	90
Виды грунтовъ и ихъ свойства (90). — Материкъ (92). — Испытание сопротивляемости грунта (101). — Обезначеніе прочности оснований (108).	
ГЛАВА IV	111
Дѣлъ системы основаній (111). — Способы производства работъ на мѣстности, погрѣянѣй водой (112). — Общий обзоръ способъ устройства основаній и фундаментовъ (114).	
ГЛАВА V	121
Разбивка работъ при устройствѣ основаній и фундаментовъ (121). — Котлованы (129).	
ГЛАВА VI	133
Иеремычки (133). — Водоотливъ (142).	
ГЛАВА VII	150
Устройство фундаментовъ при помощи съемныхъ ящиковъ (150). — Устройство фундаментовъ при помощи понтональныхъ ящиковъ (153).	

II

Стр.

ГЛАВА VIII	158
Плавноровка грунта постъ водой (158).—Фундаменты из наклонной кладки (162).—Устройство бетонных фундаментов без водогодища (167).—Ражевые фундаменты (171).—Водозащитные работы (174).	
ГЛАВА IX	179
Ростверкъ на сваяхъ.	
ГЛАВА X	189
Опускаемые колодцы и цилиндры (189).—Конструкція каменныхъ опускаемыхъ колодезей (197).—Конструкція металлическихъ опускаемыхъ цилиндровъ (206).—Конструкція деревянныхъ опускаемыхъ колодезей (208).—Производство работъ по опусканию колодезей и цилиндровъ (209).	
ГЛАВА XI	225
Исторический очеркъ развитія подводныхъ работъ (225).—Работами камера (237).—Шахты и шлюзы (246).—Приспособленія для подъема земли изъ кессоновъ и спуска въ нихъ строительныхъ материаловъ для заполненія камеръ (251).—Портцы, или верхний перемычка (254).—Съемные кессоны (255).—Производство кессонныхъ работъ (257).—Снабженіе кессона скатымъ воздухомъ (272).—Освѣщение кессоновъ (275).—Условия безопасности кессонныхъ работъ (276).	
ГЛАВА XII	282
Возведеніе сооружений на слабыхъ грунтахъ (282).—Фундаменты для слабыхъ грунтовъ (287).—Увеличеніе сопротивляемости слабаго грунта (291).	

ОСНОВАНІЯ

и

ФУНДАМЕНТЫ.

Ї сийде дождь, ї пріндіша річки, ї
кошкімша ектри, ї нападіша на
хлімни тѣ, ї не падею: юсеканія ко
єк на камени.

Ліата. Га. З, ст. 76.

62.
K9

Введение.

Основанием сооружения называется тот слой грунта, на который непосредственно передается давление, производимое сооружением. Если подготовка грунта к восприятию им давления не идет далее удаления верхнего высыпывавшегося его слоя или выравнивания его поверхности под плоскость, то основание называется *естественным*, если же эта подготовка заключается в более сложных работах и притомъ клонящихъ къ изменению некоторыхъ свойствъ грунта, то основание принимаетъ название *искусственным*.

Въ силу некоторыхъ изображений, рѣчь о которыхъ впереди, оснований сооружений обыкновенно располагаются на пѣхотной глубинѣ отъ поверхности земли. Ввиду этого, въ составъ всякаго сооружения всегда вводится особая подземная часть, имеющая специальными своимъ назначениемъ — передавать основанию давление, производимое надземными частями сооружения. Такая часть сооружения называется *фундаментомъ*. Нижняя поверхность фундамента, непосредственно соприкасающаяся съ основаниемъ, называется *подошвой фундамента*, или подошвой всего сооружения.

Если сооружение располагается на мѣстности покрытой водою, то фундаментомъ называется та его часть, которая располагается ниже самаго низкаго горизонта воды и служитъ исключительно для передачи основанию давлений, производимаго надводными частями сооружений.

Среди различныхъ требований, которыя предъявляются къ сооружениямъ, одно изъ первыхъ мѣстъ занимаетъ требование *устойчивости*, т. е. *неизменности положенія*, данного сооруженію при его возведеніи.

дится имѣть дѣло съ землею, съ матеріаломъ крайне неопределѣннымъ, весьма разнообразнымъ по своимъ качествамъ, недостаточно изученнымъ. Земля, или землистое тѣло, какъ особый типъ тѣла, по совокупности своихъ свойствъ, занимаетъ среднее мѣсто между тѣлами твердыми, сыпучими и жидкими.

Всѣ вопросы, касающіеся внутренняго равновѣсія частицъ жидкаго тѣла, рѣшаются на основаніи законовъ гидростатики. Условія внутренняго равновѣсія частицъ тѣла твердыхъ подчинены дѣйствию гораздо болѣе сложныхъ законовъ теоріи упругости, которая при современномъ ея состояніи можетъ рѣшать только некоторые вопросы частичнаго равновѣсія въ тѣлахъ простейшей формы и при величинѣ напряженій, не превышающей такъ называемаго предѣла упругости. Изученію условій внутренняго равновѣсія тѣла сыпучихъ положено начало лишь въ послѣдніе времена. Что же касается тѣль землистыхъ, то къ изученію законовъ внутренняго ихъ равновѣсія еще и не приступали; изученіе это можетъ быть начато не ранѣе此刻, какъ теорія упругости и теорія тѣла сыпучихъ будуть разработаны настолько же полно, насколько разработаны въ настоящее время сравнительно простые законы гидростатики.

Вопросъ о временномъ сопротивленіи основаній, очевидно, можетъ быть изучаемъ постолку, поскольку изучены законы внутренняго равновѣсія частицъ матеріала основаній и условій, при которыхъ матеріалъ этотъ работаетъ въ основаніи.

Въ наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ, въ смыслѣ знакомства съ законами внутренняго равновѣсія матеріала основаній, мы находимся въ томъ случаѣ, когда матеріалъ основанія можетъ быть рассматриваемъ какъ жидкое тѣло. Равновѣсіе сооружений на такихъ основаніяхъ обусловливается наиболѣе простыми законами, а именно законами равновѣсія тѣла плавающихъ, т. е. требование для каждой точки основаній равенства давлений: производимо сооруженіемъ и давлѣніемъ гидростатическаго. Въѣдѣтіе легко-сolvizes собою строго определенное положеніе тѣла, въ напиеніе въ величинѣ давлѣнія должно вызывать измѣненіе этого положенія, другими словами, сооруженій на основаніяхъ изъ грунтовъ жидкихъ не могутъ обладать запасомъ устойчивости. При такихъ

условіяхъ, казалось бы, принципъ плавающаго тѣла не можетъ имѣть мѣста въ строительной практикѣ; однако, Наген указываетъ на одну постройку въ Лондонѣ, где этотъ принципъ былъ примѣненъ къ разслѣту сопротивленія основанія.

Во всѣмъ случаѣ приравниваніе свойствъ грунта къ свойствамъ жидкаго тѣла можетъ служить средствомъ для опредѣленія наименѣшой величины сопротивленія основаній, а следовательно и наибольшей глубины, на которую долженъ быть погружены фундаментъ въ слабый грунтъ для достижения устойчивости.

Что касается вопроса о временномъ сопротивленіи основаній, матеріалъ которыхъ можетъ рассматриваться какъ твердое тѣло, то до сихъ поръ удалось только выяснить разность условій работы матеріала въ основаніи и въ частяхъ сооруженія и замѣтить, что разность эта должна имѣть болѣе вліяніе на сопротивляемость основанія въ смыслѣ ее увеличенія.

Разность условій работы матеріала въ основаніи и въ частяхъ сооруженія заключается въ томъ, что въ частяхъ сооруженія мы имѣемъ дѣло съ кусками матеріала ограниченныхъ размѣровъ, въ основаніяхъ же мы встрѣчаемъ толькъ же матеріалъ въ большинѣ массахъ и, по сравненію съ размѣрами сооруженія, можно сказать, въ размѣрахъ неограниченныхъ. Эта разность размѣровъ обуславливаетъ собою различные виды разрушенія матеріала, а выѣтъ съ тѣмъ и различия величины временнаго сопротивленія. Дѣйствительно, обыкновенное разрушеніе матеріала отъ скатія есть не что иное, какъ разрушеніе его отъ скалыванія по плоскостямъ, наклоненнымъ къ направлению скатывающаго усилия и представляющимъ такому скалыванію наименѣшее сопротивленіе, причемъ скалывающіеся части стремятся перемѣститься въ стороны. Такой способъ разрушенія особенно ясно выражается при раздавливаніи кубиковъ, въ которыхъ угол наклоненія плоскости скалыванія къ направлению скатія колеблется около 45° , что и соотвѣтствуетъ теоретическому положенію плоскости наименѣшаго сопротивленія скалыванію. Въ идеальномъ случаѣ при разрушеніи кубика происходитъ раскалываніе его по четыремъ диагональнымъ плоскостямъ, раздѣляющимъ его на шесть пирамидокъ, основаніями которыхъ служатъ грани кубика. Дѣвъ пирамидки съ горизонтальными основаніями и общую вершину, подъ вліяніемъ давящей силы,

тождественным выводам, выражющим отношение между h , глубиной заложения основания, и величиной предельной нагрузки основания, выраженной в высоте столба того же грунта, — H .

Действительно, Паукеръ необходимую глубину заложения основания опредѣлилъ формулой:

$$h = H \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$$

а Ренкинъ:

$$h = H \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2$$

но

$$\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{\operatorname{tg} \frac{90 - \varphi}{2}}{\operatorname{tg} \frac{90 + \varphi}{2}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{90 - \varphi}{2}}{\operatorname{ctg} \frac{90 - \varphi}{2}} = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$$

а потому

$$h = H \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2 = H \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right).$$

Въ обоихъ случаяхъ φ выражаетъ собою величину угла естественного откоса рассматриваемаго смычаго грунта.

Чтобы можно было критически отнести къ этимъ формуламъ и хоть нѣсколько выяснить себѣ вопросъ о времениемъ сопротивления оснований на смычныхъ грунтахъ, познакомимся въ самыхъ общихъ чертахъ съ существующими теоріями равногрѣей смычныхъ тѣлъ и построениями на нихъ теоріи подпорныхъ стѣнокъ.

Оставляя въ сторонѣ такія теоріи, какъ Нагена, Сиріе и нѣкоторыя другія, всѣ остальные современные теоріи подпорныхъ стѣнокъ можно подраздѣлить на дѣй категоріи.

Къ первой категоріи относятся теоріи, основанные на принципѣ ломб'омъ, и разработанія въ трудахъ Ргону, Франсай, Понселе, и др. Согласно этимъ теоріямъ, дѣйствіе слоя смычаго тѣла на подпорную стѣнку выражается въ сползании нѣкоторой треугольной величины сползающей призмы, называемой *призмой обрушения*,

определенная изъ условія, что она производить на стѣнку наибольшее давленіе, по сравненію съ другими возможными призмами. Во всѣхъ этихъ теоріяхъ поверхности разрывы смычаго тѣла принимаются за плоскость. Въ отношеніи вопроса о направлении давленія сползающей призмы на стѣнку, взгляды разныхъ учёныхъ различаются: одни, какъ Coulomb (1773), Ргону (1802), Франсай (1820), Навье (1826), а въ послѣднее время и Гобінъ (1883), принимаютъ это давленіе нормальнымъ къ стѣнкѣ, другие, къ числу которыхъ относятся: Муселей (1833), Понселе (1840) и болѣшинство современныхъ исследователей этого вопроса, какъ Scheffler (1857), Кульманнъ (1866), Оти (1868), Ребханнъ (1871), Винклеръ (1872) и др., давленіе это принимаютъ направленнымъ подъ угломъ тренія φ къ нормали, проведенной къ задней поверхности подпорной стѣнки.

Одновременное и, такъ сказать, равноправное существование этихъ различныхъ взглядовъ объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что они, какъ это ни странно, подтверждаются соотѣшственными и, повидимому, весьма убѣдительными опытами, обобщить и объяснить которые не оказывается возможнымъ ни одному изъ этихъ теорій. Поразительнымъ примеромъ противорѣчивости экспериментальныхъ данныхъ могутъ служить, съ одной стороны, весьма научно поставленные, произведенные въ 1871 г. опыты Винклера, подтверждавшіе мнѣніе большинства современныхъ исследователей этого вопроса о томъ, что давленіе смычаго тѣла составляетъ съ нормалью къ задней поверхности подпорной стѣнки уголъ тренія испытываемаго грунта о поверхность стѣнки, а съ другой стороны—не менѣе точные опыты Гобіна, произведенные въ 1883 г. и доказывающіе спрашиваемую возврѣй, раздѣлявшихся прежними учеными, на нормальность направлений давленій земли на подпорную стѣнку.

Ко второй категоріи относятся теоріи, въ основу которыхъ положено изученіе условій равновѣсія безконечно малыхъ элементовъ смычаго тѣла.

Первая попытка установления на этихъ началахъ теоріи равновѣсія смычныхъ тѣлъ была сделана въ 1847 г. архитекторомъ Ортманномъ, но неудачно, и только въ 1851 г. Schefflerу, а особенно въ 1856 г. Rankine'у удалось основать и частично разработать вполнѣ рациональную общую теорію давленія въ смычныхъ тѣлъ, которая въ настоящее время, благодаря трудамъ Levy, Saint-

Venant'a, Considère'a, Winkler'a, Mohr'a, Weihrauch'a и др., значительно разработана и ими же прилагается к расчету подпорных стеньков, хотя и не всеми одинаково.

В общих чертах выводы новой теории смычущих тел заключаются в следующем: каждый элемент находящегося в покое смычущего тела, подобно элементам тела жидкости, испытывает давление, в противоположность давлению в жидкостях, не одинаковы по различным направлениям и при том составляют разные углы с нормалью к поверхности элемента. Закон изменинй величин давлений, в зависимости от рассматриваемых направлений их, может быть выражен так: если из центра данного элемента привести все возможные направления давлений и на них отложить величины этих давлений, то геометрическим местом с тремя, вообще, неравными осями. Если ограничиться разсмотрением давлений, действующих в какой-либо плоскости, то закон изменения давлений выражается эллипсом.

Если рассматривать давление в вертикальной плоскости, то между малой и большой полуосами эллипса b и a , или наименьшими и наибольшими давлениями существует *постоянное отношение*, равное

$$\frac{b}{a} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \frac{90 - \varphi}{2},$$

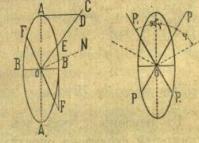
где φ угол тренажа, или угол естественного откоса смычущего тела. Так, например, для медного песка $\varphi = 33^{\circ}22'$, $\frac{b}{a} = 0,288$. Что касается направлений осей эллипса *напряжений* (или давлений) относительно вертикали, то оно может быть различно, в зависимости от пр. п. Если поверхность слоя горизонтальна, и не иметь никакой тиканки, а малая, следовательно, — горизонтальна. Большая ось эллипса в этом случае определяется собою величину вертикального давления испытываемого элементом и равна $\hat{b}h$, где h — разность смычущего тела. Малая ось эллипса определяется собою

величину давления испытываемого элементом по горизонтальному направлению и равняется $\hat{b}h \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \hat{b}h \operatorname{tg}^2 \frac{90 - \varphi}{2}$. Это горизонтальное давление носить название *активного* (active Druck).

Если каким-либо способом начать искусственно увеличивать горизонтальное давление на элементе смычущего тела, напр., при помощи надавливания слоя каким-либо вертикальной стенькою, то положение эллипса и величины его осей станут изменяться. Предположим такого изменения будет поворот большей оси эллипса на 90° , т. е. переход ее в горизонтальное положение. В этом случае малая ось представит собою величину вертикального давления и будет равна $\hat{b}h$, т. е. величине большой оси эллипса до его поворота, а горизонтальная, в силу постоянства соотношения величин полуосей, увеличится и будет равна

$$\hat{b}h \cdot \frac{1}{\left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)} = \hat{b}h \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \hat{b}h \operatorname{cotg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$$

Это горизонтальное давление называется *пассивным* (passiver Druck) или *сопротивлением*. При дальнейшем горизонтальном надавливании происходит разрушение слоя, выражающееся в сдвигах кверху пылью которой призмы



Черт. 1.

Черт. 2.

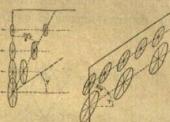
(призмы сопротивления). Для нахождения направлений тяжелейших площадок, на которых действуют давления данных направлений, служит следующее построение. Пусть CO (черт. 1) будет направление давления, по величине равного OE , и требуется определить направление площадки (касательной к элементу), на которую оно действует. Проводим из A линию $AD \parallel OB$ до пересечения с OC ; из B проводим $BF \parallel OA$ и откладываем от B отрезок $BF = AD$; FF будет искомым направлением. Из этого способа построения направлений элементарных площадок, испытывающих давления, не трудно заключить, что имеется всего два направления площадок, на которых давления

действуют нормально. Направления этих площадок совпадают с осьми эллиса.

Давление на площадки других направлений составляют с нормалью к этим площадкам некоторые углы, величина которых колеблется в пределах $0\text{--}\frac{\pi}{2}$. Давление EO на площадку FF наклонено к нормали ON под углом NOE . Так как в каждом эллисе диаметры, расположенные симметрично относительно осей, попарно равны, то, очевидно, что для каждого элемента сыпучего тела существуют между прочим, и два таких направления площадок, давления на которых составляют углы $\neq \frac{\pi}{2}$ с нормалью. На черт. 2 видно, что направления таких площадок *взаимны*, т. е. направление давления PO на площадку P_1P_1 совпадает с направлением площадки PP , на которую действует давление P_1O . Эти два направления называются *плоскостями скольжения*, в них частично сыпучего тела находятся на границе своей устойчивости. Плоскости скольжения составляют с большой осью углы равные $45^\circ - \frac{\alpha}{2}$.

Указанный теория дает возможность определить точную картину распределения напряжений в различных точках сыпучего тела в телях только слушальных, когда по следнее ограничено сверху одной плоскостью. Так, при ограничении слоя горизонтальной плоскостью или естественным откосом, напряжения в различных точках его определяются положениями эллисов, показанными на черт. 3 и 4.

В первом случае все эллисы вертикальны, положение плоскостей скольжения определяется направлением *плоскости разрыва* призмы обрушения; во втором случае эллизы наклонны и плоскости скольжения параллельны естественному откосу. Для тел слушающих, когда верхняя поверхность сыпучего тела ограничена не всей до сих пор не удается, а вместо ся тело не имеет возможности дать для таких случаев вирной картины положения эллисов напряжений в различных точках сыпучего тела. Однако, на основании хотя бы только что приведенных примиро-



Черт. 3.

Черт. 4.

распределений напряжений в различных точках сыпучего тела в телях только слушальных, когда по следнее ограничено сверху одной плоскостью. Так, при ограничении слоя горизонтальной плоскостью или естественным откосом, напряжения в различных точках его определяются положениями эллисов, показанными на черт. 3 и 4.

При ограничении слоя горизонтальной плоскостью или естественным откосом, напряжения в различных точках его определяются положениями эллисов, показанными на черт. 3 и 4.

можно заключить, что местное поднятие профиля верхней поверхности слоя должно вызывать изменения в напряженях, которые и выражаются наклонением больших осей эллисов в сторону возрастания нагрузок.

Приведенные основные положения новой теории равновесия сыпучих тел были призываемы по преимуществу к расчету подпорных стволов и только Rankine попытался воспользоваться ими для вывода формулы для определения возможной нагрузки песчаных оснований или, что тоже, необходимой глубины их заложения.

Познакомимся теперь с работами Паукера и Ренкина.

Формула Паукера не представляет собою результата чисто научной разработки общего вопроса о необходимой глубине заложения оснований, а явилась, так сказать, побочным продуктом промышленности. Действительно, когда Паукер предложил построить в Кронштадт одни из батарей на слой насыщенного песка, то ему пришлось выслушать целый ряд возражений со стороны опытных и следивших инженеров того времени. Так, было высказано мнение, что «песок, сдвинутый зданием форта, выдавится из-под него в сторону, здание погрузится в песок и при этом может получить значительные повреждения». В подтверждение правильности такого мнения было сказано, что нога человека, выступающего по песку, значительно в него углубляется, и что упирая рукою туго конец карапандаша в песок, насыщенный в каком-нибудь сосуде, напр. песочницей, легко можно углубить карапандаш до дна сосуда»^{*}.

Паукер ничего не оставилось, как только с цифрами в руках доказать, что для всякой данной нагрузки должен иметься предел глубины, за которымъ выдавливание песка становится невозможным.

Путь, по которому Паукер дошел до своей формулы, был таков:

Положимъ, что на некоторой глубинѣ h (черт. 5) отъ поверхности песчаного слоя заложено основание сооружения, занимающее площадь ϕ и производящее давление Q . Замѣнимъ сооружение столбомъ песчаного грунта, площадь основания которого равнялась бы ϕ ,

^{*} Журналъ М. И. С. 1889 г. № 40, стр. 229.

а высота его H была бы такова, чтобы весь столб был равен Q , а потому производить бы на основание одинаковое съ сооружением лавы не.

Допустимъ, что отъ сооружения или замыкающаго его столба песка можетъ отколоться некоторая часть, ширина которой AC . Допустимъ даѣтъ, что основаніе подъ этой частью разрушается.

При этомъ въ песчаномъ слое образуется некоторая *призма обрушения ABC*, стремящаця сдвинуться внизъ по откосу AB и производяща при этомъ горизонтальное давленіе P на некоторую

плоскость BC . Это давленіе P стремится сдвинуть по откосу BF *призму сопротивленія CBF*, нагруженную слоемъ песку $CDEF$, толщиной h , равно глубинѣ заложенія основанія. Положимъ, что въ дѣйствительности для сдвигѣнія призмы $CBFED$ необходимо усилие R .

Черт. 5.

Принимая BC за постоянную, Паукер опредѣляетъ величину угла ABC изъ условій, чтобы давленіе P было наибольшее, совершенѣемъ разсчетъ подпорныхъ стѣонокъ.

Далѣе Паукер опредѣляетъ величину угла CBF по условію, чтобы R было наименьшее.

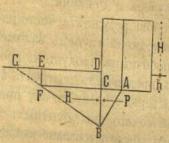
Предѣлъ равновѣсія призыва обрушениія и сопротивленія опредѣляется изъ условій:

$$\text{Max } P = \text{Min } R.$$

Дифференцируя это неравенство по BC , Паукеръ находитъ условіе равновѣсія биконечно узкихъ полосокъ и затѣмъ, выбравъ пару полосокъ, поставленныхъ въ наиболѣе невыгодныхъ условіяхъ, окончательно получаетъ свою формулу.

При решеніи своей задачи, приступившей чисто практическую цѣль, Паукеръ пользовался обычными и нынѣ приемами, при которыхъ дѣлается рядъ пренебрежений, разъ только известно, что они могутъ въ пользу разсчета.

Вычисливъ по своей формулѣ приличную глубину заложенія основанія Константиновской батареи, Паукеръ не былъ заинтересо-



сованъ въ изслѣдованіи вліянія сдѣланныхъ имъ пренебреженій на окончательный результатъ разсчета глубины. Дѣйствительно, если бы при болѣе точномъ разсчетѣ необходимая глубина заложенія вышла бы слишкомъ малою — его разсчетамъ могли бы не пойти и отказаться отъ осуществленія его идеи — построить батарею на насыпномъ песке.

При такихъ условіяхъ формула Паукера не можетъ претендовать на строго научное значение; вѣроятно такъ же на нее смотрѣть и Паукеръ, не пожелавшій тогда же опубликовать своей работы. Однако, формула эта попала въ учебники, пріобрѣла права гражданства, стала примѣняться къ разсчету глубины заложенія основаній на различныхъ грунтахъ, не смотря на то, что она была выведена только для сыпучаго песка. Объяснить такое значеніе формулы Паукера можно кажется только тѣмъ обстоятельствомъ, что до послѣднаго времени въ русской науцѣ не имѣлось ничего лучшаго, а спросъ на такую формулу былъ.

Однако, не слѣдуетъ отрицать всѣхъ значеніе Паукера въ разработкѣ теоріи основаній. За нимъ остается великая заслуга въ созданіи весьма остройной, изящной по своей простотѣ схемы взаимодѣйствія двухъ призмъ. Эта схема, съ небольшою поправкою, весьма просто объясняетъ процессъ разрушенія песчанаго слоя подъ влияніемъ мѣстной нагрузки и даетъ возможность получать цифры временнаго сопротивленія песка выпираю, довольно близкія къ наѣдоаемымъ въ дѣйствительности.

Формула Rankine'a выведена на основаніи слѣдующихъ соображеній.

На некоторой глубинѣ h (черт. 6) отъ горизонтальной поверхности песчанаго слоя заложено основаніе сооруженія, вѣсъ котораго равен Q . Давленіе сооруженія можетъ быть замѣнено давленіемъ столба песку высотою H , имѣющаго ту же площадь подошвы и одинаковый съ нимъ вѣсъ Q . Рассмотримъ два смежныхъ элемента песчанаго слоя m_1 и m_2 , изъ которыхъ первый находится подъ грузомъ сооруженія, а второй подъ нагрузкою свободнаго слоя песку толщиной h . Соответствующий элементу m_1 эллипсъ напряженій долженъ быть вер-



Черт. 6.

тикальна и имѣть большою полуосью величину $A = \delta H$, а потому малая его полуось B должна быть горизонтальна и равна

$$B = H \delta \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \delta H \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right).$$

Предыдущее равновѣсіе будет въ томъ случаѣ, когда эллипс напряженій элемента m_2 подъ вѣнцемъ давленія B повернется такимъ образомъ, что его большая полуось a станетъ горизонтально, а по величинѣ равной B . При вертикальномъ разстояніи h элемента m_2 отъ поверхности слоя, вѣртикально на него давленіе равно δh . Въ нашемъ случаѣ оно должно равняться малой полуоси эллипса напряженій элемента m_2 , а потому большая полуось того же эллипса должна быть равна

$$a = \delta h \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \delta h \operatorname{cotg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right).$$

Итакъ, предыдущее равновѣсіе можетъ быть въ случаѣ равенства

$$B = a$$

т. е.

$$\delta H \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \delta h \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

или

$$\delta H \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right) = \delta h \operatorname{cotg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$$

откуда

$$h = H \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2$$

или

$$h = H \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right).$$

Замѣчательное совпаденіе окончательныхъ результатовъ, полученныхъ Паукеромъ и Ренкиномъ, шедшихъ къ решенію задачи совершило различными путями, могло бы служить нѣкоторымъ указаниемъ на правильность съ рѣшеніемъ; однако, въ данномъ случаѣ это совпаденіе слѣдуетъ приписать одной только случайности; оба рѣ-

Первая поправка въ схему Паукера была введена инженеромъ П. Янковскимъ и заключалась въ томъ, что онъ трапециoidalную призму сопротивленія $BDEF$ (черт. 5) или, что все равно, треугольную призму BCF , нагруженную слоемъ песка $CDEF$, замѣнилъ однокъртой призмой BDG . Эта поправка вполнѣ логически вытекаетъ изъ представлений взаимодѣйствія прямолинейныхъ призмъ: призма сопротивленія, очевидно, можетъ скользить только по непрерывному прямолинейному откосу BG , а не по ломаной линіи BFE . Введеніе этой поправки, въ связи съ измѣненіемъ нѣкоторыхъ аналитическихъ пріемовъ изслѣдованія, привело инженера Янковского къ формуѣ

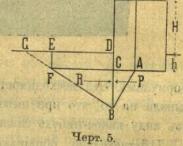
$$h = \frac{H}{2} \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right),$$

по которой необходимая глубина заложенія фундаментовъ оказывается вдвое меньшою, чѣмъ по Паукеру.

Съ цѣлью проверки этой формулы, въ Механической лабораторіи Института Инженеровъ Путей Сообщенія были произведены опыты надъ разрушениемъ песчанаго слоя

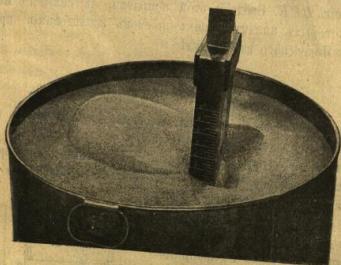
мѣстной нагрузкою. Приспособленія для опытовъ заключались въ слѣдующемъ: къ имѣвшемуся въ лабораторіи чугунному столу была привинчена доска, на выступающемъ концѣ которой было сдѣлано квадратное отверстіе;透过这透明的孔洞，可以看到下面的沙子。

черезъ это отверстіе проходитъ вертикальный стержень, къ верхнему концу которого прикрылся поддонъ для гирь, а къ нижнему — деревянные параллелепипеды, игравшіе роль фундаментовъ. Для помѣщенія песка былъ сдѣланъ желѣзный резервуаръ. Опыты заключались въ томъ, что фундаментъ погружался на некоторую определенную глубину въ песокъ, а затѣмъ на поддонъ постепенно кладлись гиры до тѣхъ поръ, пока фундаментъ не разрушалъ песокъ, т. е. пока онъ не садился въ песокъ и не выпиралъ призмы сопротивленія (черт. 7). При выпираніи песка всегда замѣчалось сползаніе фундамента въ сторону, причемъ, со стороны противоположной выпиранию, обра-



Черт. 5.

зовывалось углубление. Отклонение фундамента то въ ту, то въ другую сторону обусловливалось совершенно случайными причинами, каковы несимметричность расположения нагрузки, недостаточно вертикальная установка фундамента и т. п. Наблюдения заключались въ томъ, что каждый разъ замѣчалась глубина заложенія фундамента, предельная нагрузка, величина осадки, отклоненіе фундамента въ сторону и размѣры выпиретой призмы. Первые же опыты показали несоответствіе наблюдавшихъ нагрузокъ съ исчисленными по



Черт. 7.

формуламъ. Эта несходимость результатовъ опыта, очевидно, указывала на то, что при выводѣ формулы Янковскаго было упущено изъ виду какое-нибудь важное обстоятельство.

Дѣйствительно, обращаясь къ болѣе простой и разработанной теоріи подпорныхъ стѣнокъ и сопоставляя два ряда явленій, а именно треніе земли о подпорную стѣнку при минимальномъ перемѣщеніи постѣней, и относительное перемѣщеніе *низа* призмы обрушенія подъ фундаментомъ, при одновременномъ съ нимъ перемѣщеніи призмы сопротивленія *верху*,—совершенно естественно было сдѣлать попытку внести и въ теорію выпирания песка такое же треніе между призмами обрушенія и сопротивленіемъ по раздѣльной плоскости *BC* (черт. 5). Результатомъ введенія этого тренія явилась вторая формула Янковскаго.

Выводъ второй формулы Янковскаго *) аналогиченъ съ выводомъ его первой формулы; окончательные же результаты представляются въ двухъ видахъ, а именно:

$$H = 2\Delta h. \quad (1)$$

$$H = \Delta \frac{(h+z)^2}{2z} - \frac{z}{2} \quad (2);$$

гдѣ:

$$\Delta = \left(\frac{\operatorname{tg} \frac{45-\varphi}{2}}{\operatorname{tg} \frac{45+\varphi}{2}} \right)^2,$$

$$z = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(\sqrt{2} - 2 \sin \varphi) \cos \varphi}{\cos 2\varphi}.$$

H — высота столба песка, соответствующая предельной нагрузкѣ на квадратную единицу площади основания,
b — ширина фундамента,
h — глубина заложенія,
z — угол *ABC*, песка,
 φ — угол тренія песка.

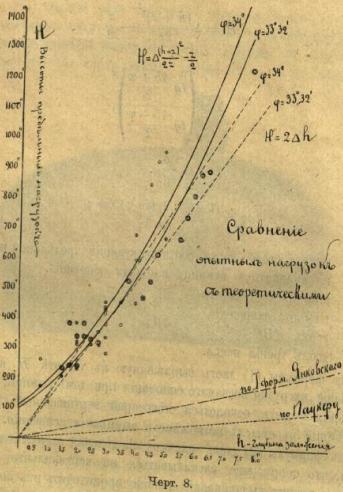
Видъ формулъ (1) даетъ выраженную въ высотѣ *H* величину предельной нагрузки песчанаго основания при томъ условіи, что отъ сооруженія можетъ отколоться нѣкоторой вертикальный слой, не выходитъ въ смыслѣ возможности выпирания основанія.

Видъ формулъ (2) даетъ величину предельной нагрузки при томъ условіи, что сооруженіе раскалывается на вертикальные слои не можетъ, а потому выдавливаніе должно происходить изъ подъ всего сооруженія.

Результаты наблюдений опытныхъ предельныхъ нагрузокъ и величины ихъ, исчислены по формуламъ Rankine'a и Паукера, по первой и второй формуламъ Янковскаго, представлены на графикѣ (черт. 8).

*) См. II. Янковский „Врем. сопротивл. естеств. оснований“. Ж. М. П. С. 1889. № 8 и 51.

По оси абсцисс отложены въ доймахъ глубины заложения фундаментовъ— h , по оси ординатъ—предельная нагрузки на 1 кв. дм., выраженная въ соответственныхъ высотахъ столба песку— H , дающаго ту же нагрузку. Нижняя наклонная пунктирная прямая определяет предельную нагрузку по формуле Янковского.



Черт. 8.

дѣлает предельные нагрузки по Паукеру, вторая—такія же нагрузки по 1-й формулы Янковского; остальные линии—дѣл прямые и дѣл кривыя соответствуют двумъ видамъ второй формулы Янковского для двухъ значений φ —угла трения песка. Кружки соответствуютъ опытнымъ даннымъ.

Если за единицу для сравненія формулы Паукера и 2-ой фор-

мулы Янковского принять исчисляемую по нимъ необходимую глубину заложения фундаментовъ, то окажется, что по второй формулы Янковского необходимая глубина заложенія выходитъ отъ 8—12 разъ меньше, чѣмъ по Паукеру. Такимъ образомъ изменение фигуры призмы сопротивленія уменьшило эту глубину въ 2 раза, а введеніе тренія по раздѣльной плоскости уменьшило ту же глубину еще въ 4—6 разъ. Отсюда видно, что треніе по раздѣльной плоскости изъ рассматриваемого вопроса имѣть весьма существенное значение. Какъ же, спрашивается, смотрѣлъ Паукеръ на это треніе? Это видно изъ слѣдующихъ подлинныхъ его словъ: «При опредѣленіи силъ P и P' (на нашемъ черт. 5—силы P и R) слѣдуетъ брать во внимание треніе по плоскостямъ OR и OT (на нашемъ черт. 5—плоск. AB и BF) и пренебрѣгать треніемъ по плоскости OF , (на нашемъ черт. 5—плоск. BC), такъ какъ выдавливаніе песка наружу можетъ происходить безъ всякаго раздѣленія частей по плоскости FO (на нашемъ черт. 5—плоск. BC). Послѣднее предположеніе, еслибы оно было несправедливо, очевидно не увеличивало бы устойчивости песчанаго основанія въ сравненіи съ истинною» *). Изъ этихъ словъ можно видѣть, что Паукеръ, вѣроятно, въ реальности существованія призмъ обратилъ и сопротивленія въ работѣ подпорныхъ стѣнь, усматривалъ пѣтъ иное въ процессѣ выдавливанія песка. Другими словами, онъ смышлялъ для совершенно различнаго вещи: *истинный процессъ выщирания съ искусственной схемой взаимодѣйствія призмъ*, слушающее лишь для образного представления этого процесса; т. е. впадающее въ ту же ошибку, какая не чужда и некоторымъ изъ современныхъ исследователей этого же вопроса.

Послѣ показанаго на графикѣ совпаденія результатовъ опытовъ съ теоретическими выводами можно бы, казалось, допустить, что сущность процесса выщирания песка изъ-подъ фундаментовъ выражена во второй схемѣ Янковского вполнѣ вѣрно, а вмѣстѣ съ тѣмъ и вопросъ о величинѣ временнаго сопротивленія песка разрушенію путемъ выдавливанія—рѣшено окончательно. Однако, тѣ же опыты показывали противное. Дѣйствительно, вторая формула Янковского даетъ довольно близкую къ дѣйствительной величину временнаго сопротивленія, но его вторая схема (черт. 9), отличающаяся отъ

* Журн. М. П. С. 1889 № 40 (Сентябрь—Октябрь), стр. 227.

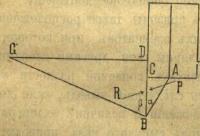
первой (черт. 5) направлением силь Р и R величиною призмы сопротивления DG (результат введенія въ разсчет тренія по плоскости BC), далеко не выражаетъ действительной картины процесса разрушенія смущаго тѣла. Его схема взаимодѣйствія двухъ призмъ остается все же только схемою, хотя и весьма удачно. Дѣло въ томъ, что наблюдаваемая на опыте ширина призмы сопротивленія почти вдвое менѣе DG , т. е. той, которая должна бы быть имѣтъ мѣсто въ томъ случаѣ, еслибы вторая схема Янковскаго вполнѣ соотвѣтствовала сущности процесса вытирания. Для объясненія этого обстоятельства пришлось обратиться къ работамъ Scheffler'а, Mohr'a и Winkler'a, коми доказали необходимость криволинейности поверхности скольженія или, какъ ее называютъ, *поверхности разрывовъ* призмы обрушения.

Криволинейность поверхности призмы обрушения Mohrъ объясняетъ тѣмъ обстоятельствомъ, что силы, дѣйствующія на призму обрушения, каковы ея вѣсъ и реакція стѣнки и откоса, вообще не пересекаются въ одной точкѣ, а потому должны вырывать *перекишиваніе* призмы, которое и должно выражаться въ криволинейности ея отвертаний.

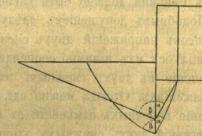
Призма сопротивленія въ основаніяхъ сооружений, въ отношеніи дѣйствія на нее силъ, находится въ еще менѣе благопріятныхъ условіяхъ вслѣдствіе того, что давленіе отъ призмы обрушения передается призмѣ сопротивленія только по раздѣльной плоскости BC (черт. 5 и 9), которая составляетъ только часть вертикальной грани BD призмы сопротивленія. Эти соображенія побудили допустить, что и поверхность скольженія призмы сопротивленія также должна быть криволинейна. Такое допущеніе дало возможность объяснить несходимость исчисленныхъ по формулѣ ширину призмы сопротивленія съ действительными. Представленная на фиг. 10 схема, въ которой углы α и β тѣ же, что и въ схемѣ съ прямолинейными призмами (черт. 9), показываетъ, что, при криволинейныхъ очертаніяхъ призмы, ширина призмы сопротивленія дѣйствительно должна быть менѣе, чѣмъ при призмахъ прямолинейныхъ.

Сопоставимъ, съ одной стороны, менѣйшую ширину призмы сопротивленія, которая находитъ себѣ объясненіе въ допущеніи криволинейности ихъ очертаній, а съ другой стороны, констатированную уже сходимость опытныхъ нагрузокъ съ исчисленными по формулѣ

Янковскаго, выведенной въ предположеніи прямолинейности очертанія тѣхъ же призмъ, можно прийти къ заключенію, что *въ действительности призмы обрушения и сопротивленія криволинейны*, но сопротивленіе ихъ вытиранию должно быть одинаково съ такимъ же сопротивленіемъ призмъ съ прямолинейными очертаніями, принятими въ схемѣ Янковскаго. Другими словами: прямолинейны призмы Янковскаго, въ смыслѣ сопротивленія ихъ вытиранию, эквивалентны действительнымъ криволинейнымъ. Возможность такого эквивалентности прямолинейныхъ и криволинейныхъ призмъ можетъ быть объяснена путемъ слѣдующаго соображенія: криволинейная призма имѣть менѣшую площадь сеченія, а слѣдовательно и менѣшій въ



Черт. 9.



Черт. 10.

тѣмъ призма прямолинейная, но сопротивленіе перемѣщенню по кривому откосу (призмы, котораго на всемъ его протяженіи, вѣроятно, неоднакова) должно быть, очевидно, больше, чѣмъ по откосу прямому; вполнѣ же естественно допустить, что обстоятельства эти, вліяя на величину сопротивленія вытиранию въ противоположныхъ направленіяхъ, могутъ уравновѣшиваться. Такимъ образомъ теорія Янковскаго, хотя и основана на слишкомъ элементарномъ представлении о процессѣ вытирания, тѣмъ не менѣе весьма удачно обясняетъ главнѣйшій обстоятельство взаимодѣйствія двухъ призмъ, благодаря только чему даваемые ею результаты и могутъ быть такъ близки къ наблюдавшимъ.

Остановившись на предположеніи о криволинейности очертанія призмъ обрушения и сопротивленія, весьма естественно было попытаться опредѣлить истинный видъ кривыхъ, по которымъ происходит вытирание песка.

Однако, отъ этого пришлось скоро отказаться, такъ какъ даже

сравнительно более простую кривую разрыва призмы обрушений и по настоящее время никому не удалось выразить уравнением, а проф. Bussinesq высказывает мнение, что интегрирование дифференциальных уравнений равновесия смычных тягъ едвали и возможно. При таком состоянии учения о равновесии смычных тягъ, оставалось только выяснить *внешний видъ кривыхъ скольженія и давленій*, руководствуясь основными положеніями новѣйшей теоріи смычныхъ тягъ.

Такъ какъ непосредственные опыты надъ сопротивлениемъ песчаного слоя дѣятельству мѣстной нагрузки показали неѣрность формулы Паукара, а слѣдовательно и тождественность съ нею формулы Ренкина, то нельзѣ было не прийти къ заключенію, что въ самой схемѣ Ренкина должно быть какое-либо ошибочное допущеніе.

Подобнымъ допущеніемъ слѣдуетъ признать такое расположение эллипсовъ напряженій двухъ смежныхъ элементовъ, при которомъ большая ось ихъ взаимно перпендикулярна, или, другими словами, допущение въ двухъ смежныхъ элементахъ конечной разности въ напряженіяхъ. Отсюда можно слѣдовать слѣдующий выводъ: если допущение конечныхъ измѣненій въ положеніи и величинѣ эллипсовъ напряженій двухъ смежныхъ элементовъ смычного тѣла приводить къ выводамъ, несоответствующимъ дѣйствительности, то слѣдуетъ допустить противное, а именно: *постепенность вращенія эллипсовъ напряженій* при переходѣ отъ одного элемента смычного тѣла къ смежному, безконечно къ нему близкому.

Схема Ренкина и только что указанній выводъ о необходимости допущеніи постепенности вращенія эллипсовъ напряженій въ безконечно близкихъ элементахъ смычного тѣла и послужили исходной точкою для определенія *внешнаго вида кривой разрыва или кривой скольженія призмы вытирания*, т. е. призмы, вытираемой или выдавливаемой изъ песчаного слоя дѣятельствиемъ мѣстной нагрузки.

Соображенія о *внешнтомъ видѣ кривой скольженія* заключаются въ слѣдующемъ:

1) Линія скольженія должна быть рассматриваема какъ геометрическое мѣсто плоскостей скольженія эллипсовъ напряженій въ различныхъ точкахъ смычного тѣла, причемъ отклоненіе этихъ эллипсовъ отъ ихъ естественнаго положенія во время покоя вызвано мѣстною нагрузкою.

2) Ввиду необходимости допустить постепенность во вращеніи эллипсовъ напряженій, линія скольженія должна быть кривою плавною, безъ точекъ перелома.

3) Рассматривая тонкій слой песку, лежащій непосредственно подъ фундаментомъ, слѣдуетъ допустить, что, при вертикальной осадкѣ фундамента, онъ опускается вмѣстѣ съ нимъ, а потому бо́ковыя плоскости разрыва этого слоя должны быть вертикальны. Эти плоскости разрыва и будутъ *первыми элементами кривой скольженія*, а потому мы вправѣ заключить, что въ крайніхъ элементахъ тонкаго слоя песка, лежащаго непосредственно подъ фундаментомъ, эллипсы напряженій расположены такимъ образомъ, что одна изъ ихъ плоскостей скольженія вертикальна, а слѣдовательно большая ихъ ось, показывающая направление наибольшаго давленія, наклонена къ вертикали подъ угломъ $45^{\circ} - \frac{1}{2}$, что совершенно аналогично распространенню давленія въ твердыхъ тѣлахъ при тѣхъ же условіяхъ. По закону симметрии слѣдуетъ допустить подобное же расположение эллипса напряженій и съ противоположнаго края фундамента. Что же касается эллипса напряженій въ средней точкѣ подошвы фундамента, то виду отсутствія причинъ, по которымъ эллипсъ этотъ могъ бы быть наклоненъ вправо или влѣво, слѣдуетъ допустить, что большая его ось расположена вертикально. Подобное же вертикальное положеніе большихъ осей эллипсовъ напряженій должно сохраняться во всѣхъ элементахъ смычного тѣла, расположенныхъ по оси фундамента, т. е. по вертикали, идущей черезъ средину его. Одинъ изъ такихъ эллипсовъ долженъ лежать и на кривой скольженія. Въ измѣнѣніи точкѣ кривой скольженія плоскость скольженія эллипса напряженій должна быть горизонтальна, а большая ось, показывающая направление наибольшаго давленія, должна быть наклонена къ горизонту подъ угломъ $45^{\circ} - \frac{1}{2}$. Остальные эллипсы, лежащи по кривой скольженія, по мѣрѣ уменьшения абсолютной ихъ величины (т. е. по мѣрѣ приближенія къ поверхности слоя), должны все болѣе и болѣе отклоняться отъ своего естественнаго положенія. Ввиду выше-сказаннаго, *внешнтий видъ кривой скольженія* долженъ быть приблизительно такой, какой показанъ на черт. 11. Такъ какъ положеніемъ большихъ осей эллипсовъ напряженій опредѣляется на-

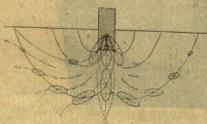
песку очень часто оказывались ограниченными вплоть отчетливыми замкнутыми контурами со всех сторон, а следовательно и со стороны фундамента, который отделялся от выпретой массы небольшую площадкой и углублением в виде воронки возле самого фундамента. Подобную форму призмы выпирания можно объяснить образованием в массе песка вторых кривых скольжения, ограничивающих призму сверху. Кривые этих первых склонов элементы должны иметь плоскости скольжения эллипсов напряжений в крайних точках песчаного слоя, лежащего непосредственно под фундаментом, и наклоненные под углом $90 - \frac{\pi}{2}$ к вертикали *). Таким образом каждая из призм выпирания (правая и левая) должна быть ограничена двумя кривыми, одно из которых, другого верхнею, как это показано на черт. 14.

6) Ширина призмы выпирания под самою подошвой фундамента, очевидно, равна ширине этой подошвы, ширина же ее по

поверхности песчаного слоя, как показали опыты, значительно больше. Отсюда мы выразить заключить, что во время процесса выпирания призмы в них происходит относительное перемещение частиц или деформации массы песка. Проще всего допустить, что частицы движутся по некоторым кривым скольжения, первые элементы которых совпадают с плоскостями скольжения эллипсов напряжений в различных точках песчаного слоя, лежащего непосредственно под фундаментом. На черт. 14 показаны такие кривые скольжения для средней точки подошвы фундамента. Вследствие центрального положения этой точки, кривые скольжения, исходящие из нее, оказываются симметричными. Для всякой другой точки должны существовать две кривые скольжения неодинаковые по величине.

7) Направление наибольших давлений определяется положением больших осей эллипсов напряжений, которые с плоскостями

* Угол между двумя плоскостями скольжения залипки напряжений равен



Черт. 14.

скольжения, первые элементы которых совпадают с плоскостями скольжения эллипсов напряжений в различных точках песчаного слоя, лежащего непосредственно под фундаментом. На черт. 14 показаны такие кривые скольжения для средней точки подошвы фундамента. Вследствие центрального положения этой точки, кривые скольжения, исходящие из нее, оказываются симметричными. Для всякой другой точки должны существовать две кривые скольжения неодинаковые по величине.

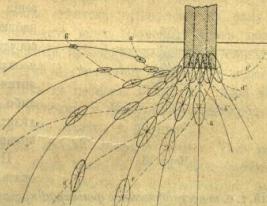
7) Направление наибольших давлений определяется положением больших осей эллипсов напряжений, которые с плоскостями

скольжения составляют углы $45^\circ - \frac{\pi}{2}$. Проводя в различных точках различных кривых скольжения линии под углом $45^\circ - \frac{\pi}{2}$ к этим кривым, получим направления давлений в массе песка (черт. 11 и 14). Такъ какъ въ смежныхъ элементахъ песчаного слоя положеніе эллипсовъ напряженій измѣняется, и притомъ постепенно (большіе оси отклоняются одна отъ другой на безконечно малый уголъ), то мыправѣ заключить, что и давленія въ массѣ песка распространяются также по некоторымъ кривымъ. На черт. 15 показанъ извѣстный видъ такихъ кривыхъ.

8) По мѣрѣ углубления фундамента въ массу песка, сопротивление выпиранию должно возрастать вслѣдствіе того, что для возможности симметричного эллипса напряженій въ элементахъ сыпучаго тѣла должны все болѣе и болѣе отклоняться отъ своего естественнаго положенія съ тѣмъ, чтобы совокупностью своихъ плоскостей скольжения образовать новую кривую скольжения еще большей призмы выпирания, какъ это показано пунктиромъ на черт. 14.

9) Съ увеличеніемъ ширины фундамента (черт. 15), при условіи одинаковой нагрузки на кв. единицу и при той же глубинѣ, сопротивление выпиранию тоже должно возрастать и по той же причинѣ. Этимъ обстоятельствомъ можно объяснить тотъ обнаруженный фактъ, что выпирание песку изъ-подъ прямоугольныхъ въ планѣ фундаментовъ всегда происходитъ вдоль длинныхъ его сторонъ, такъ какъ такому выпиранию соответствуетъ меньшая ширина въ профилѣ выпираемой призмы.

10) Въ общемъ случаѣ выпирание представляется возможнымъ при томъ условіи, что слой сыпучаго тѣла имѣть неопределенные размѣры какъ по вертикальному, такъ и по горизонтальному на-



Черт. 15.

правлению. Если слой ограниченъ съ боковъ и съ снизу, какъ показано пунктиромъ на черт. 16, то вытирание представляется возможнымъ только для глубинъ и ширинъ фундамента не превосходящихъ нѣкотораго предѣла, другими словами: въ тѣхъ только случаяхъ, когда кривыя скользенія пѣникомъ помѣщаются между предѣлами песчанаго слоя.

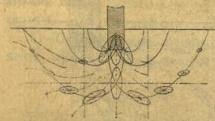
Этимъ и исчерпывались теоретическая соображенія относительно *внѣшн资料* вида кривыхъ скользеній призмы вытиранія.

Убѣдившись въ правдоподобности вышеизведенныхъ теоретическихъ соображеній относительно *внѣшн资料* вида кривыхъ скользенія путемъ непосредственнаго наблюденія этихъ кривыхъ въ сосудѣ со стеклянною стѣнкою, я задался цѣлью, если не аналитически, то, хотя бы какимъ-либо инымъ способомъ, определить *истинный видъ* тѣхъ же кривыхъ.

Наиболѣе цѣлесообразнымъ оказался способъ фотографическій.

т. е. *непосредственное фотографированіе призмы вытиранія*. Примѣненіе фотографіи къ опредѣленію вида призмы вытиранія должно имѣть то преимущество предъ простымъ наблюденіемъ процесса вытиранія въ стеклянномъ сосудѣ, что фотографіи могутъ дать графическое, *безскогорное* изображеніе этихъ кривыхъ, тогда какъ простыя наблюденія, особенно при медленномъ вытираніи, даютъ одни только представленія о видѣ кривыхъ, исчезающія вслѣдъ за прекращеніемъ надавливанія, представленія расплывчатыя, такъ какъ весьма трудно провести рѣзкую границу между частицами движущимися и остающимися въ покое; при такихъ условіяхъ въ созданіи этихъ представленій не малую роль должно играть воображеніе наблюдателя, такъ или иначе настроеное его личными предположеніями.

Возможность примѣненія фотографіи къ опредѣленію вида кривыхъ скользенія въ массѣ песка я основывалъ на такихъ соображеніяхъ: если фотографировать въ теченіи нѣсколькихъ секундъ песокъ, заключенный въ сосудѣ со стеклянною стѣнкою и подвер-



Черт. 16.

гаемый надавливаніемъ стержнемъ, двигающимся непосредственно въ зернисткіи сосуда, то тѣ песчинки, которыхъ при этомъ остаются въ покое, должны выйти на фотографіи вполнѣ рѣзко, отчетливо, тогда какъ изображенія песчинокъ, движавшихся при фотографировании, должны оказаться не рѣзкими, размазанными. Вся совокупность размазанныхъ изображеній должна опредѣлять собою фигуру *призмы вытиранія*, а граница между изображеніями размазанными и рѣзкими — *истинную скользенія* призмы вытиранія.

Остановившись на фотографическомъ способѣ опредѣленія истинного вида кривыхъ вытиранія, я устроилъ особый приборъ, состоящий изъ ящика со стеклянною стѣнкою, вставленного въ раму съ гайкой, черезъ которую проходитъ винтъ. Помощью винта можно вдавливать въ песокъ, насыпанный въ ящикъ, деревянный стержень, зажатый между направляющими скользящими по зеркальной стѣнке ящика съ пескомъ. Благодаря такой конструкціи прибора, можно наблюдать и фотографировать процессъ вытиранія въ массѣ песка, такъ сказать, *въ разрезѣ*.

Приборъ былъ готовъ въ началѣ февраля 1889 г. Такъ какъ дневной свѣтъ въ то время былъ слабъ, а нужно было работать объективомъ недостаточно свѣтосильнымъ, то я принужденъ былъ обратиться къ искусственному свѣту.

Пользованіе искусственнымъ свѣтомъ давно уже имѣть мѣсто при фотографическихъ работахъ. Источникомъ такого свѣта до того времени служилъ магній, исключительно въ видѣ ленты или проволоки. Однако, пламя ленты магнія для меня оказалось недостаточнымъ и мнѣ пришло обратиться къ «спышкамъ» порошка магнія.

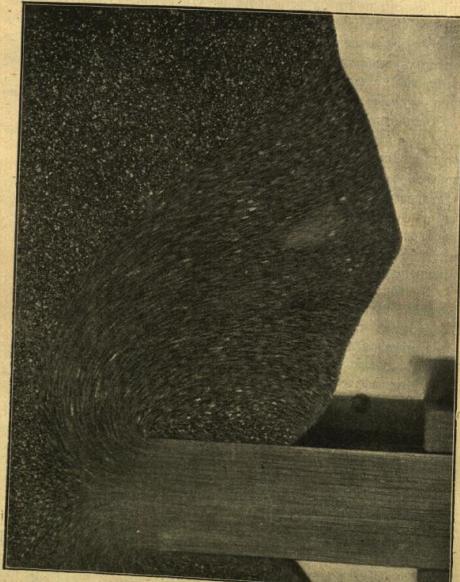
Рядъ полученныхъ мною фотографій *истинного* вида кривыхъ скользенія призмы вытиранія (черт. 17, 18, 19) подтверждаетъ въ общихъ чертахъ правильность высказанныхъ выше теоретическихъ соображеній относительно *внѣшн资料* вида тѣхъ же кривыхъ и въ значительной степени способствуетъ уясненію характера тѣхъ напряженій, которыя проявляются въ песчаномъ слоѣ подъ влияниемъ мѣстной нагрузки.

Фотографія доказала слѣдующее:

Въ общемъ случаѣ вытираніе происходитъ двусторонне, а видъ кривыхъ скользеній зависитъ отъ нѣкоторыхъ особыхъ условій.

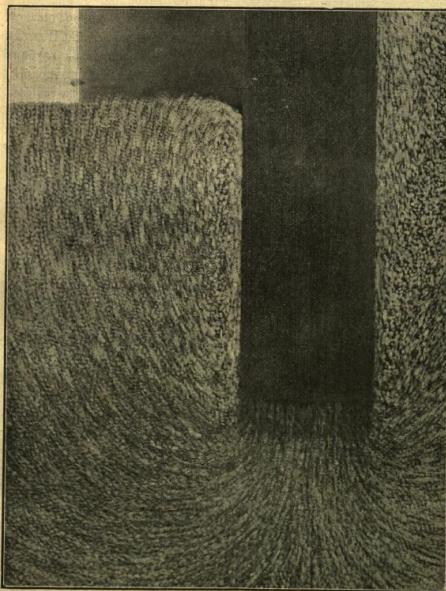
1) Если слой ограниченъ сверху горизонтальною плоскостью, а

давлениe строго вертикально, то призмы выпирания ограничиваются снизу двумя симметрично относительно вертикальной оси расположе-



женнymi кривыми, исходящими из средины ширины фундамента, а не из крайнихъ его точекъ, какъ предполагалось раньше, и весьма сходными по виду съ кривыми, показанными на черт. 14.

2) Съ углублениемъ фундамента въ песчаный слой, выпираемая призма увеличивается и кривыя скользенія видоизменяются. Видъ



Черт. 18.
части кривыхъ между точкою исхода и низшемъ (въ которой касательная къ кривой горизонтальна) почти не зависить отъ глубины

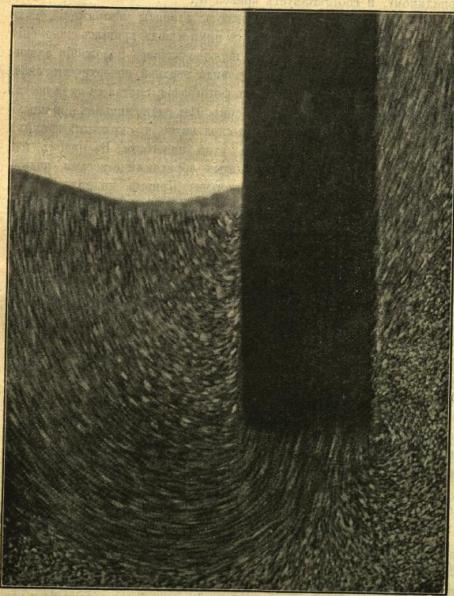
заложенія фундамента (по крайней мѣрѣ въ предѣлахъ глубинъ пороженій 2—9"), видъ же остальныхъ частей, между низшою точкою и поверхностью слоя, измѣняется съ глубиною заложенія, а именно: чѣмъ глубина больше, тѣмъ круче кривыя поворачиваются кверху, стремясь приблизиться къ вертикальному направлению. Поэтому ширина выираемыхъ призмъ далеко не пропорциональна глубинѣ заложенія, а следовательно и величинѣ сопротивленія выираанію.

На черт. 14 верхняя малая кривая скольженій отдѣляется отъ фундамента небольшую массу песку, такъ сказать, не входящую въ сферу выираанія. На фотографіяхъ (черт. 17 и 18) у боковой стѣнки фундамента, действительно, видны рѣзко очерченныя песчинки, не принимавшія участія въ движеніи.. Подобное явленіе можно было прослѣдить на цѣломъ рядѣ снимковъ; на нѣкоторыхъ же, сверхъ того, замѣтно движение частицъ, опускавшихся вдоль фундамента (черт. 19)—это движеніе выражается трепѣемъ фундамента о песокъ.

3) При нѣкоторомъ отклоненіи направления давленія отъ вертикального, выирааніе можетъ происходить одностороннее. Говорю "можетъ", такъ какъ и при подобныхъ условіяхъ зачастую выирааніе происходило двустороннее, но не равномѣрное, о чѣмъ будетъ сказано ниже.

Вѣроятная кривая скольженій при одностороннемъ выирааніи, показанная на черт. 11, была начертана въ предположеніи строго вертикального направления давленія, а потому первый элементъ этой кривой былъ тоже вертикальный. На истинной же кривой односторон资料的，它可能包含以下信息：
90°— φ къ вертикалѣ ($90^\circ - \varphi$ есть величина угла между плоскостями скольженія эллипсовъ напряженій). При одностороннемъ выирааніи

одной кривой вертикальны, а у другой наклоненъ подъ угломъ



Черт. 19.

90°— φ къ вертикалѣ ($90^\circ - \varphi$ есть величина угла между плоскостями скольженія эллипсовъ напряженій). При одностороннемъ выирааніи

пиранів і невертикальномъ направлениі давленія кривая скользенія, повидимому, и соотвѣтствуетъ кривой a_1 .

4) Положеніе, которое принимаютъ эллипсы напреженій подъ вліяніемъ давленія фундамента, а съ линіи и видъ кривых скользенія должны, очевидно, зависѣть отъ первоначальнаго положенія эллипсовъ. Послѣднее же зависитъ отъ вида верхней поверхности слоя. Это весьма наглядно доказываетъ фотографія, снятая со слоя песка, ограниченного естественнымъ откосомъ. Изъ ряда снимковъ при иныхъ пологостяхъ верхней поверхности слоя видно, что кривизна кривых скользенія строго соотвѣтствуетъ этой пологости. Въ одномъ изъ опыта слой былъ ограниченъ двумя обратными откосами, поднимавшимися отъ фундамента въ стороны. Кривые приняли форму, приближающуюся къ дугѣ круга, начинавшуюся у срединъ подошвы и упирающуюся другимъ концомъ въ боковыя стѣнки фундамента.

5) Если слой песку расположено уступомъ или другими слоями, ограниченъ двумя горизонтальными плоскостями, расположеными на разныхъ высотахъ по объему сторонамъ фундамента, то и въ этомъ случаѣ положеніе эллипсовъ напреженій должно отличаться отъ положенія ихъ при ограничении слоя одною горизонтальной плоскостью, а вмѣстѣ съ этимъ долженъ измѣняться и видъ кривых скользенія. Дѣйствительно, фотографія показываетъ, что въ этомъ случаѣ вытираніе происходитъ двусторонне, но не равномѣрно. Неравномѣрность вытиранія заключается въ томъ, что со стороны меньшей толщины слоя песку (надъ подошвой фундамента) вытирается большая призма, а со стороны большей толщины слоя — меньшая. При этомъ исходная точка кривых скользенія отходитъ отъ средины подошвы фундамента въ сторону большей толщины слоя.

При данной разницѣ въ относительной высотѣ слоеvъ, но при большемъ погруженіи фундамента, вліяніе этой разницы, разсуждая теоретически, должно имѣть меныше значение, и наоборотъ: при данномъ погруженіи фундамента (считая относительно поверхности болѣе тонкаго слоя), съ увеличеніемъ разности толщинъ слоеvъ, вліяніе этой разницы должно увеличиваться. Рядъ снимковъ, произведенныхъ при различныхъ комбинаціяхъ глубины затопленія и разности толщинъ слоеvъ, вполнѣ оправдываетъ это соображеніе. Изъ того же ряда снимковъ можно сказать слѣдующій выводъ: стороны вытираемыхъ призмъ, измѣряемыя по подошвѣ фундамента, обратно

пропорциональны высотамъ слоеvъ песку надъ плоскостью подошвомъ, т.е. обратно пропорциональны сопротивленію вытиранію, такъ какъ послѣднія пропорциональны высотамъ слоеvъ или глубинамъ погружения фундамента. Тоже самое, между прочимъ, слѣдуетъ изъ формулы П. Инковскаго. При болѣе или менѣе значительной разности высотъ слоеvъ надъ плоскостью подошвы фундамента, точка исхода кривых скользенія вытираемыхъ призмъ можетъ подойти къ самому краю фундамента и тогда вытираніе изъ двусторон资料о должно перейти въ односторонне. Въ некоторыхъ опытахъ это дѣйствительно и получалось, чande же, со стороны болѣе толстаго слоядвигалась кверху тоненькая струйка песку.

6) Въ случаѣ ограничения слоя песку какою-либо вертикально стѣнкою, вытираніе представлялось возможнымъ въ томъ лишь случаѣ, если вытираемая призма можетъ помѣститься между этой стѣнкою и фундаментомъ, какъ это показано на черт. 16. Изъ вышеизложенного мы уже знаемъ, что ширины вытираемыхъ призмъ могутъ измѣняться (напр. при участии ограничений слоя) въ зависимости отъ разности сопротивленію вытиранію по объему сторонамъ фундамента, а потому слѣдуетъ допустить, что и при ограничении слоя вертикальной стѣнкою (въ извѣстныхъ предѣлахъ разстоянія ея отъ фундамента) со стороны послѣдней почти во вскомъ случаѣ можетъ вытиратъ нѣкоторая призма песку, такъ какъ среди всевозможныхъ кривых скользенія, исходящихъ изъ различныхъ точекъ подошвы фундамента, должна найтись и такая, которая можетъ помѣститься между фундаментомъ и этой стѣнкой. Дѣйствительно, фотографія показываетъ, что и въ случаѣ расположения вертикальной стѣнки, на разстояніи меньшемъ ширины (по поверхности слоя) призмы при равномѣрномъ двустороннемъ вытираніе, вытираніе происходитъ, не равномѣрное, причемъ ширина призмы со стороны стѣнки (измѣряемая по поверхности слоя) определяется разстояніемъ стѣнки отъ фундамента.

7) Сопоставляя вліянія стѣнокъ съ вліяніемъ разности въ толщинѣ слоеvъ песку, можно прийти къ заключенію, что всякая стѣнка, въ извѣстныхъ предѣлахъ разстоянія ея отъ фундамента, оказываетъ сопротивление вытиранію и величина этого вліянія можетъ быть опредѣлена величиною разности высотъ слоеvъ песка по разнымъ сторонамъ фундамента, вызывающею одинаковое со стѣнкою расположение вытираемыхъ призмъ. Наиболѣе наглядно выразилась

одинаковость вліяннї стѣнки и разности высотъ слоевъ песку при слѣдующихъ опытахъ: со стороны стѣнки слой песку (считая отъ плоскости подошвы фундамента) постепенно уменьшался, а вмѣстѣ съ этимъ уменьшалась и разница въ величинѣ выщиряемыхъ призмъ; наконецъ, при некоторой разности высотъ слоевъ, было достигнуто совершенно равнокрѣпое двустороннее выщиряне, которое указывало на равенство сопротивленій по обѣимъ сторонамъ фундамента.

Послѣ сопоставленія истиннаго вида призыва выщиряния съ тѣмъ выдѣльными изъ видомъ, который былъ установленъ путемъ теоретическихъ соображеній, можно утверждать, что соображенія эти въ настоящее время оправдѣлись вполнѣ, т.-е. другими словами, что сущность процесса разрушенія песчаного слоя подъ вліяніемъ мѣстной погрузки можетъ считаться теперь вполнѣ разыясненою.

Для рѣшенія вопроса о временномъ сопротивленіи песка разрушенню путемъ выщиряния остается только выскажанные выше теоретическія соображенія, облечь въ математическую форму. Однако, задача эта весьма трудна и решится, вероятно, еще не скоро. Поэтому въ настоящее время намъ повиновѣть приходится довольствоваться решеніями приблизительными, какія и могутъ дать современнымъ искусственнымъ схемамъ взаимодѣйствія призыва съ прямолинейными очертаніями. Изъ всѣхъ такихъ схемъ наиболѣе цѣлесообразно, очевидно, должна быть та, которая приводитъ къ результатамъ наиболѣе близко подходящимъ къ наблюдаемымъ на опытахъ.

Изученіе большинства явлѣній физического міра начинается съ допущенія болѣе простыхъ и наглѣдныхъ гипотезъ, объясняющихъ природу этихъ явлѣній. По мѣрѣ накопленія новыхъ наблюдений, гипотезы развиваются, замѣняются болѣе современными, при чѣмъ господствующими признается та, которая даетъ объясненіе наиболѣе количеству фактовъ. Гипотезы, дающіе возможность не только объяснять, но и предугадывать некоторые явлѣнія, становятся уже въ разрядѣ теорій и хотя имѣютъ зачастую свои слабыя стороны, но продолжаютъ пользоваться правами гражданства и съ успѣхомъ служатъ наукѣ даже и въ то время, когда новѣйшие факты указываютъ на необходимость принятия новыхъ, болѣе совершенныхъ гипотезъ. Примѣромъ такого хода изученія явлѣній природы можетъ служить исторія гипотезъ о неѣсомыхъ жидкостяхъ, всепѣло господствовавшихъ въ физикѣ до развитія ученія о волнообразованіи движений.

Въ ученіи о подпорныхъ стѣнкахъ господствуетъ въ настоящее время теорія призыва обрушепія, не смотря на то, что уже положено начало болѣе совершенной теоріи равновѣсія безконечно малыхъ элементовъ, и гипотезу проф. Паукера—взаимодѣйствія двухъ призмъ.

Въ младомъ еще ученіи о равновѣсіи естественныхъ оснований мы въ настоящее время имеемъ двѣ гипотезы, а именно—гипотезу Rankine'a—равновѣсія двухъ смежныхъ безконечно малыхъ элементовъ, и гипотезу проф. Паукера—взаимодѣйствія двухъ призмъ.

Посмотримъ, какая же изъ этихъ гипотезъ представляется наиболѣе удобною для возможности построенія на ней удовлетворительной теоріи сопротивленія естественныхъ оснований на сплошныхъ тѣлахъ.

Гипотеза Rankine'a, при условіи введенія въ нее поправки, а именно допущенія постепенности вращенія эллипсовъ напряженій, безспорно должна привести къ наиболѣе вѣрному и полному решению вопроса, но аналитическая трудность такого пути на столько велика, что въ настоящее время въ аналогичномъ вопросѣ — о подпорныхъ стѣнкахъ — отъ него принуждены были отказаться даже такие ученыe, какъ Winkler и Boussinesq.

Остается гипотеза проф. Паукера. Посмотримъ, насколько же она удовлетворительно разработана Янковскимъ. Я разумѣю, конечно, его вторую формулу, такъ какъ первая, сослужившая свою службу, уже можетъ быть сдана въ архивъ.

Рассмотримъ его общую формулу:

$$H = \Delta \frac{(h+z)^2}{2z} - \frac{z}{2}.$$

Въ этой формулы H есть функция φ , h и b . Для одного и того же грунта φ остается постояннымъ, а потому попробуемъ исследовать зависимость H только отъ h и b или, что тоже, отъ $z = \frac{b}{tg \alpha}$, такъ, какъ $tg \alpha = const$.

1) Принимая b , или z постоянными, формулу можно написать въ слѣдующемъ видѣ:

$$H = (\Delta - 1) \frac{z^2}{2} + \Delta h + \frac{\Delta}{2z} h^2,$$

или

$$H = A + Bh + Ch^2, \quad (A)$$

гдѣ коэффициенты A , B и C — постоянны. Кривая, опредѣляемая послѣднимъ уравненіемъ, есть парабола.

Параболическое возрастание величины H в зависимости от h подтверждается опытами, как это видно изъ графика (черт. 8).

Hagen, на основании своихъ опытовъ надъ осадками моделей фундаментовъ въ песокъ, даетъ эмпирическую формулу, для определения зависимости между H и h , слѣдующаго вида:

$$H = A_1 + C_1 h^2.$$

Это тоже парабола, только нѣсколько иначе расположенная относительно координатныхъ осей.

Такимъ образомъ выводы изъ формулы, Янковскаго въ отношеніи вліянія глубины заложенія на величину предѣльной нагрузки соотвѣтствуютъ наблюдаемымъ явленіямъ.

2) Прииманіе h постояннымъ, ту же формулу, замѣнивъ въ ней z равными ему $\frac{b}{tg\alpha}$, можно представить въ слѣдующемъ видѣ:

$$H = \Delta h + \frac{\Delta - 1}{2tg\alpha} b + \frac{\Delta tg\alpha \cdot h^2}{2} b^{-1},$$

$$\text{или } H = M + Nb + Pb^{-1}. \quad \dots \dots \quad (B)$$

гдѣ M , N и P постоянныя. Кривая, опредѣляемая послѣднимъ уравненіемъ, есть гипербола.

Инженеръ Ф. Зброжекъ, на основании произведенныхъ имъ въ 1876 г. въ камерѣ кессона толстаго бѣга Литейнаго моста опытовъ надъ вдавливаніемъ металлическихъ досокъ въ глинистый грунтъ, даетъ слѣдующаго вида эмпирическую формулу, выражаютую зависимость предѣльной нагрузки отъ абсолютной величины подошвы фундамента:

$$H = M_1 + N_1 \omega, \text{ гдѣ } \omega \text{ величина площади подошвы, } M_1 \text{ и } N_1 - \text{ постоянныя.}$$

Уравненіе это выражаетъ прямую, соотвѣтствующую наблюдаемой намъ вѣты гиперболы, такъ какъ ω пропорциональна b при длине фундамента равной единице.

И такъ, оказывается, что выводы изъ формулы Янковскаго въ отношеніи вліянія ширины фундамента также соотвѣтствуютъ наблюдаемымъ явленіямъ.

Посмотримъ, какое же изъ вліяній сильнѣе—глубина ли заложенія или ширина фундамента? Сопоставивъ выраженія (A) и (B) заложенія h предѣльная высота нагрузки H (а слѣдовательно и пре-

менное сопротивленіе ΔH) возрастаютъ болѣе быстро (пропорционально квадрату h), чѣмъ при увеличеніи ширины фундамента (пропорционально первой степени b), а потому мы въправѣ заключить, что для достиженія значительныхъ сопротивленій основанія гораздо *выгоднее увеличивать глубину заложенія, чѣмъ ширину фундамента*. Послѣдній чисто теоретический выводъ изъ формулы Янковскаго вполнѣ согласуется съ практическими указаніями строителя элеваторовъ въ Чикаго, архитектора Баумана, которая приведены въ сочиненіи «Foundation and Foundation Walls.» by G. Powell.

3) При $h = 0$ формула даетъ

$$H = (\Delta - 1) \frac{z}{2} = (\Delta - 1) \frac{b}{2tg\alpha},$$

т. е. конечную величину для сопротивленія неспанного слоя на поверхности. Существование такого сопротивленія есть фактъ общеизвестный.

Къ слабымъ сторонамъ формулы Янковскаго слѣдуетъ отнести:

1) Наблюдаемая ширина призмы выширія не совпадаетъ съ теоретическимъ; но обстоятельство это не имѣть серьезнаго практическаго значенія.

2) При $\varphi = 0$, $\Delta = 1$; при этомъ оба вида формулы Янковскаго:

$$H = \Delta \frac{(h + z)^2}{2z} - \frac{z}{2} \text{ и } H = 2\Delta h$$

не приводить къ условию равновѣсія плавающаго тѣла ($H = h$); действительно, при $\Delta = 1$, первая формула обращается въ

$$H = h + \frac{h^2}{2z},$$

а вторая въ

$$H = 2h.$$

Послѣдняя неточность формулы объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что при самомъ ее выводѣ были отброшены такие члены, абсолютная величина которыхъ очень мала при значеніяхъ φ большихъ 10° , но которые при $\varphi = 0$ приводятъ формулу къ условію гидростатического равновѣсія *).

*). Безъ отбрасыванія малыхъ членовъ формула Янковскаго имѣть слѣдующий довольно сложный видъ:

$$(Hz + \frac{z^2}{2}) \left(\frac{U}{\sqrt{2}} - V^2 \sin \varphi \right)^2 = \frac{1}{2} (h + z)^2 (1 + \sqrt{2} \sin \varphi)^2$$

гдѣ:

$$z = \frac{b \cos 2\varphi}{\cos \varphi (U - 2 \sin \varphi)}; U = \sqrt{2 \left(1 + \frac{h^2 \cos 2\varphi}{2Hz + z^2} \right)}.$$

Таким образом оказывается, что выведенная на основании гипотезы Пауэра формула Яновского достаточно удовлетворительно определяет величину временного сопротивления песчаных оснований и зависимость ее от глубины заложения и размеров фундаментов, а потому она вправе занять видное место в нарождающейся теории естественных оснований.

Заключим на этом чисто теоретическое соображение о величине временного сопротивления оснований и глубине заложения фундаментов, необходимо сделать еще следующий указания.

Формула Яновского выведена только для сухого песка, а потому применять ее при расчете глубины заложения оснований на обыкновенных землистых грунтах, подобно тому какъ это иногда делаютъ пользуясь формулой Пауэра или Ренкина, по меньшей мѣре преждевременно, такъ какъ въ нашемъ распоряженіи имѣется слишкомъ мало данныхъ для того, чтобы судить, насколько законъ внутреннего равновѣсія тѣл землистыхъ, занимавшихъ среднее мѣсто частью между тѣлами твердыми и смущими, частью между сыпучими и жидкими, подходитъ къ законамъ внутреннего равновѣсія тѣл смущихъ. Следовательно основания располагаются ниже горизонта грунтовыхъ водъ, вліяніе же водъ на величину коэффициента трения грунтовъ совершенно невыяснено. Слои грунтовъ далеко не всегда располагаются горизонтально, а потому возможно расположение однихъ слоевъ по другимъ, въ особенности если между ними встрѣчаются водонесные прослойки. Все это вмѣстѣ взятое лишаетъ насъ возможности при решеніи вопросовъ о глубинѣ заложенія фундаментовъ или о временному сопротивлении оснований руководствоваться однѣми только формулами. Какъ бы ни были совершенны эти формулы, прежде чѣмъ воспользоваться ими, всегда слѣдуетъ вспомнить прекрасные слова Дюпон: «Les formules ne sont que des outils, qui doivent diriger l'intelligence et qui ne peuvent jamais la remplacer».



ГЛАВА I.

23/5
Биды фундаментовъ. Во введеніи было уже указано на то, что между величиною площади основания ω и величиною площади θ , занимаемой самимъ сооружениемъ, возможны слѣдующія соотношения:

$$\begin{aligned}\omega &= 0 \\ \omega &> 0 \\ \omega &< 0\end{aligned}$$

Въ первомъ случаѣ общія формы фундамента могутъ имѣть видъ пирамиды, во второмъ — видъ усѣченой пирамиды, большее основаніе которой соотвѣтствуетъ подошвѣ фундамента. Въ третьемъ случаѣ фундаментъ долженъ бы быть имѣть видъ усѣченой пирамиды, большіе своимъ основаніемъ обращенной кверху. Подобное положеніе фундамента было бы недостаточно устойчивымъ. Съ цѣлью устраненія этой неустойчивости можно было бы въ этомъ случаѣ дѣлать $\omega = 0$ и тѣмъ еще болѣе увеличивать устойчивость всего сооруженія, но это было бы нерационально, такъ какъ при этомъ явилось бы неизбѣжное увеличеніе общаго объема фундамента и связанные съ нимъ затраты на материалъ и работу.

Ввиду этого, въ тѣхъ случаяхъ, когда ω можетъ быть менѣе θ , пользуются особымъ формою фундаментовъ, состоящихъ изъ ряда отдельныхъ опоръ. Отдельные опоры располагаются болѣе или менѣе равномерно по всей площади, занимаемой сооруженіемъ, а потому общая устойчивость всего сооруженія можетъ быть разъе многимъ только менѣе той, какая была бы при $\omega = \theta$.

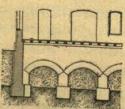
Для того чтобы съ площади θ , занимаемой сооруженіемъ, распределить давленіе между рядомъ опоръ общую площадь ω , пользуются разгрузными арками или особыми рамами, известными подъ названіемъ *растяжекъ*.

Итакъ, если $\omega = 0$ или $\omega > 0$, то фундаменты должны представлять собою сплошные массы, если же $\omega < 0$, то весь фундаментъ можетъ быть разбитъ на рядъ отдѣльныхъ опоръ.

Ввиду этого всѣ фундаменты можно раздѣлить на два главные вида: **фундаменты сплошные и фундаменты, состоящие изъ отдѣльныхъ опоръ.**

Среди сплошныхъ фундаментовъ можно выдѣлить особый типъ, извѣстный подъ называніемъ **фундаментныхъ стѣнъ**. Фундаменты этого типа употребляются въ тѣхъ только случаяхъ, когда и само сооруженіе состоитъ изъ стѣнъ или отдѣльныхъ колоннъ; такими сооруженіями являются всѣ архитектурныя. Если при возведеніи архитектурнаго сооруженія необходимо, чтобы ω была значительно болѣе 0

(площади, занимаемой всѣми стѣнами), то въ такихъ случаяхъ фундаменты устраиваютъ



Черт. 20.



Черт. 21.

вуются не подъ одиѣми только стѣнами, т. е. не въ видѣ фундаментныхъ стѣнъ, а въ видѣ сплошного слоя подъ всѣмъ сооруженіемъ. Въ этомъ случаѣ фундаментъ тоже называется сплошнымъ, но только въ противоположность фундаменту въ видѣ стѣнъ, а не въ противоположность фундаменту въ видѣ отдѣльныхъ опоръ.

Познакомимся съ простѣйшими формами перечисленныхъ нами видовъ фундаментовъ.

Фундаменты, состоящіе изъ отдѣльныхъ опоръ, возводятся подъ такими сооруженіями, которымъ состоятъ изъ стѣнъ, а также и подъ такими, которымъ представляютъ собою сплошные каменные массивы, напр., подъ опорами мостовъ.

Въ первомъ случаѣ отдѣльные столбы, изъ которыхъ составляется фундаментъ, перекрываются арками (черт. 20), если стѣны каменные, или бревнами, называемыми *нижнею обвязкою*, если стѣны деревянныя (черт. 21).

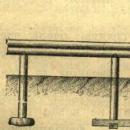
Во второмъ случаѣ столбы перекрываются арками или сводами, смотря по размѣръ опоръ, или деревянными рамами—ростверками, если сами опоры деревянныя.

Отдѣльные опоры дѣлаются изъ камня, дерева или металла. Деревянныя опоры, если длина ихъ велика по сравненію съ попечерными размѣрами, называются *стульями*, если же длина не велика—*стулками*.

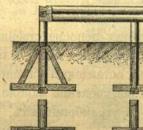
Металль употребляется въ двухъ видахъ—или въ видѣ одной только оболочки опоры, причемъ вся масса посѣдѣющей дѣлается изъ камня, или въ видѣ свай.

Стулья представляютъ собою самый простѣйшій видъ фундаментовъ; употребляются они подъ легкими деревянными зданіями.

Бревна на стулья употребляютъ по возможности толстыя, 7—8 вершковъ, предпочтительно дубовыя. Съ цѣлью предохраненія стульевъ,



Черт. 22.



Черт. 23.



Черт. 24.

отъ скораго сгниванія, ихъ обугливаютъ или обмазываютъ смолою ту часть, которая находится въ землѣ. Стулья все же сгниваютъ скорѣе другія части строенія, но это не представляетъ большого неудобства, такъ какъ ихъ очень легко замѣнить новыми. Чтобы увеличить площадь, на которую передается давленіе, подъ стулья кладутъ болѣе *постелистые* камни или деревянные кресты (черт. 22, 23). На верхнихъ концахъ стульевъ нарубаются пики, на которые и насыживается обвязка. Стулья жилыхъ зданій обыкновенно выходятъ изъ земли приблизительно на 1 аршинъ; промежутки между стульями забираются пластинами или обшивются досками и образуютъ такимъ образомъ *юзоль* деревяннаго зданія (черт. 21 и 24).

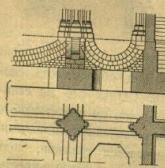
Фундаменты въ формѣ стѣнъ выводятся подъ стѣнами же или подъ рядами отдѣльныхъ колоннъ. Въ стѣнахъ обыкновенно оставляются отверстія для воротъ, дверей; вслѣдствіе этого нагрузка

на фундамент бывает не одинакова по всей длине стены. Чтобы подъять вверх этой неравномерности нагрузки фундаментные стены по дали трещины, в них делается обратных арки (черт. 25). Подобными же обратными арками делятся между отдельными грунтовыми колоннами (черт. 26). Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ эти арки служатъ для распределенія давленія, передаваемаго колоннами или простилями, по всей длине пролета между посыльными. Если разстояніе между колоннами велико, обратныя арки могутъ подвергаться перелому, а потому въ этомъ случаѣ рациональнѣе дѣлать подъ каждую колонну отдельные фундаменты.



Черт. 25.

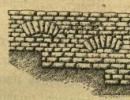
Возводя фундамент непосредственно на грунт, очень часто приходится наталкиваться на боле слабый мѣстъ, какъ например засыпанные колодцы, оставленныя каменоломни, трещины въ скѣлѣ и т. п. Эти мѣста обыкновенно заполняются клацою, бетономъ или засыпаютъ землю и трамбовываютъ, но



Черт. 26.



II-28



Черт. 28

Основание дѣлается уступчатое; въ этомъ случаѣ въ фундаментѣ надъ каждымъ уступомъ дѣлаются инойто небольшую разгруженную арочку (черт. 28) съ целью вынести изъ сферы давления вспышущей угольной основаніи. Для пропуска чрезъ фундаментные стѣны водосточныхъ, водо- и газопроводныхъ трубъ и т. п. въ нихъ оставляются отверстія, которыми перекрываются арками или плитою (черт. 29).

Иногда фундаменты закладываются на значительной глубинѣ отъ поверхности земли: $1\frac{1}{2}$ — 2 сажени. Въ видуъ экономіи

кихъ фундаментныхъ стѣнахъ оставляютъ отверстія, которыя потомъ заполняютъ землею. Отверстія въ фундаментѣ дѣлаются подъ линіями отверстій въ стѣнахъ (черт. 30).

Фундаменты сплошные дѣлаются подъ такими сооруженіями, какъ опоры мостовъ, маки, памятники. Въ гражданскихъ сооруженіяхъ обращаются къ сплошнымъ фундаментамъ въ исключительныхъ только случаяхъ — при слабомъ грунте и чрезвычайно грузомъ сооруженій. Такой случай встрѣтился, напримѣръ, при постройкѣ Исаакіевскаго собора въ С.-Петербургѣ. Сплошной фундаментъ представляетъ себѣ слой каменной кладки болѣе или менѣе значительной толщины (въ Исаакіевскомъ соборѣ 3 сажени), простирающійся на нѣкоторое разстояніе за предѣлы сооруженій въ планѣ.



Черт. 29.



Черт. 30.

Перечисленные виды фундаментов можно назвать *простыми* въ противоположность видамъ *фундаментовъ сложныхъ*, представляющихъ собою комбинаціи изъ простыхъ видовъ, такъ, напримѣръ, верхняя часть фундамента дѣлается въ видѣ стѣны, а нижня—въ видѣ отдельныхъ каменныхъ или деревянныхъ столбовъ (свай).

Въ зависимости отъ способа производства работъ по сооружению фундаментовъ, послѣднія могутъ быть подраздѣлены на дѣлъ категоріи. Къ первой относятся такіе фундаменты, кладка которыхъ начинается на глубинѣ заложенія основаній, въ предварительно вырытомъ для того котлованѣ (рѣв., ямѣ). Фундаменты этой категоріи располагаются на сравнительной небольшой глубинѣ. Ко второй категоріи относятся фундаменты, кладка которыхъ начинается на поверхности земли или воды, рѣзьтъ котлованія при этомъ произ-

водится одновременно съ кладкою фундамента, причемъ послѣдний постепенно погружается въ землю до проектной глубины. Этотъ способъ устройства фундаментовъ употребляется въ случаѣахъ глубокаго ихъ заложенія. По этому способу могутъ быть устраиваемы фундаменты какъ состоящіе изъ отдѣльныхъ столбовъ, такъ и сплошные.

Для возможности подрывки земли изъ подъ погружаемаго фундамента, въ массѣ его располагаются вертикальныя колодцы, въ которыхъ могутъ опускаться рабочіе. Фундаменты этой категории носятъ название *опускныхъ*. Фундаменты первой категории не имѣютъ на русскомъ языке особаго названія, но, въ противоположность опускнымъ, ихъ можно бы называть *воздохимыми* или *нарачимъющими*.

Профиль фундаментовъ. Величина безопаснай нагруки различныхъ строительныхъ материаловъ, разныхъ видовъ кладки и грунтовъ варьируетъ въ широкихъ предѣлахъ. Когда въ передачѣ давленія участвуютъ нѣсколько частей сооруженія, съѣланыхъ изъ различныхъ материаловъ, необходимо, чтобы размѣры каждой части были определены въ зависимости отъ величины донесаемой нагрузки на данный родъ материала.

Величина площади, по которой передается давленіе отъ одной части къ другой, должна быть определена въ зависимости отъ величины безопаснай нагрузки части, съѣланой изъ менѣе прочнаго материала. Такъ, напримеръ, если на единицу площади какой-либо кладки допускается нагрузка въ 5 пуд., давленіе же на эту кладку передается металлическимъ колоннамъ, на единицу площади которой приходится нагрузка, положимъ, въ 150 пуд., то, для возможности передачи этого давленія, колонна внизу должна быть ширеена на столько, чтобы на единицу этой расширенной площади давленіе не превосходило 5 пуд., иначе кладка подъ колонну будетъ перегружена. Вмѣсто ширеенія колонны подъ нее можно положить тутину плиту такихъ размѣровъ, чтобы на каждую единицу площади съченія колонны приходилось въ данномъ случаѣ тридцать единицъ площади плиты.

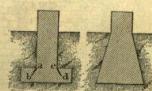
Въ томъ и другомъ случаѣ давленіе отъ колонны *распредѣляется* на болѣшую площадь кладки. Если давленіе, воспринимаемое кладкою, должно быть передано грунту, безопаснай нагрузка

котораго, положимъ, 1,25 пуда на единицу площади, то необходимо, чтобы площадь подошвы кладки была на столько велика, чтобы каждая единица этой площади передавала группу давленіе только въ 1,25 пуда. Такимъ образомъ для передачи давленій, производимаго колонномъ грунту черезъ посредство каменной кладки, необходимо этой послѣдней придать такую форму, чтобы верхняя плоскость ея имѣла площадь, положимъ, 30 кв. дойм., а нижня 120 кв. дойм. Въ этомъ случаѣ верхняя площадь примѣтъ давленіе колонны въ 150 пуд., а нижня передастъ это давленіе грунту, причемъ на каждый квадратный доймъ послѣдняго придется по 1,25 пуд. Такъ какъ сама кладка производить самостоятельно нѣкоторое давленіе на грунтъ, то нижня площадь ея должна быть еще увеличена, сообразно вѣсу кладки. Уширение кладки можно бы было сдѣлать такъ, какъ показано на черт. 31; но при этомъ неизбѣжно произошло бы переломъ по линіямъ *ab* и *cd*. Во избѣженіе такого перелома, уширение кладки должно быть сдѣлано постепенно (черт. 32).

Въ вышеизведенномъ примѣрѣ каменная кладка играла роль фундамента подъ металлическимъ колонномъ. Въ такихъ случаяхъ фундаментъ можетъ имѣть форму усѣченной пирамиды, большее основаніе которой должно служить подошвой фундамента, передающею давленіе колонни основанію. Фундаментъ получитъ форму усѣченной пирамиды потому, что онъ могъ быть расширенъ во все стороны; еслибы фундаментъ этотъ поддерживалъ длинную стѣну, то онъ могъ бы быть расширенъ только по направлѣнію перпендикулярному къ длигѣ стѣнѣ и съченіе такого фундамента плоскостью, перпендикулярно къ длигѣ стѣнѣ, имѣло бы фигуру трапеции. Трапеция и есть рациональный теоретический профиль фундамента.

На практикѣ обыкновенно уклоняются отъ этого теоретическаго профиля въ силу различныхъ соображеній, имѣющихъ свое разумное основаніе.

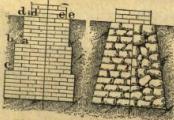
Опускные фундаменты, погружаемые на значительную глубину въ землю, имѣютъ обыкновенно цилиндрическую форму, слѣдовательно, профиль ихъ прямугольный; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, однако, боковыми стѣнками такихъ фундаментовъ придаютъ нѣкоторый



Черт. 31. Черт. 32.

уклонъ, но не ради увеличения площади подошвы, а для уменьшения троицъ боковыхъ стѣнокъ о грунтъ при опускании фундамента.

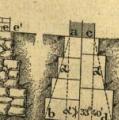
Фундаменты, возводимые кладутся обыкновенно изъ бутового камня или кирпича. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ образование правильныхъ плоскостей наклонныхъ граней фундамента представляетъ нѣкоторыя затрудненія. Для образования правильной наклонной плоскости при кирпичной кладкѣ потребовалась бы пристека кирпича, тогда какъ нѣтъ никакой надобности, чтобы наклонные грани фундамента были непремѣнно плоскими. Наклонные грани могли бы быть образованы также постепеннымъ напускомъ кирпичей, но и это представляло бы то неудобство, что для каждого ряда кладки пришлось бы подгонять кирпичи, т. е. тратить



Черт. 33.



Черт. 34.



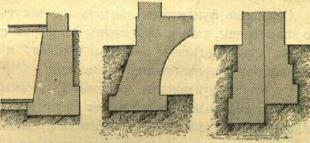
Черт. 35.

Черт. 36.

напрасно работу и матеріалъ. Ввиду этого, постепенное уширение кирпичныхъ фундаментовъ дѣлается посредствомъ уступовъ (черт. 33). При бутовой кладкѣ получение наклонныхъ граней не представляетъ такихъ затрудненій, какъ при кирпичной, такъ какъ все равно нужно подгонять отдельные камни (черт. 34), но и въ этомъ случаѣ уширение фундаментовъ въ инженерныхъ сооруженіяхъ дѣлается большою частью тоже помощьюъ уступовъ (черт. 35), между прочими, съ целью облегченія расчета количества кладки въ фундаментѣ. Въ каждомъ уступѣ стѣнка раздѣляетъ ширину и высоту уступа, т. е. размѣры *ab* и *bc* (черт. 33 и 35). Ширина уступа въ кирпичковъ, иногда же выражается четвертью кирпича, т. е. 3 вершками; въ бутовой кладкѣ, въ зависимости отъ размѣровъ камней, уступовъ не должны превосходить высоты ихъ. Полное же уширение фундамента въ каждую сторону опредѣляется изъ того условія,

чтобы линіи *ab* и *cd* (черт. 36), были наклонены къ вертикали подъ угломъ менѣе $33^{\circ} 40'$, т. е. чтобы отношеніе полного уширения фундамента съ каждой стороны къ высотѣ не превосходило $1 : 1\frac{1}{2}$. Въ противномъ случаѣ въ самомъ фундаментѣ легко могутъ произойти трещины по направлению линій, весьма близкихъ къ *ab* и *cd*. Отношеніе $1 : 1\frac{1}{2} = \tan \alpha = \tan 33^{\circ} 40'$. Уголъ α называется угломъ распространенія давленія внутри кладки. Величина его выяснилась путемъ наблюдений надъ распространеніемъ трещинъ въ каменныхъ кладкахъ, подвергнутой дѣйствию сосредоточенной нагрузки.

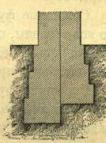
Ширина фундамента въ верхней его части всегда дѣлается больше соотвѣтственной ширинѣ стѣны (черт. 33—35). Площадки *dd'* и *ee'* называются обрѣзками. Дѣлается это, во-первыхъ, вслѣдствіе того, что разбивка и кладка фундаментовъ въ землѣ не можетъ отличаться болѣе по точ-



Черт. 37.



Черт. 38.



Черт. 39.

ностью, а потому необходимо имѣть запасъ въ ширинѣ для того, чтобы при окончательной разбивкѣ сооруженія, по возведенію фундамента до поверхности земли, стѣны никогда не оказались на вѣсу; во-вторыхъ, фундаменты подвергаются дѣйствию сырости, по чому медленно крѣпнутъ, и кладутся изъ болѣе грубой кладки, безопаснайшая нагрузка которой меньше допускаемой для видимыхъ частей сооруженія. Величина обрѣзъ въ бутовой кладкѣ дѣлается обыкновенно не свыше 0,10 саж., а кирпичной—не болѣе полукирпича.

Профиль фундамента дѣлается или симметричный относительно вертикальной оси (черт. 33—35), или несимметричный (черт. 37—39).

Симметричный профиль придается фундаменту въ тѣхъ случаяхъ, когда воспринимаемое фундаментомъ давленіе совершенно вертикально или весьма мало отклоняется отъ вертикали.

Несимметричный профиль придается фундаменту въ тѣхъ случаяхъ, когда воспринимаемое давленіе значительно отклоняется отъ вертикали. Такъ, если глубокій фундаментъ играетъ роль подпорной

стѣнки, напримѣр въ глубокихъ подвалахъ, его дѣлаютъ несимметричными, упирющими во внутрь сооруженія (черт. 37); фундаменты, поддерживающіе части сооруженія, подверженны боковому распору, каковы своды, дѣлаются тоже несимметричными, упирющими въ наружу, съ цѣлью увеличенія устойчивости фундамента противъ опрокидыванія (черт. 38).

Фундаменты стѣнъ городскихъ смежныхъ строеній, согласно строительному уставу, не должны имѣть вѣнчаний обрѣзовъ и уступовъ. Въ этихъ случаяхъ необходимость упиренія фундамента книзу даже и при строго вертикальномъ направлѣніи давленія выываетъ необходимость примѣненія несимметричныхъ профилей (черт. 39).

Силошные фундаменты обыкновенно могутъ быть расширяемы во всѣ стороны, какъ и фундаменты въ формѣ столбовъ; и въ этомъ случаѣ при опредѣленіи величины обрѣзовъ и уступовъ, руководствуются вышеизведенными указаніями.

Силошные фундаменты сооруженій, расположенныхъ на мѣстностяхъ покрытой водою, дѣлаются въ нѣкоторыхъ случаяхъ изъ пакидной кладки, причемъ откосы такихъ фундаментовъ имѣютъ иногда очень значительное заложеніе, доходящее до 5—7 высотъ и болѣе, какъ, напримѣръ, при устройствѣ моловъ, подверженныхъ дѣйствію морскихъ волнъ.

Фундаменты гражданскихъ сооруженій. Въ такихъ сооруженіяхъ какъ мосты, доки, пiersы, фундаменты обыкновенно представляютъ собою слои силошной каменной кладки. Иногда въ массѣ такихъ фундаментовъ оставляютъ пустоты, стъ единственную, однако, цѣлью удешевить или облегчить фундаментъ. Если фундаменты поддерживаютъ стѣны гражданскихъ зданій, то они обыкновенно имѣютъ форму стѣнъ и ими можно пользоваться для образования подвальныхъ помѣщеній, т. е. помѣщеній, горизонтъ пола которыхъ расположены ниже поверхности земли. Подвалами пользуются или для устройства жилья, или для склада товаровъ, дровъ и т. п. Если фундаментными стѣнами пользуются для образования подваловъ, особенно жилыхъ, обыкновенно избѣгаютъ уступовъ съ внутренней стороны, такъ что профиль фундамента принимаетъ видъ, показанный на чертежѣ 40-мъ.

Фундаментъ оканчивается у поверхности земли, стѣны же расположаются обыкновенно не на фундаментѣ непосредственно, а между ними вводится особая часть зданія, называемая *цоколемъ*. Цоколь имѣетъ свое эстетическое назначение и конструктивное. Эстетическое назначеніе цоколя — служить видимою опорою сооруженія; безъ цоколя сооруженіе казалось бы вросшимъ въ землю. Наружная отѣска и размѣры цоколя должны соответствовать его эстетическому назначению, выражая солидность, прочность его, какъ опоры. Конструктивное назначеніе цоколя — предохранять стѣну отъ вредного дѣйствія воды и снѣга у поверхности земли; его дѣлаютъ поэтому изъ болѣе прочнаго материала или, по крайней мѣрѣ, облицовываютъ такими.

Подробно вопросъ о цоколяхъ разбирается въ Архитектурѣ; здесь же упоминаемъ о немъ потому, что для образованія подвальныхъ помѣщеній обыкновенно пользуются и цоколемъ.

Такимъ образомъ стѣнами подвального помѣщенія служатъ стѣны фундамента и цоколя; въ послѣднемъ, какъ расположенному выше поверхности земли, устраиваютъ окна для освѣщенія подваловъ. Болѣе или менѣе значительная высота цоколя даетъ возможность пола подвала располагать выше. Положеніе пола подвального этажа, смотря по его конструкціи, можетъ зависѣть отъ горизонта групповыхъ водъ, о которыхъ будетъ сказано ниже. Такъ какъ высота жилыхъ помѣщеній, да и вообще помѣщеній, въ которыхъ приходится входить людямъ, хотя бы ни времѣя, имѣть свой минимумъ—7—8 фут., то положеніе пола въ подвалѣ можетъ вліять на высоту цоколя. Положеніе пола подвального этажа вліяетъ и на глубину фундамента, подошва которого обыкновенно расположается на 1 арш. ниже пола.

Смотря по назначению подвальныхъ помѣщеній—для жилья или склада товаровъ, они должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: въ случаѣ назначения для жилья—должны быть хорошо освѣщены помоющіе окна и защищены отъ дѣйствія сырости; въ случаѣ назначенія для склада товаровъ, какъ, напримѣръ, провизіи, вина и т. д.—должна быть достигнута возможно большая равномерность температуры зимою и лѣтомъ. Окна въ подвалахъ лѣтомъ служатъ

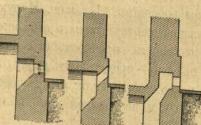


Черт. 40.

для согрівання підвалного приміщення, зимою—для охолодження. Чим більше вікна в підвалі, тім, очевидно, розність температур буде більшою; а потім для підвалових, им'ючих назначення служити складами товарів, потрібно избегати великих вікон, оставляючи лише небольші вікна для провітрювання.

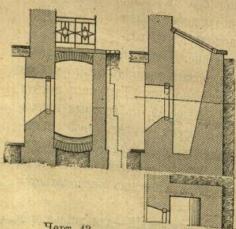
На чертежі 41 показані приклади розташування окон підвалів, які предзначаються для складів товарів.

Нерідко буває необхідно устроїти жилий підвал, причем необхідно підвалом для расположения складів товарів. В таких випадках, наприклад, в пасажирських здіймається на стапінках залізничних доріг, що під підвалом ділиться обмеженою в одному горизонті стілами платформою, а потім підвал неминуче оказується нижче цього горизонту. В таких випадках все же оказується можливим довольно довільно утворити вікнами, розташованими нижче поверхності платформи, причем світъ къ этим окнамъ доходить чрезъ осьбые смотровые колоды, устраиваемые противъ каждого окна (черт. 42). Вместо отдельныхъ колод ющих лучше дѣлать свѣтовые каналы или галлерей (черт. 43) вдоль фундаментнихъ стѣнъ, перекрываемыя іхъ сводами или колодами или галлерей огорождаются перилами. Наружную стінку этихъ галлерей полезно дѣлать наклонною и окрашивать бѣлою краскою, чимъ достигается лучшее освѣщеніе підвалу, вслѣдствіе отраженія світу відъ стінокъ галлерей. Отдельные колоды или от-



Черт. 41.

жень відъ оконъ. Підобніе случаї часто відбуваються, наприкладъ, въ пасажирськихъ здіймається на стапінкахъ залізничнихъ дорігъ, що під підваломъ ділиться обмеженою въ одному горизонті стілами платформою, а потімъ підвалъ неминуче оказується нижче цього горизонту.



Черт. 42.

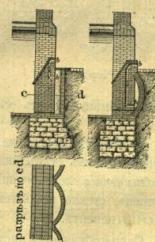
плитою въ тѣхъ мѣстахъ, що въ первому этажѣ приходяться двери. Колоды или галлерей огорождаются перилами. Наружную стінку этихъ галлерей полезно дѣлать наклонною и окрашивать бѣлою краскою, чимъ достигается лучшее освѣщеніе підвалу, вслѣдствіе отраженія світу відъ стінокъ галлерей. Отдельные колоды или от-

верстія въ галлерейкахъ иногда покрываються стекломъ, чтобы, пропускай світъ, защищать галлерею відъ дождевой води. Якщо цього не дѣлается, то для отвода въ сторону води, попадающей въ галлерею, дну її дають уклонъ. При отдельныхъ колодахъ отводить воду можно поміжъ трубами.

Свѣтовыя галлереи, помимо прямого назначенія, оказываються чрезвычайно полезными для предохраненія фундаментнихъ стѣнъ відъ дії грунтової сырости. Дійсно, земля не касається фундаментнихъ стѣнъ на глубину свѣтовыхъ галлерей, а движение воздуха въ такій галлерей способствує осушенню фундаментнихъ стѣнъ.

Предохраненіе фундаментныхъ стѣнъ отъ сырости. Вслѣдствіе полезнаго впливу свѣтовыхъ галлерей на сухость фундаментнихъ примѣщений, иногда приблизяется къ устройству ихъ въ тѣхъ случаяхъ, коли ими не пользуются для освѣщенія. Іное назначеніе такихъ галлерей отражается и на іхъ конструкції. На чертежѣ 44-му показана осушительная галлерей, представляющая собою плоский сводикъ, ось котораго горизонтальна. На чертежѣ 45-му, вмѣсто длинной галлерей, показанъ рядъ небольшихъ колодъ, образуемыхъ сводиками, им'ющими ось вертикальную. Въ обоихъ случаяхъ для провітрювання пространства между сводиками и стѣною устраивается сообщеніе его съ наружнимъ воздухомъ небольшими каналами, расположеннымими по направлению *bb*.

Въ значителю меншої степеніи та же цѣль можетъ быть достигнута облицовкою фундаментныхъ стѣнъ простымъ кирпичемъ съ оставленіемъ воздушныхъ прослойковъ или облицовкою кирпичемъ пустотелымъ, какъ это показано на черт. 46 и 47. Въ обоихъ случаяхъ облицовывается та сторона фундамента, которая обращена во внутрь підвалного примѣщенія. Пустотелымъ кирпичемъ пользуются часто для облицовки старыхъ уже фундаментныхъ стѣнъ.



Черт. 44.

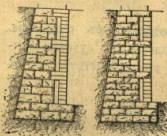
развѣтвленіе св.

стѣнъ

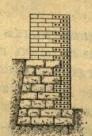
При этомъ облицовка держится однимъ только цементнымъ растворомъ (черт. 48).

Къ числу мѣръ, принимаемыхъ противъ сырости фундаментовъ, относятся еще и слѣдующія: обкладка фундамента матюю глиною, кладка всего фундамента на цементномъ растворѣ, кладка облицовки на асфальтѣ, покрытие боковой поверхности фундамента слоемъ асфальта, паконент, обмазка его различными патентоваными веществами (напр. экскаваторомъ и т. п.).

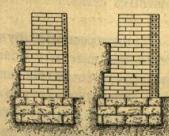
Во всѣхъ перечисленныхъ случаяхъ галлерей, колодцы, облицовки и т. д. предназначаются для предохраненія стѣнъ подвала-



Черт. 46.



Черт. 47.



Черт. 48.

иныхъ помѣщений отъ сырости, могущей проникнуть въ нихъ со стороны.

Чтобы стѣны подвала не проницали сырости снизу, въ толщи фундаментныхъ стѣнъ, ниже пола подвала, кладутъ такъ называемые изолирующие слои; лучшими материалами для такихъ слоевъ служатъ: свинецъ, стекло, асфальтъ и асфальтовый толь, употребляются также чистый цементъ.

Свинецъ кладется листами въ $\frac{1}{32} - \frac{1}{16}$, асфальтъ — слоемъ въ $\frac{3}{8} - \frac{1}{2}$, чистый цементный растворъ (безъ песка) кладется слоемъ въ 0,01 саж. Стекло кладется небольшими кусками въ закрой на слой цементного раствора. Асфальтовый толь стелется полосами во всю ширину фундамента, по выровненной растворомъ поверхности, стыки перекрываются со смазкою ихъ горячимъ смолою.

Чтобы сырость не проникала въ подвалное помѣщеніе черезъ полъ, въ послѣднемъ также прокладываются изолирующий слой.

Сырость грунтовая или отъ дожда и снѣга, вслѣдствіе волос-

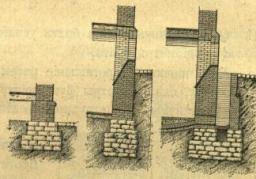
ности, легко поднимается по стѣнамъ и можетъ достигать до высоты третьихъ этажей. Чтобы предотвратить это явленіе, обыкновенно на высотѣ верхней поверхности фундамента и цоколя, или, по крайней мѣрѣ, только на высотѣ цоколя кладется особый изолирующий слой (черт. 49). Въ послѣднемъ случаѣ можно вполнѣ довольствоваться асфальтовыми толемы, какъ это и было сдѣлано при постройкѣ зданія Николаевскаго Общежитія студентовъ Инст. Инж. П. С.

На чертежѣ 50 показано полное предохраненіе подвала отъ дѣйствій сырости изолирующими слоями и осушительными галлерейми.

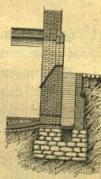
Изолирующие слои обыкновенно кладутся при самому, возведеніи сооруженій, но бываютъ случаи, когда необходимость въ прокладкѣ такихъ слоевъ обнаруживается только по окончаніи постройки. Въ такихъ случаяхъ прокладка слоевъ сопряжена со большими трудностями, но все же исполнима. Примѣромъ, блестящимъ исполненіемъ такой работы можетъ служить прокладка слоя въ толщи стѣнъ дома Управления Екатерининской жел. дороги, служившаго когда-то для склада соли. Для прокладки слоя въ стѣнахъ пробивались длинные, на небольшой высотѣ сквозныя отверстія, въ нихъ клался слой асфальта, а затѣмъ отверстія закладывались кирпичемъ. Послѣ затвердѣнія кладки въ этихъ отверстіяхъ, пробивались другіе, въ промежуткахъ между первыми, и такимъ же образомъ задѣлывались. Этимъ способомъ удалось положить непрерывный слой асфальта подъ всѣми стѣнами дома, послѣ чего сырость совершенно изъ него исчезла.

Наиболѣе радикальными средствами устраненія бреднаго вліянія грунтовой воды на сооруженія является значительное пониженіе горизонта этихъ водъ, путемъ дренажированія грунта, и отводъ этихъ водъ въ сторону.

Фундаменты подъ машины. Машины во время ихъ хода подвергаются дѣйствію усилий, стремящихся ихъ сдвинуть или опро-



Черт. 49.



Черт. 50.

кинуть. Собственная устойчивость машинь, определяемая ихъ размѣрами и вѣсомъ, обыкновенно бываетъ недостаточна для противодѣйствія сдвигу или опрокидыванію, а потому съ пѣнко ея увеличеній подъ машину устраиваютъ фундаменты, къ которымъ ихъ и прикрепляютъ при помощи такъ называемыхъ *фундаментныхъ болтовъ*. При проектированіи машинъ обыкновенно опредѣляются величина усилий, стремящихся ее сдвинуть или опрокинуть и сообразно съ ними назначаются размѣры фундаментныхъ болтовъ. Диаметры болтовъ опредѣляются изъ условій:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} R (1)$$

гдѣ Q — действующее на болтъ усилие,
 d — диаметръ болта,

R — прочное сопротивление разрыва болтового жѣлѣза.

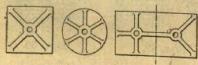
Поэтому, зная діаметръ фундаментныхъ болтовъ какої-либо машины и величину R , нетрудно опредѣлить величины усилий, которыми можетъ подвергаться фундаментъ и которымъ онъ долженъ противостоять. Усилие Q , стремящееся разорвать болтъ или вырвать его изъ фундамента, передается кладкѣ фундамента при помощи чугунной подкладки (черт. 51), располагаемой подъ головкой болта или подъ гайкою.

Обыкновенно подъ чугунную подкладку помѣщаются каменную плиту (черт. 52). Для пропуска болта въ каменной плитѣ выдалбливается сквозное отверстіе.

Виду того, что машина можетъ подвергаться случайнымъ усилиямъ, болты имѣютъ чѣмъ Q , а равно ввиду того, что выгоднѣе, чтобы разорвался болтъ, а не разрушился фундаментъ, при разсчетѣ усилия, мотущаго передаваться кладкѣ фундамента чрезъ посредство прокладки ab , принимаютъ:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} R' (2)$$

гдѣ R' — временное сопротивление разрыва болтового жѣлѣза, а не прочное.



Черт. 51.

Площадь P подкладки ab и длину L фундаментного болта опредѣляютъ изъ условій, чтобы T , вѣсъ объема кладки площадью P и высотою L , былъ бы равенъ Q (2), т. е. чтобы

$$T = P \cdot L \cdot \delta = \frac{\pi d^2 R'}{4}$$

гдѣ δ — вѣсъ единицы объема кладки.

При опредѣлѣніи величины площади подкладки, очевидно, необходимо удовлетворить условію

$$\frac{Q}{P} = r$$



Черт. 52.

гдѣ r — прочное сопротивление кладки или каменной плиты.

Если машина прикрепляется къ фундаменту болтами разнаго діаметра, то обыкновенно болты дѣлаютъ одинаковой длины, а измѣняются только размѣры подкладокъ.

Болты укрѣпляются въ кладкѣ фундамента наглухо (черт. 52) или же свободно (черт. 53). Первый способъ примѣняется главнымъ образомъ при машинахъ сравнительно небольшихъ или работающихъ покойно, а второй — при машинахъ большихъ и работающихъ не равнотѣмно. Въ первомъ случаѣ болты устанавливаются во время кладки фундамента, плотно задѣлываются камнемъ и заливаются цементомъ. Иногда такие болты кромѣ головокъ или гаекъ связываются съ кладкою фундамента при помощи чекъ, пропускаемыхъ чрезъ болты на разныхъ высотахъ *). Во второмъ случаѣ болты можно установить послѣ окончанія кладки фундамента, изъ которому оставляются вертикальные каналы для болтовъ и ниши для распо-

*). Этимъ же способомъ укрѣпляются въ фундаментахъ гражданскихъ сооружений болты, служащие для удержанія чугунныхъ патъ, на которыхъ устанавливаются металлическіи колонны.

ложея подкладок. Для свободного доступа к ниппелям, в которых помешаются гайки болтов, в фундаментъ дѣлаются небольшія галлерей. Галлереи перекрываются сводиками, а ниши—каменюю плитою, из которой непосредственно и прилагается чугунная подкладка. Иногда, как напр. при устройствѣ фундаментовъ подъ прокатные стапы (черт. 53), часть галлереи оставляется не закрытою для возможности расположения въ ней противовѣсовъ, поддерживающихъ вѣрхній вальцы.

Машинные фундаменты кладутся изъ кирпича, бутового камня или бетона; частіе фундаментовъ, выступающіе выше поверхности пола, облицовываются тесомъ камнемъ или кирпичемъ; поверхъ фундамента обыкновенно кладется тщательно вытесаная каменная плита. Разѣбрь этой плиты всегда дѣляются немногими болѣе размѣровъ чугунной фундаментной доски, на которой непосредственно покоятся машины.

Отъ постолинныхъ сотрясений, испытываемыхъ машинами во время езды и передаваемыхъ фундаменту, послѣдний, будучи жесткимъ, можетъ постепенно разстѣряться. Жесткость фундамента можетъ временно отражаться на самой машинѣ. Поэтому въ послѣднее время стали стремиться придавать каменнымъ фундаментамъ подъ машинами нѣкоторую упругость. Достигается это кладкою фундамента не изъ цементного раствора, а изъ асфальта. Асфальтъ для кладки фундаментовъ приготавливается такъ же, какъ и для кладки мостовыхъ, а именно распльвается въ большихъ количествахъ и къ нему примѣшиваются крупный песокъ. Положивъ слой асфальта, на него накладываютъ камни, заполняютъ слой асфальтомъ пустоты, а затѣмъ ихъ тщательно расщебенизываютъ. Чтобы камень хорошо спѣшился съ асфальтомъ, онъ долженъ быть совершенно сухимъ; иногда камень передъ укладкою подогреваютъ на кострахъ.

Упругость фундамента, достигаемая кладкою его изъ асфальта, бываетъ однако недостаточна для машинъ, работа которыхъ сопровождается сильными толчками или ударами, каковы напр. паровые молоты. Въ подобныхъ случаяхъ прибегаютъ къ особымъ типамъ фундаментовъ, извѣстныхъ подъ названиемъ *фундаментовъ упругихъ*. На чертежѣ 54 показанъ примеръ сложного машинного фундамента подъ паровой молотъ; подъ станиною устроена обыкновенный жесткий фундаментъ, а подъ наковальнюю—упругий. Упругий фунда-

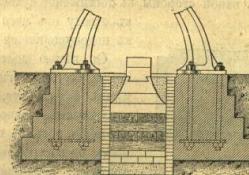
ментъ состоитъ изъ слоя песка, покрытаго двумя рядами тесовой кладки, на которой лежитъ нѣсколько сплошныхъ слоевъ дубовыхъ брусьевъ, положенныхъ рядами поперемѣнно вдоль и поперекъ. На этихъ брусьяхъ непосредственно становится чугунный стулъ, несущий на себѣ наковальнюю. Весь упругий фундаментъ въ этомъ случаѣ располагается въ колодцѣ, оставленномъ въ жесткомъ фундаментѣ подъ станиною. Въ этомъ случаѣ упругий фундаментъ, очевидно, можетъ сидѣть независимо отъ жесткаго. Иногда упругий фундаментъ располагаютъ на кустѣ свай; забитыхъ въ притыкъ одна къ другой слоями по всей плошади, занимаемой упругимъ фундаментомъ.

Общий вѣсъ фундамента подъ паровой молотъ долженъ быть въ 40—80 разъ больше вѣса самого молота. При этомъ только условій сотрясений имъ производимымъ могутъ, такъ сказать, поглощаться фундаментомъ и не передаваться дальше.

При установкѣ нѣкоторыхъ приборовъ и инструментовъ, каковы точные измѣрительные, астрономические и т. п. приходится заботиться о томъ, чтобы они не могли получать никакихъ сотрясений. Это достигается установкою ихъ на отдельныхъ фундаментахъ, и такимъ устройствомъ этихъ послѣднихъ, при которомъ устраивается непосредственная связь между ними и верхними слоями земли.

Наиболѣе удачною конструкцією такихъ фундаментовъ является слѣдующая: Опускаюю колодецъ, погруженный на значительную глубину въ землю, до слоя вполнѣ благонадежного грунта, въ нижней части сплошь заполненія каменной кладкою, на которой и возводится отдельный фундаментъ, не касающійся стѣнокъ колодца.

Фундаменты подъ заводскія печи. Для возможности поддержания въ заводскихъ печахъ очень высокой и разномѣрной температуры въ теченіи достаточно большого промежутка времени, необходимо чтобы фундаментъ подъ печью обладалъ по возможности



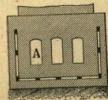
Черт. 54.

меньшою теплопроводности, такъ какъ замѣчено, что наибольшее охлажденіе печи идеть черезъ ея подъ. Съ цѣлью достижениія наименьшей теплопроводности фундамента, для кладки его пользуются предпочтительно кирничемъ, какъ материаломъ менѣе теплопроводнымъ, чѣмъ камень; въ толщѣ фундамента оставляютъ закрытые камеры *A* (черт. 55), т. е. такія, въ которыхъ воздухъ не можетъ перемѣщаться. Этой же цѣли можно достигать и употребленіемъ простотѣлого или пористаго кирпича.

Малая теплопроводность въ значительной степени зависитъ отъ сухости фундамента, а потому принимается рядъ мѣръ, клонающихся, съ одной стороны, къ достижениію сухости фундамента, а съ другой

къ отводу отъ него воды или по крайней мѣрѣ къ недопущенію ея до фундамента.

Съ цѣлью достижениія сухости фундамента, его кладутъ на гидравлическомъ растворѣ, въ толщѣ фундамента, ближе къ наружнымъ его порностямъ, располагаютъ ряды канавокъ, по которымъ могъ бы циркулировать воздухъ. Мѣстность, на которой возводится печь, тщательно дренируетъ, поднимается присыпкою гравія или песку. Боковая поверхность фундамента облицовывается клинкеромъ, покрывается слоемъ асфальта и т. п. Наконецъ, въ крайнихъ случаяхъ весь фундаментъ кладется въ желѣзномъ ящикѣ, называемомъ кожухомъ, иногда — кессономъ.



Черт. 55.

ГЛАВА II.

Изслѣдованіе грунтовъ. Грунты изслѣдуются съ поверхности и на некоторую глубину. Изслѣдованіе съ поверхности заключается въ тщательномъ осмотрѣ мѣстности, избраной подъ сооруженіе. Иногда по наружному виду поверхности можно выявить заключить и о внутреннемъ строеніи. Этому много способствуютъ обрывы, обвалы, ратники, образовавшіеся отъ потоковъ воды. При осмотрѣ мѣстности полезно распрашивать мѣстныхъ жителей: что было раньше на этомъ мѣстѣ, не было ли здесь какихъ построекъ, колодцевъ, не

добывались ли строительные материалы и т. п. Слѣдуетъ убѣдиться, пѣтъ ли засыпанныхъ рвовъ, овраговъ и т. п.

Болѣе определеннымъ свѣдѣніемъ о грунтахъ получаются изслѣдованіями его въ глубину.

Глубина, на которую производится изслѣдованіе, или развѣдка грунта, зависитъ отъ груза сооруженій и вообще его важности. Въ большинствѣ случаевъ приходится довольствоваться глубиною въ 5—6 саж., рѣдко до 10 саж. *). Если встрѣчается слоистой пластъ надежного грунта, то развѣдкаклонится къ нему, чтобы убѣдиться, имѣетъ ли этотъ пластъ толщину, достаточную для безопаснаго расположения на немъ сооруженій.

Земная кора состоитъ изъ громаднаго количества пластовъ различныхъ горныхъ породъ, отличающихся своимъ составомъ и свойствами, обусловливаемыми способомъ ихъ происхожденія. Въ послѣднѣмъ отношеніи всѣ горныя породы можно раздѣлить на слѣдующія категории: *коренные породы*, самостоятелнаго происхожденія, образовавшіяся путемъ вулканическимъ, воднымъ или органическимъ развѣ современной эпохи; это, такъ сказать, остатокъ земли. Подъ влияніемъ атмосферныхъ дѣятелей коренные породы выѣгривались, разрушались въ смыслѣ химическомъ, и слой такой выѣгрившейся породы, залагавшей непосредственно на коренную, изъ которой она образовалася, называется *элювиемъ*. Коренные породы разрушались также механически, сколки ихъ уносились водными потоками, которые размывали и элюзировали. Матеріалъ, уносившійся потоками, складывался въ долинахъ; слой такихъ напосыпь, образовавшихся въ до-современную эпоху и успѣвшій сильно уплотниться, известны подъ наименіемъ *дилювія*.²⁴⁾

Вследствіе охлажденія земной коры, послѣдняя трескалась и трещины заполнялись или продуктами вулканическихъ изверженій или наносами разрушенныхъ породъ. Подъ влияніемъ того же охлажденія и измѣненія объема горныхъ массъ, вслѣдствіе землетрясеній, вулканическихъ изверженій, поднятий и опусканий земной коры, бокового давленія смежныхъ массъ, образованійся ранѣе пласти подвергались *дислокациіи*, т. е. относительному перемѣщенію. Смотри

*.) Развѣдки грунта въ нижнепрѳнѣ дѣлѣ производятся не только для определенія системы основаній, но и во многихъ другихъ случаяхъ и глубина такихъ разбѣдокъ бываетъ иногда довольно значительна.

по тому, действовали ли силы мгновенно или медленно, также в зависимости от большей или меньшей упругости массы, дислокация выражалась или в совершенном измениении залегания отдельных пластов—опрокидываний, разрывов, или ограничивалась изгибом, сдвигом пластов. Вследствие этого в настоящем времени земная кора в разрезе представляет собою крайне разнообразие, как по составу пластов, так и по характеру их залегания. Как толщина, так и наклон слоев часто изменяется, иногда слои прерываются или круто перемыкают свое направление. Часто в земле попадают трещины, пустоты.

Пласти грунта, образовавшиеся в до-современную эпоху, будуть ли то породы коренные, аллювий или диллювий, которые, смотря по его свойствам, могут быть или не могут удовлетворять условиям безопасности расположения на нем сооружений, известны в строительной технике под названием *материки*.

Разрушительное действие атмосферных дыханий и воды продолжается и по настоящее время, результатами какового являются современные образования продуктов выветривания и отложения насыпей. Эти почвенные пласти грунтов отличаются сравнительной слабостью и в большинстве случаев не могут служить естественным основанием сооружений.

Разведка грунта имеет целью составить понятие как о встречающихся грунтах, так и о характере их залегания^{*)}, поэтому недостаточно сдѣлать разведку в одной какой-либо точкѣ предполагаемого сооружения, если такая разведка дает только понятие о порадѣ стѣнокодаванія одного грунта за другимъ, но не дает возможности судить о характерѣ залегания каждого слоя, что и имѣть

Въ зависимости отъ важности сооружения, его размѣръ въ планѣ и характера залегания слоевъ, сдѣлать дѣлать большее или меньшее число разведокъ. Недостаточность сдѣланный о наслойніи грунтовъ можетъ иногда повести къ очень печальнымъ результатамъ.

Разведки грунта производятся двумя способами—помощью колодца или *шурфовъ* (*шурфование*) и буровыхъ скважинъ (*бурение*).

^{*)} Исследование свойствъ найденныхъ грунтовъ составляетъ предметъ особой задачи.

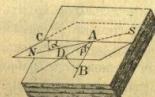
Въ первомъ случаѣ образчики грунтовъ получаются при рѣзѣ колодца (опусканиемъ шурфа), толщина слоевъ и глубина залеганія ихъ относительно поверхности земли измѣряется непосредственно. При проходженіи слоистыхъ породъ колодцемъ, по обдаченіямъ грунта можно опредѣлить положеніе пластовъ, ихъ *пространство и падение*.

Пространство пласта выражается угломъ α (черт. 56), составляемымъ горизонталью линіею *AC*, лежащею въ плоскости пласта, съ направлениемъ *NS* магнитной стрѣлки горного компаса.

Падение пласта выражается угломъ β , служащимъ мѣрою угла между плоскостью пласта и горизонтомъ. Такъ какъ пространство и падение пласта сохраняется неизмѣнными на болѣе или менѣѣ значительномъ пространствѣ, то, опредѣливъ въ одномъ шурфѣ эти данные, можно судить о характерѣ залеганія пласта, и если сооружение занимаетъ не-большую площадь, можно ограничиться однимъ шурфомъ, въ противномъ случаѣ слѣдуетъ опустить несколько шурfovъ.

Буреніе есть тоже рѣзъ колодца или такъ называемой *скважины*, диаметромъ $1\frac{1}{2}$ — $4''$, производимое помощью особыхъ *буровыхъ инструментовъ*. При разбѣжкѣ буреніемъ о свойствахъ грунтовъ судятъ по образчикамъ, добываемымъ буровыми инструментами стъ различной глубины, сама же глубина опредѣляется длиною буровъ. Толщина слоевъ опредѣляется глубиной, съ которой получаются одинаковые образчики грунта. Положеніе пластовъ относительно горизонта не можетъ быть определено однou буровой скважиной, такъ какъ положеніе плоскости опредѣляется тремя точками; отсюда слѣдуетъ, что для выясненія пространства и паденія пласта нужно произвести не менѣѣ трехъ разбѣжекъ буреніемъ.

Пласти часто бываютъ разорваны, положеніе ихъ (пространство и падение) мѣняется, а потому, если сооруженіе занимаетъ въ планѣ большую площадь, слѣдуетъ путемъ несколькихъ разбѣжекъ убѣдиться, не мѣняется ли положеніе пластовъ, опредѣленное однou шурфомъ или тремя буровыми скважинами, въ предѣлахъ площади, которую будетъ занимать сооруженіе. О необходимости дополнительныхъ шурfovъ или буровыхъ скважинъ судятъ по тому, встрѣчены ли въ двухъ смежныхъ шурфахъ или буровыхъ скважи-



Черт. 56.

№ 47

нахъ одинаковые грунты и въ одинаковомъ порядке ихъ слѣдований, или пѣтъ.

Однако, очень часто, пользуясь бурениемъ, ради экономіи ограничиваются одного бурового скважиной даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда сооруженіе нефть большие размѣры въ планѣ, а потому для правильного проектирования такого сооруженія необходимо знать не только порядокъ слѣдованія грунтовъ, но и характеръ ихъ залеганій, выражающейся паденіемъ и простираеміемъ пластовъ. Эта неумѣстная экономія зачастую приводитъ къ весьма нежелательнымъ послѣдствіямъ*).

Развѣдки грунтовъ шурфованіемъ. Развѣдочные колодцы или шурфы роются круглые, прямоугольные или квадратные; круглые шурфы дешевле, такъ какъ при той же ширинѣ площадь ихъ меньше прямоугольныхъ; но ихъ можно употреблять только въ такихъ грунтахъ, которые не осипаются, а потому и не требуютъ укрѣпленія стѣнокъ, затруднительного въ случаѣ криволинейной ихъ формы. Для возможности работать въ шурфѣ, минимальный размѣръ его долженъ быть около $0,6 \times 0,6$ саж.; если же приходится работать киркою, то лучше дѣлать шурфы площадью $0,6 \times 0,85$ саж.

Шурфование производится слѣдующимъ образомъ:

Дѣлается досатая направляющая рама, внутреннее размѣръ которой опредѣляютъ собою величину шурфа, и кладется на землю на томъ мѣстѣ, на которомъ предполагается опустить шурфъ. Когда, такимъ образомъ, назначены размѣры шурфа, приступаютъ къ отрывкѣ земли, обращая вниманіе на то, чтобы стѣнки колодца были ровными и отѣсными. Вертикальность стѣнокъ поддерживается отѣсами, подѣбывающими въ угахъ рамы. Отрывка земли производится желѣзными лопатами; если грунтъ очень плотенъ, приходится его разбивать кирками или кайрами (черт. 57). При болѣе твердыхъ породахъ употребляютъ настаменные клины и молотки. Въ твер-

*.) При изысканіяхъ обходной линіи Вереблинского подъема на Николаевской земл. дор., для изысканія грунта на мѣстѣ постройки Вереблинской трубы, посыпалась высотой около 18 саж., была сдѣлана всего одна буровая скважина. Когда вырыть было хотѣвать, то оказалось, что паденіе скважины настолько велико, что пришлось отзыгаться отъ избранныго мѣста расположения трубы. Всѣ работы по рѣзкѣ этого котлована прошли даромъ — его нужно было засыпать; по изѣканію задерни въ работахъ, новый котлованъ пришлось рѣзть землю въ мѣрзломъ грунте.

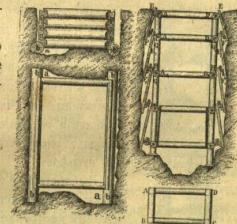
дыхъ породахъ стѣнки шурфа держатся не обваливаются; въ мягкихъ же грунтахъ шурфъ можно бываетъ опускать безъ крѣпленія только на глубину не свыше 1,0 сажени. Иногда для большей безопасноти стѣнки шурфовъ въ плотныхъ грунтахъ расширяютъ до счтатыми рамами, располагая ихъ на разстояніи около 0,5 саж. одну отъ другой. Если замыкается обваливашіе кусочковъ грунта изъ стѣнокъ шурфа, необходимо приступить къ крѣпленію.

Смотря по плотности грунта, для крѣпленія шурфа употребляются доски или пластины. Крѣпленіе дѣлается или горизонтальными вѣнцами, или вертикально поставляемыми досками и горизонтальными распорными рамами.

Вѣнцы нарубаются въ косую лапу. Приготовивъ достаточное количество вѣнцовъ, присту-



Черт. 57.



Черт. 58.

Черт. 59.

паются къ крѣпленію, которое производится частями около одной сажени, начиная снизу. Въ двухъ, болѣе узкихъ, стѣнкахъ шурфа, у дна его, выкалываются по два горизонтальныхъ пальца *a* и *a* (черт. 58), глубиною, смотря по крѣпости грунта, отъ 0,15 до 0,30 саж., въ которыхъ и загоняются пальцы *b*, служащіе основаніемъ крѣпли. На этихъ пальцахъ собираются заготовленные вѣнцы крѣпли. Промежутки между крѣпли и стѣнками шурфа заполняются вынимаемымъ грунтомъ или глиной. Укрѣпленіе такимъ образомъ стѣнки шурфа можно продолжать рѣзкѣ дальше; пройдя еще около сажени, закладываются новые пальцы и на нихъ ставить новое звено крѣпли и т. д. Если земля сильно осыпается, крѣпль можно парализовать постепенно, подводя отдѣльные вѣнцы снизу.

Крѣпленіе вертикальными досками показано на чертежѣ 59 и

производится следующим способом: на месте, где должен быть расположены шурфы, земля выравнивается и на нее кладется бревенчатая рама $ABCD$, внутренние размеры которой равны размерам шурфа. Вокруг рамы забиваются в землю доски EF , длиною 0,6—0,7 саж., съ некоторым наклономъ въ наружу, и затѣмъ производится отрывка земли на глубину немногимъ меншую длину забитыхъ досокъ. По выровненіи дна шурфа, кладутъ вторую раму $A_1B_1C_1D_1$, по размѣрамъ равную первой, а вокругъ забиваются рядъ наклонныхъ досокъ E_1F_1 , располагая ихъ между второй рамою и концами досокъ EF ; промежутки между досками первого и второго ряда расклиниваются. Для того чтобы отдельные рамы $ABCD \dots$ не могли осьдатъ, между ними ставятъ вертикальныя распорки GH , а также черезъ двѣ — три сажени кладутъ рамы съ выступающими концами или пальцами, одинаковыми съ тѣмы, которыя употребляются при крѣпленіи горизонтальными вѣщами. Кромѣ описаныхъ употребляются и другіе способы крѣпления шурфовъ.

Выбрасываніе вырываемаго грунта до глубины 1 саж. не представляетъ затрудненія; при большей глубинѣ употребляютъ перебрасываніе или подиантъ бадьями или мѣшками при помощи ворота, журавля и т. п. Для перебрасыванія, на глубинѣ 0,5—0,6 саж. отъ поверхности земли, устанавливаютъ полку (черт. 60), на которую роющій складываетъ землю; другой рабочий становится на полку и выбрасываетъ сложенную первымъ рабочимъ землю на поверхность. На глубинѣ 0,5—0,6 саж. отъ первой полки устанавливается вторая, на которой работаетъ третій рабочій и т. д. При глубинѣ шурфа смыше 2 саж. удобнѣе и выгоднѣе поднимать землю воротомъ въ бадьяхъ. На воротѣ обыкновенно подиантятся двѣ бадью; когда одна, нагруженная, поднимается, — другая, порожняя, опускается. Обыкновенно на пѣткоторой глубинѣ отъ поверхности встрѣчается вода; пока притокъ ея незначителенъ, ее поднимаютъ бадьями вмѣстѣ съ грунтомъ. При болѣе значительномъ притокѣ, воду отгливаютъ ведрами или насосами самой простѣйшей конструкціи — изъ досокъ или кровельного жалѣза. При значительномъ притокѣ воды шурфо-



Черт. 60.

вание крайне дорого и становится даже невозможнымъ, такъ что поневолѣ приходится обратиться къ буренію.

Посмотримъ, какимъ образомъ помощью шурфа можно определить положеніе пластовъ. Когда пластъ имѣетъ слонистое сложеніе, т. е. легко ломается на слои параллельно плоскости напластованія, или когда удается обнажить плоскость напластованія, его паденіе и простирація легко опредѣлить помощью горюю компаса непосредственно. Когда пластъ съ трудомъ ломается на слои, слѣдовательно, нельзя бывать обнажить плоскость напластованія, нужно хорошо выровнять стѣнки шурфа, на которыхъ обыкновенно и можно бывать замѣтить линіи напластованія. Двѣ такія линіи на сопѣднихъ стѣнкахъ шурфа даютъ возможность определить положеніе плоскости напластованія.

Горный компасъ (черт. 61) состоитъ изъ дощечки $ABCD$, два края которой AC и CD длинею двухъ другихъ AB и BD ; на этой дощечкѣ укрепленъ кругъ съ двумя рядами дѣленій: однимъ помѣнены въ 360° для измѣрения азимута или румбовъ по положеніюмагнитной стрѣлки, другимъ — ненормальныи $90^{\circ} — 0 — 90^{\circ}$ для измѣрения отклоненій отъѣзда въ центръ этого круга подвѣшенамагнитная стрѣлка. На концахъ диаметровъ круга, параллельныхъ краямъ дощечки, написаны первыи буквы странъ свѣта N , S , O , W . На томъ же отѣзѣ, на которомъ повѣшенамагнитная стрѣлка, подвѣшена отѣзъ ri , свободный конецъ котораго имѣетъ видъ вилки, по срединѣ которой установленъ указатель.

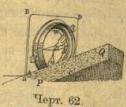
Компасъ, установленный горизонтально, показываетъ величину угла, составляемагомагнитнымъ меридианомъ съ линіею NS , или, что все разно, съ длинными краями дощечки $ABCD$. Компасъ, поставленный въ плоскости вертикальной, показываетъ своимъ отѣзомъ величину угла, образуемаго вертикалью съ линіею OW или, что все разно, съ короткими краями дощечки $ABCD$. Такъ какъ стороны дощечки $AB \parallel CD \parallel OW$ и перпендикулярныя сторонамъ $AC \parallel BD \parallel NS$, то уголъ Ori есть мѣра угла, образуемаго сторонами AC и BD съ горизонтомъ. Если держать компасъ въ вертикальной плоскости такимъ образомъ, чтобы отѣзъ пришелся надъ дѣленіемъ 0° или 360° первого круга дѣленій, то стороны дощечки AB и CD будутъ



Черт. 61.

горизонтальным. Если же указатель показывает 90 или 270°, то горизонтальны стороны AC и BD . Таким образом этот компас может служить вместо уровня и, вместо с тьмы, им можно измерять углы в вертикальной плоскости.

Если помощью этого компаса желаем определить положение какой-либо плоскости PQ (черт. 62), то прикладываем к ней ком-



Черт. 62.



Черт. 63.

пас сторону AC , держа его вертикально таким образом, чтобы отвесь стоял на нульевом делении своей шкалы. Линия касания плоскости PQ со стороной компаса AC , очевидно, будет горизонтальная; назовем ее ac . Поворачиваем компас около линии ac до тех пор, пока онъ не придется в горизонтальное положение (черт. 63). Магнитная стрелка покажет угол, составляемый магнитным меридианом с горизонтальной линией ac , лежащею в плоскости PQ ; этот угол и есть простирание плоскости PQ . Продолжаем вращать

компас дальше около линии ac , какъ оси, до тѣхъ поръ, пока дощечка $ABCD$ не ляжетъ на плоскость PQ (черт. 64), затмъ начнемъ поднимать компас до вертикального положения, вращая его около стороны дощечки AB , соединяющей плоскость PQ по линии ab (черт. 65). Такъ какъ стяг PQ , будетъ перпендикулярна къ ac . Линия ab , лежащая въ плоскости наибольшаго уклона плоскости PQ . Измѣривъ угол Spi , образуемаго плоскостью PQ съ горизонтомъ. Угол Spi и есть па-

Черт. 65.

Черт. 64.

компасъ дальше около линии ac , какъ оси, до тѣхъ поръ, пока дощечка $ABCD$ не ляжетъ на плоскость PQ (черт. 64), затмъ начнемъ поднимать компасъ до вертикального положения, вращая его около стороны дощечки AB , соединяющей плоскость PQ по линии ab (черт. 65). Такъ какъ стяг PQ , будетъ перпендикулярна къ ac . Линия ab , лежащая въ плоскости наибольшаго уклона плоскости PQ . Измѣривъ угол Spi , образуемаго плоскостью PQ съ горизонтомъ. Угол Spi и есть па-

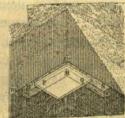
дение плоскости PQ . Горизонтальность плоскости $ABCD$ въ положении, показанномъ на чертежѣ 63-мъ, опредѣляется по равновѣсью магнитной стрѣлки, или особымъ малымъ уровнемъ; при установке компаса въ плоскости вертикальной, какъ показано на чертежѣ 65-мъ, надо смотрѣть за тьмъ, чтобы отвесъ не касался ни къ днишку компаса, ни къ кругу съ дѣленіями. Повторивъ нѣсколько разъ вышеупомянуты манипуляціи для опредѣленія положенія какой-либо наклонной плоскости, легко получить достаточнѣй навыкъ въ обращеніи съ горнымъ компасомъ, постъ чего не трудно опредѣлить положеніе пластовъ грунта, имъ только незначительную его часть обнаженную въ плоскости напластованія.

Вышеизложеннаго достаточно, чтобы опредѣлить простираніе и паденіе пластовъ, на которыхъ удалось обнаружить плоскость наслоненія, а потому не будемъ болѣе на этомъ останавливаться.

Если плоскости наслоненій не удалось обнаружить, а замѣтины на стѣнкахъ шурфа линіи напластованія mm' и nn' (черт. 66), сходящіяся въ одной точкѣ η изъ угловъ шурфа, то положеніе пласта можетъ быть опредѣлено слѣдующимъ образомъ: линія напластованія, сходящаяся въ одной точкѣ, очевидно, принадлежитъ одной и той же плоскости напластованія, а потому опредѣляя собою положеніе ея въ пространствѣ. Чтобы измѣрить простираніе и паденіе этой плоскости, прикладываемъ къ линіямъ наслоненія дѣлки MM' и NN' , а на нихъ кладемъ дощечку PQ . Очевидно, плоскость дощечки PQ параллельна плоскости напластованія, опредѣляемой линіями mm' и nn' . Опредѣливъ вышеизведенными способомъ простираніе и паденіе плоскости дощечки PQ , будемъ знать положеніе плоскости наслоненій пласта.

Если на стѣнкахъ шурфа нельзя найти двухъ линій наслоненія, сходящихся въ одной точкѣ, можно довольствоваться двумя другими, напримѣръ mm' и rr' . Такъ какъ линіи наслоненій параллельны между собою на каждой стѣнкѣ шурфа, то мы можемъ черезъ точку η провести линію mm' , параллельную rr' , а имъ дѣлки rr' , сходящіяся въ одной точкѣ, мы умѣемъ опредѣлить положеніе пласта.

Если линія напластованія не обнаружено, и грунтъ не пред-



Черт. 66.

ставляет слоистого сложения, узнать характер залегания пласта по одному шурпу нельзя и приходится прибывать или к опусканию новых шурfov, или к бурению в других точках местности, избранной под сооружение.

Если при шурфовании встречаются большие камни или ключи, то работа сильно затрудняется и может сдвинуть невозможна. При некоторых обстоятельствах нельзя вытащить из земли саму грунтовую массу, и ее придется разбивать на отдельные части, а затем вытаскивать из земли. Для этого можно использовать различные инструменты, такие как молоток, лопатка, кирка и т. д.

Разведки шурфами, не требуя особых инструментов, а следовательно, и затраты на них, удобны в том случае, если разведочных работ немного, что например при отдельных сооружениях, занимающих небольшую площадь *. Если же построение производится много, как, например, при проведении железнодорог, а глубина разведок значительна, то расходы на приобретение буровых инструментов не играют никакой роли, ложася ничтожным долей процента на стоимость сооружения, а потому при таких работах разведки бурением употребляются по преимуществу.

Буровые инструменты. Если исследование производится на глубину около 1 сажени, например, на дно колодезя под легкое сооружение и т. д., то употребляются щупы, при разведках же на значительную глубину — **буровые инструменты**.

Щупом называется железнный стержень, толщиной 1— $1\frac{1}{2}$ дюйма, длиною около сажени, с заостренным одним концом и обделанным в виде проушины другим. На длине до двух футов от заостренного конца на щупе вдаётся желобок или зарубка, которая смазывается салом для того, чтобы к нему мог приставать грунт, или, еще лучше, высверливается наклонный к оси стержня гнездо, в которое может попадать грунт при вытаскивании щупа. Иногда щуп оканчивается ложбами, описание которой помещено

* Если шурф закладывается в периметр сооружения и опускается ниже основания, то после окончания разведки необходимо заполнить шурф кладкой или бетоном, так как, заполнив его землей, простым уплотнением нельзя достичь первоначальной ее плотности.

ниже. В щупушину вставляется рычаг для вращения и нажимания щупа. О роде грунтов судят: по вытаскиваемым щупом образцам; по виду поверхности самого щупа: сухая глина пачкает щупа, песок и гравий царапают его, синдают ржавчину; по трудности проникания щупа в землю; по характерным звукам, ощущаемым при прохождении различных грунтов, а также при удараах о грунт.

В последнее время появился особого рода винтовые щупы, называемые **американскими бурами**. Эти буры состоят из стержня с проушиною, на другом конце которого имеется один оборот винта диаметром 2—5". Завинтив эту бурь в землю на глубину около 1', можно его выдернуть, а следовательно получить образец грунта. Очистив скважину, завинчивают бурь еще на 1' и т. д. Этими бурами можно делать разведки на глубину до 2 саж., если только грунт не осыпается *).

Буровые инструменты можно разделить на четыре категории: **Буры**, служащие для проникания в грунт и добывания образцов. **При способления для вращения, поднимания, соединения, и поддержания буров.**

Инструменты для выдергивания сломавшихся или засевших буров.

Осадочные трубы, служащие для защиты скважин от обрушения ствола и от заполнения их водою из водоснабжающих скважин.

Рассмотрим каждую из этих категорий инструментов в отдельности:

Буры состоят из трех частей: **головки, штанги и накара.**

Головка бура устраивается различно, смотря по тому, будет ли бурь подавливаться к канату или нет. Иногда головкою пользуются также для укрепления рычагов, которыми вращается бурь. Последнее имеет то неудобство, что, с прониканием бура в грунт,

* Подобные буры большого диаметра очень полезны для рыхлая ям при установке столбов, подмостей и т. п. Этими же бурами удобно пользоваться для сведения земли в горизонтальном направлении, как это и делалось напр. в Царскосельской при проходке водопроводных труб, пересекавших водопроводную канаву ниже ея дна.

головка съ рычагами опускается и рабочие должны постоянно приспособляться къ разному положению рычаговъ. Если буръ подвѣшиается къ канату, то головка должна быть такъ устроена, чтобы вращеніемъ бура не скручивать каната. Достигается это тѣмъ, что головку составляютъ изъ двухъ частей: верхняя, въ видѣ колыца, служить для присѣченія каната, нижня, служащая для подвѣски штанги, соединяется съ верхней помощью оси, около которой она можетъ вращаться относительно колыца. Нижний ее конецъ отдѣляется

такъ же, какъ концы штанги, или имѣть видъ крючка съ двумя параллельными вѣтвями, между которыми захватывается штанга подъ углопленіе (черт. 67). Иногда въ концахъ вѣтвей крючка дѣляются отверстія,透过 которыхъ пропускается шиншель или болтика.

Штанги (черт. 68) служатъ отдѣльными звенями стержня бура, который, по мѣрѣ углубленія скважины, долженъ быть парализованъ, что и достигается прибалансирою новыхъ штангъ. Въ зависимости отъ толщины и длины штангъ, буры можно раздѣлить на два типа — тяжелые и легкіе, или старые и новые. Штанги тяжелыхъ буровъ дѣляются изъ желѣза сплошного квадратнаго сечения, толщиной $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ " и болѣе, длиною 7—10'. Для удобства постепенного парализованія бура, комплектъ легкихъ буровъ дѣляются стальными, трубчатыми, диаметромъ $\frac{3}{4}$ ", длиною 0,5 саж.

Окончности штангъ, помощью которыхъ онѣ соединяются одна съ другой, дѣляются различного вида, при чьемъ соединеніи по возможнѣй быть плотный, парализованіе штангъ должно производиться безъ всякихъ затруднений, штанги не должны раздѣляться сами, чтобы буръ можно было вращать въ обѣ стороны. Наиболѣе употребительномъ, что одинъ конецъ штанги отдѣляется винтомъ, другой —



Черт. 68.



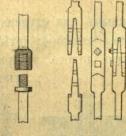
Черт. 67.

гайкой; для крѣпости такого соединенія диаметръ винта долженъ быть равенъ диаметру штанги, а следовательно для гайки должно быть сдѣлано углопленіе на концѣ штанги. Конецъ штанги, отдѣляемый винтомъ, также углопленъ для доставленія упора гайки и образованія гладкаго спаружа соединенія. Длина винта дѣляется меньше глубины гайки, съ тѣмъ, чтобы винтъ не достигалъ дна и при буреніи имѣлъ еще място прѣваться въ гайку. Штанги свинчиваются такъ, чтобы изъ гайки были обращены внизъ, съ тѣмъ чтобы, по возможности, избѣгать засоренія соединенія. Винтовое соединеніе въ такомъ видѣ, какъ оно описано, имѣть то неудобство, что буръ можетъ вращаться только въ одну сторону, иначе штанги развинтятся. Возможность же вращенія бура въ разныи стороны важна въ виду того, что этимъ облегчается выдергивание заѣзжихъ буровъ *).

Рѣже встрѣчается соединеніе винкою (черт. 70); состоитъ оно въ томъ, что одинъ конецъ штанги отдѣляется клиномъ, другой — вилкою, въ которую входитъ клинъ слѣдующей штанги. Сквозь вилку и клинъ проходятъ два болта, обращенные головками въ разныи стороны, для удобства одновременного свинчиванія и развинчиванія. Чтобы болты не могли вращаться при ихъ подталкиваніи, головки болтовъ дѣляются квадратными и располагаются въ небольшихъ углубленіяхъ, сдѣланныхъ въ вилкѣ. Это соединеніе допускаетъ вращеніе бура въ обѣ стороны, но для плотности стыка нужна довольно щадительная пригонка частей.

Для буренія ударами вместо штангъ можно употреблять канатъ, который ускоряетъ подниманіе и опусканіе напарья, но имѣть то неудобство, что высота подъема при ударахъ должна быть меньше, иначе скважина легко можетъ отклоняться отъ вертикального направлѣнія.

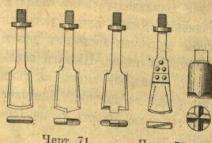
Напары составляютъ нижнюю часть бура, которую производятъ



Черт. 69. Черт. 70.

*). Крайно свинченіе штангъ, особенно если винтъ конический, не сразу скакаетъ, т. е. начинаетъ развинчиваться, потому удастся сдѣлать имиѣсколько оборотовъ назадъ, но во всякомъ случаѣ это рисковано — можно разинтитъ бура.

дится раздробление грунта и добывание образчиков. Напары устраивают сообразно качествам грунта и бывают различного вида, при чём некоторые из них служат только для одного раздробления, другие — для выборки из скважин раздробленного грунта, наконец, трети — для того и другого одновременно.



Черт. 71

Черт. 72. Черт. 73.

Для твердых каменных пород употребляются долота с выпуклым или ступенчатым острым ребром (черт. 71). Выпуклость острия способствует направлению бура по оси скважины; уступы долота ускоряют работу. Так как долота сравнительно скоро изнашиваются, то иногда их делают составными из двух частей, причем нижняя часть, в случае порчи, может быть заменена новою (черт. 72). Для очень твердых пород употребляются коронные буры с несколькими ребрами и остройми (черт. 73).

Долота и коронные буры делаются стальные или насталинные, закаленные и потому отпущены.

Сравнительно недавно для бурения в твердых породах стали пользоваться алмазными бурами. Буры эти состоят из трубчатой штанги с прикрепленным к ней конусообразным напечником, в котором вделано 8—12 черных алмазов (черт. 74). При вращении бура алмазы вытаскиваются из породы колышевым канатом, в среде этого ломается и, будучи вытаскен, может служить обрашением измельченного грунта. Образующаяся при бурении каменная чаша удаляется из скважины струей воды, нагнетаемой через трубину скважину.

Для плотных сухих глин, суглинков и плотно слежавших-



Черт. 74.

ных пород употребляются долота с выпуклым или ступенчатым острым ребром (черт. 71). Выпуклость острия способствует направлению бура по оси скважины; уступы долота ускоряют работу. Так как долота сравнительно

скоро изнашиваются, то иногда их делают составными из двух частей, причем нижняя часть, в случае порчи, может быть заменена новою (черт. 72). Для очень твердых пород употребляются коронные буры с несколькими ребрами и остройми (черт. 73).

Долота и коронные буры делаются стальные или

насталинные, закаленные и потому отпущены.

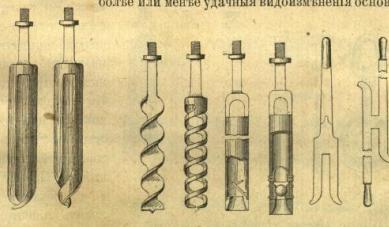
Сравнительно недавно для бурения в твердых породах стали пользоваться алмазными бурами. Буры эти состоят из трубчатой штанги с прикрепленным к ней конусообразным напечником, в котором вделано 8—12 черных алмазов (черт. 74). При вращении бура алмазы вытаскиваются из породы колышевым канатом, в среде

этого ломается и, будучи вытаскен, может служить обрашением измельченного грунта. Образующаяся при бурении каменная чаша удаляется из скважины струей воды, нагнетаемой через трубину скважину.

Для плотных сухих глин, суглинков и плотно слежавших-

гося песка употребляют ложки с тупым или острым концом (черт. 75). Для вязких мокрых грунтов употребляется ложка и штопор (черт. 76 и 77). Для пыльничных и разжиженных грунтов и для вынимания образцов грунта, получаемого работой долота, и для опорожнения скважин от каменной муки, для возможности дальнейшей работы, употребляются различного рода желонки, т. е. полые цилиндры, закрывающиеся снизу клапанами или шарами (черт. 78 и 79).

Кроме только что перечисленных основных форм панарий существуют много других, представляющих собою более или менее удачные видоизменения основных.



Черт. 75.

76.

77.

78.

79.

80.

81.

Приспособления для вращения буров, поднимания, свинчивания и разъединения. Вращение буров производится рычагами железными или деревянными. Соединение рычагов с буром делается или при головке, в которой располагается проушина, или в любой точке штанги. Если штанга квадратная, то рычаги имеют форму крючек, которыми захватываются штанги (черт. 80 и 81); если штанга круглая — рычаги оканчиваются клемцами (черт. 82).

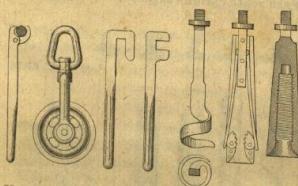
Если бурение производится на глубину около 3—5 саж., то буры, большую частью, вынимаются непосредственно руками; при этом можно обходиться без головки; если же бурение производится на большую глубину, то для поднимания бура употребляются головки и предпочтительно с крючками (черт. 67), которыми штанга под-

хватается под углышение. Головка привязывается к канату, перекидываемому через блок (черт. 83), подвешиваемый к вершине треноги. Чтобы поднятый бур можно было удержать в таком состоянии, употребляются особые вилки, поддерживающие штанги под углышение (черт. 84). Сканингование и разничивание производится вышеписанными крючками, клаещами и вилками.

Инструменты для вытаскивания упавших или сломавшихся буров. Если упавшая штанга не сломана, ее можно вытащить, захватив под углышение особою ловилькою (черт. 85), привинченную к отдельной штанге. На тот случай, если штанга сломалась и захватить под углышение нельзя, придумано множество различных инструментов.

На чертеже 86-м показан прибор с острыми язычками, которые врезаются в штангу. На чертеже 87-м показан кольцо с винтовой конической парижкой, предназначенную для того, чтобы захватить за конец сломавшейся штанги. Инструмент этот годится для штанги любого диаметра.

Осадные трубы. Въ большинствѣ грунтовъ стѣнки скважинъ не могутъ держаться сами собою; онѣ осиняются и засоряютъ скважину. Для устраненія этого употребляются осадные трубы, которыя, по мѣрѣ углубленія бура, наращиваются и осаживаются въ грунтъ. Осадные трубы дѣлаются въ настоящее время исключительно жалѣзными. Трубы дѣлаются изъ тонкаго котельнаго жалѣза, $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{16}$, клепаныя или сварныя (черт. 88 и 89). Нарашивание клеманыхъ трубъ дѣлается при помощи муфтъ и заклепокъ. Заклепки опускаются въ трубу, установленную въ муфту нижней трубы, на отверстіе и расклепываются; для упора заклепки внутри трубы на время склеивания, въ нее опускаютъ или одну изъ ложекъ, ко-



82.

83.

84.

85.

86.

87.

торую прижимаютъ къ одной сторонѣ трубы, или же особый приборъ, показанный на чертежѣ 91-мъ. Раздвигая половинки этого прибора, можно прижать заклепку.



88. 89. 90. Черт. 91.

Черт. 92.

трубъ производится нагрузкою, вращеніемъ и легкими ударами. Для облегченія прониканія трубы въ грунтъ, ее вращаютъ, для чего служитъ приборъ, показанный на чертежѣ 92-мъ и называемый хомутомъ.

Производство буренія. Въ большинствѣ случаевъ бываетъ известна приблизительная глубина, на которую должно быть произведено буреніе, сообразно чему избирается диаметръ скважины и толъ или другой способъ работы, т. е. собственно подниманіе бура.

При глубинѣ буренія до 6—8 саж. можно довольствоваться легкими бурами диаметромъ $1\frac{1}{4}$ ", до 10—12 саж.—легкими же бурами диаметромъ $2 - 2\frac{1}{2}$ ". Въ случаѣ употребленія тяжелыхъ буровъ скважина дѣлается въ 3—4".

При глубинѣ до 3—5 саж. тяжелые буры поднимаютъ руками, при большихъ же глубинахъ—канатомъ, перекинутымъ через блоки, прикрытѣемъ къ вершинѣ треноги, устанавливаемомъ на мѣстѣ предполагаемой скважины. Канатъ приводится въ движеніе или непосредственно руками, или навиваясь на воротъ или лебедку. Воротъ дѣлаютъ обыкновенно горизонтальный и укрѣпляютъ его на двухъ ногахъ треноги. Способъ самаго буренія не зависитъ отъ способа подниманія бура.

Установив треногу и подвесьив к ней бурь, составленный из головки, нескольких штанг и ложки, определяют точку пересечения направления бура с поверхностью земли — это и будет местом скважины. На определенное для скважины место кладут доску с прорезанным в ней отверстием такого диаметра, который достаточен для пропуска осадных труб. Буры накидают, с тем чтобы она немного вошла в землю, и начинают вращать его ручагами. Когда бурь проникает в землю приблизительно (в зависимости от длины ложки) на $1\frac{1}{2}$ фута, его поднимают, продолжая вращать.

Набравшийся в ложку грунт вынимают и образчик этого грунта кладут в особый ящик, разделенный перегородками на несколько ящиков, которые должны быть пронумерованы. В журнале бурений делается соответственная отметка. Затем бурь снова опускают в скважину, начиная вращать его при самому опускании. Когда бурь пройдет еще $1\frac{1}{4}$ фута, его снова вынимают, очищают от грунта, берут образчик, сравнивают с имеющимися уже в ящиках, полученным при первом поднятии бура и, если грунт оказывается одинаковым, довольствуются имеющимися образцами; в случае же, если замечена какая-либо разница между ними, второй образчик кладут в следующее отделение ящика.

Когда бурь наткнется на скалу, — что узнается по тому, что он не перестает опускаться, вращение же его не представляет затруднений, или по звуку от удара бурь по скале, — то его вынимают из скважины, измельчают ее глубину, перемешивают напарье, т. е. привинчивают долото для мягкой скалы, о чём делают отметку в журнале и начинают работать ударами. Если не заметно углубление бура, его снова поднимают и ставят долото для более твердой скалы. Удары делаются с высоты одного фута или меньшей, в зависимости от глубины скважины, а съдовательно веса бура и твердости скалы. При каждом ударе бурь поворачиваются на $\frac{1}{16}$ или $\frac{1}{8}$ окружности для образования круглой скважины. Когда бурь пройдет в скалу на несколько дюймов, его вынимают и вместо него опускают желонку, помощью которой очищают скважину от муки. Очистив скважину, продолжают работу долотом, передав эту последнюю с очисткой скважины до твёрдой поры, пока скала не будет профена насквозь.

При прохождении скалы в скважину льются немногие воды для охлаждения бура, а равно для увлажнения муки, с целью облегчения вытаскивания ее из скважины.

Если при вращательном бурении бурь начинает быстро проникать в грунт, это служит признаком, что она встриглась очень мягкий грунт; в этом случае вместо ложки привинчивают шпоры или желонку, которыми работают также ударом, с тем чтобы грунт входить во внутрь ее.

Если бурение производится вручную, то поднимание бура производится следующим образом: вытаскивают бур из скважины на одну или две штанги, подкладывают под углышение вилку и отвинчивают штанги; затем поднимают осталенную часть с парнем. Если бурь поднимают канатом, то разъединенные частей делятся таким образом: поднимают бурь на 2—3 штанги, смотря по высоте треноги, подкладывают под углышение штанги вилку, отвинчивают поднятая штанги от нижних, спускают канат и кладут отвинченные штанги на землю; зацепляют осталую часть бура, поднимают опять на 2—3 штанги, тем же порядком отвинчивают и кладут на землю, продолжая эту операцию до твёрдой поры, пока не поднимут всего бура. Опускание производится обратным порядком. Если глубина бурений значительна, то работа идет очень медленно, вследствие частых подниманий и опусканий бура. Чтобы уменьшить число длиний бура при подниманиях, полезно треноги делать по возможности выше. Въ пъктормах служащих разъедку начинают колодцем, а затем ведут бурение; при этом длина частей стержня, на которых разделяется бурь при поднимании, может быть величина на глубину колодца. Легкие буры вытаскивают вручную пѣдиком.

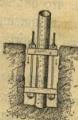
Работая ударом штангами с винтовыми соединениями, полезно постукать двух, трех ударов, въ то время, когда долото опирается о камень, повернуть бурь и тем самым подтянуть соединение, ослабевающее от ударов.

Если работают щупом или бурами вручную и натыкаются на камень, то выгодней бывает начать новую скважину, тем самым пробивать камень, так как постыдней может только задержать работу и дать невѣрное понятие о грунте, если камень не составляет слоя, а лежит отдельными кусками.

Буры часто застрѣваютъ въ скважинахъ, вслѣдствіе уменьшепія діаметра послѣднихъ. Такое слукеніе происходитъ отъ двухъ причинъ: а) если скважина пробивается на большую глубину въ камѣ, то буръ постепенно стачивается о стѣнки скважины, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается и діаметръ пробиваемой ниже скважины; б) скважина въ сухихъ глинистыхъ и песчано-глинистыхъ грунтахъ служивается отъ разбуханія глины въ соприкосновеніи съ водой, которая можетъ попасть въ скважину изъ водоноснаго слоя. Если въ скважину опустить долото



Черт. 93.



Черт. 94.

или другое напарье нормальной ширини, то оно неизбѣжно застрѣнется. Чтобы освободить буръ, слѣдуетъ стараться выдернуть его или вывернуть, вращая то въ ту, то въ другую сторону. Чтобы изѣбѣгнуть застрѣванію бура въ скважинѣ, слѣдуетъ его вращать при самомъ опусканіи.

Если встрѣчаются слои сильно пропитанные водою, которые мышаютъ производить буреніе, или если стѣнки скважины обсыпаются, приходится употреблять осадные трубы. Трубы употребляются также при буреніи подъ водою.

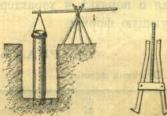
Иногда труба, вставленная въ скважину, опускается отъ собственного вѣса, вслѣдъ за углубленіемъ скважины, большою же частью приходится помогать такому опусканию при помощи ричаговъ, болтovъ и т. п. (черт. 93, 94), или удѣрами деревянной или легкой чугунной бабы. Если труба не опускается, то ударъ усиливается, но такое усиленіе имѣетъ свой предѣлъ, такъ какъ иначе труба можетъ смыться. Во изѣбѣжанія смытия верхнаго конца трубы ударами бабы, въ нее вставляютъ деревянный или желѣзный подѣбокъ. Иногда подѣбокъ снабжается стержнемъ, служащимъ направляющею для бабы (черт. 95). Иногда для возможности опускания трубы приходится уширять скважину при помощи особыхъ инструментовъ. Для погружения трубы можно пользоваться водою. При прохожданіи легко размываемыхъ грунтовъ, въ осадную трубу опускаютъ тонкую желѣзную трубку или резиновую рукавъ, по которымъ на дно скважины направляютъ силную струю воды. При этомъ грунтъ

размывается, уносится водою вверхъ, а труба постепенно осѣдаетъ. Если осадная труба застрѣла въ грунтѣ вслѣдствіе большого трещинъ, то ее закрываютъ сверху крышкой, черезъ которую проходить труба отъ нагнетательного насоса. Вода, нагнетаемая въ запертую сверху трубу, выходитъ черезъ нижний ея конецъ, поднимается кверху вдоль ея стѣнокъ, размывая при этомъ часть грунта, вслѣдствіе чего погружение трубы облегчается.

Если труба совершенно перестаетъ идти въ скважину, опускаютъ трубу меньшаго діаметра внутри первой. Иногда такихъ трубъ, съ послѣдовательно уменьшающимися діаметромъ, употребляютъ пѣсколько. Если труба опнулась или лопнула, то ее выдергиваютъ; если этого сдѣлать нельзя, и работа въ скважинѣ оказывается невозможной, приходится начатую скважину бросать. По окончаніи буренія, трубы, если возможно, вытаскиваются, захватывая веревками за верхній конецъ (черт. 96) или за нижній, для чего въ трубу опускаютъ захватъ, показанный на чертежѣ 97.

При буреніи на мѣстности, покрытой водою, способъ производства работы остается тотъ же, что и на суши, только для помѣщенія рабочихъ нужно устроить легкій подмости или установить плоть или лодку, закрѣпить ихъ якорями. Выѣсто треноги, если ставить ее неудобно (напримеръ на лодкѣ), дѣлаютъ станокъ вродѣ копра, состоящий изъ двухъ стоекъ и перекладинъ на верху, къ которой подѣбываются блоки. Работа начинается съ того, что собираютъ осадную трубу такой длины, чтобы она, будучи опущена однимъ концомъ на дно, другимъ выступала изъ воды. Опустивъ и вдавивъ трубу въ дно, начинаютъ буреніе, осаживая трубу до тѣхъ поръ, пока не встрѣтится грунтъ на столько плотный и не проницаемый для воды, что можно работать безъ трубы.

Въ заключеніе укажемъ на одно обстоятельство, которое слѣдуетъ всегда иметьъ въ виду, при выборѣ мѣста расположенія скважинъ. Какъ-то вошло уже въ обычай единственныйную скважину располагать всегда въ центрѣ плана сооруженія, въ случаѣ же заложенія трехъ скважинъ — всѣ ихъ располагать внутри периметра



Черт. 96. Черт. 97.

сооруженія. Такое расположение скважинъ можетъ привести къ весьма непрѣятнымъ послѣдствіямъ: если на пѣкоторой глубинѣ буде найденъ водоносный слой, обильный водою, то послѣдняго очень часто можетъ съ большимъ силой подниматься вверхъ, даже быть фонтаномъ. Заглушеніе такого искусственно созданного ключа не всегда удастся; присутствіе же ключа затрудняетъ рѣгуляцию котлована, увеличиваетъ водоотливъ, можетъ вредно влиять на кладку фундамента. Во избѣженіи этого, буровыя скважины слѣдуетъ располагать предпочтительно въ периметре сооруженія.

Журналы, образцы грунтовъ, разрѣзы и модели скважинъ. Всѣ обстоятельства исслѣдованія грунта, какъ сказано выше, заносятся въ журналъ, изъ котораго можно получить всѣ свѣдѣнія о породѣ и характерѣ залеганій грунтовъ. Журналу даютъ слѣдующую форму:

ЖУРНАЛЪ ШУРФОВАНІЯ

Отмѣтка земли

Шурфъ №					
Мѣсто и число.	Часы.	Родъ инструмента.	Родъ грунта.	№ образца.	Примѣчанія.

ЖУРНАЛЪ БУРЕНИЯ

Отмѣтка земли

Скважина №					
Мѣсто и число.	Часы.	Родъ инструмента.	Родъ грунта.	№ образца.	Примѣчанія.

Въ графѣ «Часы» записываются время начала и конца прохожденія шурфомъ или буромъ одного слоя грунта. Поэтому можно

судить до пѣкоторой степени о трудности прохожденія данного грунта. Въ графахъ «Напарье» или «Инструментъ» обозначаютъ какимъ напарьемъ производится буреніе, или какимъ инструментомъ производится добыча породы въ шурфѣ. Въ графѣ «Длина бура» обозначаютъ длину отъ вершины напары до доски у отверстія скважинъ. Въ графѣ «Отмѣтка» обозначается нивелировочная отмѣтка слова, т. е. отмѣтка доски за вычетомъ длины бура. Толщина слоя определяется въ шурфахъ непосредственно, а въ скважинахъ расчетомъ. Въ «Примѣчаніяхъ» помѣщаются разныя сѣдѣнія, относящіяся къ обстоятельствамъ работы, напримѣръ, поломка бура и т. п., къ состоянию образцовъ грунта—степень ихъ влажности и т. д.

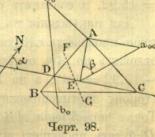
О составѣ исслѣдуемыхъ слоевъ мы судимъ по тѣмъ образцамъ, которые получаются при опускании шурфовъ или буреній скважинъ; что касается глубины залеганія тѣхъ или другихъ слоевъ, то ее опредѣляемъ непосредственнымъ измѣреніемъ въ шурфахъ или измѣреніемъ длины бурового инструмента въ тотъ моментъ, когда онъ наткнулся на новый грунтъ; наконецъ, о покояхъ слоевъ узнаемъ въ шурфахъ—измѣреніемъ паденія и определениемъ простираії, а при буреніи—путемъ слѣдующаго несложнаго построенія.

Положимъ, что требуется определить паденіе и простираії пласта сѣры глины, показавшагося въ буровой скважинѣ *A* на глубинѣ 6,18 саж., въ скважинѣ *B*—на глубинѣ 4,07 и въ скважинѣ *C*—на глубинѣ 4,48; причемъ положеніе скважинъ въ планѣ таково, какъ показано на черт. 98. Положимъ, что нивелировочные отмѣтки земли въ точкахъ *A*, *B* и *C* слѣдующія: *A*—23,57, *B*—19,25, *C*—20,40. Вычислимъ отмѣтки точекъ *a*, *b* и *c*, въ которыхъ скважины *A*, *B* и *C* пересѣкаютъ поверхность слоя глины. Для этого достаточно изъ отмѣтокъ точекъ *A*, *B* и *C* вычесть глубины, на которыхъ показалась въ нихъ глина. Такъ, отмѣтка точки

$$a = 23,57 - 6,18 = 17,39 \text{ саж.}$$

$$b = 19,25 - 4,07 = 15,18 \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ }$$

$$c = 20,40 - 4,48 = 15,92 \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ }$$



Черт. 98.

Допустим, что на протяжении между точками a , b и c верхняя поверхность слоя глины представляет собою правильную плоскость. Отметками точек a , b и c и положением в плане точек A , B , C , лежащих на одиных вертикальах съ точками a , b и c , а потому могущих служить их проекциями, определяется вполне точно положение в пространствѣ плоскости abc .

Опредѣлимъ положеніе одной изъ горизонталей этой плоскости. Для простоты проведемъ горизонталь черезъ точку c , т. е. горизонталь съ отмѣткой 15,92 саж.

Для опредѣленія положенія этой горизонтали достаточно определить на прямой ab такую точку d , отмѣтка которой была бы = 15,92, и соединить d съ c .

Для нахождения на прямой ab точки d съ отмѣткою 15,92, достаточно произвести слѣдующія построенія^{*)}: провести $Aa_0 \parallel Bb_0 \perp AB$, отложить по Aa_0 отрѣзокъ Aa_0 , по величинѣ своей равный $17,39 - 15,92 = 1,47$; а на Bb_0 — отрѣзокъ $15,18 - 15,92 = -0,79$ (въ сторону противоположную Aa_0) и соединить точки a_0 и b_0 прямую. Точки пересечения AB съ a_0b_0 обозначимъ буквой d . Очевидно, D будетъ проекцией искомой точки d , а прямая CD — проекцией искомой горизонтали cd . Если NS представляеть собою направление магнитного меридиана, то угол α между NS и CD будетъ некомкимъ простираеміемъ пласта сърой глины.

Опустимъ изъ A перпендикуляръ AE на CD , проведемъ $Aa_{00} \perp AE$ и отложимъ на немъ отрѣзокъ Aa_{00} ($= Aa_0$), по величинѣ своей равной разности высотъ точек A и горизонтали CD . Соединимъ точку a_{00} съ E . Уголъ $a_{00}EA = \beta$ и будетъ служить мѣрою паденія пласта слоя глины.

Образцы грунтовъ, какъ сказано выше, укладываются въ пронумерованные отѣженія особаго ящика, въ которомъ и сохраняются. При глубокомъ буреніи и разнообразномъ грунте количество образцовъ получается очень большое, и приходится пользоваться несколькими ящиками, которые, въ свою очередь, пронумеровываются. Что касается количества грунта, отбираемаго для образца, то это зависитъ отъ усмотрѣнія производителя работы и предполагаемаго способа испытыванія образцовъ.

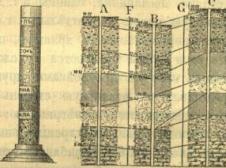
^{*)} См. Курсъ Начертательной Геометрии — „Проекціи съ числовыми отмѣтками“.

Для болѣе нагляднаго представлениія результатовъ развѣдки очень часто образцы грунтовъ складываютъ въ стеклянную трубку въ томъ порядке, въ какомъ грунтъ залегаетъ въ дѣйствительности. Если при этомъ высотамъ столбиковъ образцовъ придать размѣры, пропорциональные дѣйствительной толщинѣ слоеvъ, то такая трубка будеъ служить моделью скважины или шурфа (черт. 99). При этомъ, очевидно, образчики можно рассматривать только черезъ стекло.

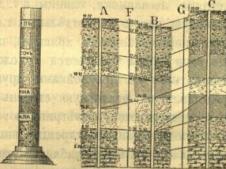
При производствѣ цѣлаго ряда шурfovаний или буреній, результаты развѣдки обыкновенно представляютъ графически такъ называемыи разрѣзы. Составленіе разрѣзовъ понятно изъ чертежа 100. Имѣя разрѣзы по плоскостямъ, проходящимъ черезъ смежныя скважины, можно опредѣлывать теоретическіе разрѣзы по всякимъ другимъ направлениямъ въ предѣлахъ площи, ограниченной исполненными скважинами. Напримеръ, имѣя разрѣзы по направлениіямъ скважинъ AB и BC (черт. 100), можно опредѣлить теоретический разрѣзъ по направлениію FG (черт. 98 и 100).

Иногда задача исслѣдованія грунта исчерпывается разрѣніемъ одного только вопроса — лѣтъ ли въ верхнемъ слоѣ грунта, толщиною въ 2—3 сажени, камни, которые могли бы мѣшать забивкѣ свайныхъ стѣпокъ или отдаленныхъ свай. Эта задача разрѣшается весьма просто по帮忙ю водяного щупа — длинной желѣзной трубки, діаметромъ около $1\frac{1}{2}$ дюйма, съ утоненнымъ нижнимъ концомъ. Трубка втыкается въ землю, а чрезъ верхній ее конецъ нагнетается насосомъ вода. Вода постепенно размываетъ землю и трубка легко вдавливается на желаемую глубину. Сдѣлавъ достаточное число погруженій трубки въ разныхъ мѣстахъ, можно выяснить лѣтъ ли въ грунте камни и много ли ихъ.

Такимъ шупомъ удобно пользоваться и для проведения осадочныхъ трубъ черезъ толстые слои однообразнаго легкоразмываемаго грунта.



Черт. 99.



Черт. 100.

ГЛАВА III.

Виды грунтовъ и ихъ свойства. Грунты могутъ быть разделены на: 1) скалистые, 2) хризеватые, 3) песчаные, 4) глинистые и 5) болотные, илистые, торфянистые и растительные. Разсмотримъ каждую изъ этихъ разновидностей грунтовъ въ отдельности.

Грунты скалистые по своему химическому составу и строению могутъ быть очень разнообразны; такъ, встрѣчаются граниты, известняки, песчаники, сланцы и т. д. Они представляютъ собою или сплошную массу, или отдельные глыбы, нагроможденные другъ на друга, перемѣшанные съ храцемъ, пескомъ, глиною. Иногда сплошные слои скалы чередуются со слоями отдельныхъ глыбъ или валуновъ, или съ прослойками другихъ грунтовъ. Разныя породы представляютъ различную степень твердости, и большинство изъ нихъ подвергается выѣтранію; разрушение скалъ происходитъ также подъ влияниемъ стремительныхъ потоковъ и волненій. Прочность скалъ сильно ослабляется горными работами, особенно если для взрывовъ употребляется динамитъ. Въ скалистыхъ грунтахъ часто встрѣчаются пустоты, образуемые путемъ размыка подземными ключами глины или песку, лежащихъ между отдельными глыбами.

Въ случаѣ застѣгнія скалы на наклонномъ слоѣ другого грунта, особенно глинистаго, смоченнаго водою, можно опасаться сползанія скалы, если последніе не лежатъ очень болѣешимъ слоемъ или если въ ней имѣются глубокія трещины. Въ такихъ случаяхъ приходится принимать особы мѣры для устраненія возможности сдвига слоя скалы; одною изъ такихъ мѣръ служитъ осушеніе нижележащихъ мокрыхъ или водоносныхъ слоевъ.

Грунты хризеватые состоятъ изъ булмажника, хрица или гравия, происшедшіхъ путемъ механическаго разрушенія скалистыхъ породъ, и перемѣшанныхъ съ глинами или пескомъ. Грунты эти подвергаются размыку текущими водами и часто бывають пропитаны водою. Они считаются вообще надежными, если образовались путемъ осадочныхъ, имѣютъ достаточную толщину или лежатъ на другомъ вполнѣ надежномъ слоѣ грунта.

Грунты песчаные состоятъ изъ отдельныхъ, ничѣмъ не связанныхъ и легко разъединяющихся частицъ и представляютъ собою ре-

зультатъ дальнѣйшаго механическаго и химического разрушенія грунтовъ скалистыхъ. По составу песокъ бываетъ кварцевый, известковый. Рѣдко песокъ бываетъ чистымъ, въ большинствѣ случаевъ въ немъ встрѣчаются глина, иль, величина зеренъ и ихъ окружающей видѣй бываютъ различны: иногда частицы имѣютъ совершенно гладкую поверхность, другой разъ шероховатую, съ острыми гранями и углами. Песокъ можетъ вбирать въ себя воду силою волосности. Влажный песокъ держится въ вертикальномъ откосѣ, просыхая же, обсыпается. Вода въ избыткѣ легко проникаетъ въ песокъ и можетъ его размывать и уносить течениемъ. Плотность песчанаго грунта бываетъ различна и зависитъ отъ направления прониканія въ него воды: если вода приходитъ сверху, то песокъ уплотняется, если снизу—разрыхляется.

Мелкій песокъ, при откачиваніи воды изъ фундаментного рва (котлована), легко обращается въ жидкую грязь, въ которую желѣзный д常委ѣнно свободно погружается подъ влияніемъ одного только собственного вѣса. По прекращеніи водоотливна, когда уровень воды въ котлованѣ поднимается, песокъ снова укладывается плотнымъ слоемъ и, при опущиваніи его желѣзнымъ ломомъ, производить впечатлѣніе достаточно твердаго грунта. Ввиду такихъ свойствъ песка, можно сдѣлать слѣдующія указанія относительно производства работъ по устройству фундаментовъ на песчаныхъ грунтахъ: если рѣтѣ котлована производится съ водоотливомъ, то по окончаніи отрывки водоотливъ слѣдуетъ прекратить, дать время песку обсѣсть и кладку фундамента производить уже безъ водоотлива, пользуясь погружениемъ бетона.

Очень часто при водоотливѣ изъ котловановъ, вырываемыхъ въ пильзучихъ грунтахъ, изъ которыхъ можно отнести и мелкій песокъ, особенно илистый, разрыхленіе грунта замѣчается не только въ предѣлахъ самаго котлована, хотя бы и огражденаго шпунтовою стѣнкою, но и вѣтъ его предѣловъ, что и обнаруживается выпучиваніемъ dna въ котлованѣ и осадками и обвалами грунта вокругъ котлована. Ввиду этого, при заложеніи фундаментовъ въ песчаныхъ грунтахъ, огороженіе вовсе не пользуется водоотливомъ даже и при рѣтѣ котлована.

Песокъ обладаетъ способностью равномѣрно передавать давление на большую площадь, причемъ угол распространенія давленія при-

намо считать равным 45° . Песок производить давление также и на стыки того помещения, в котором он испань.

Грунты глинистые бывают очень разнообразны, какъ по наружному виду, такъ и по своимъ свойствамъ. Глина встречается въ чистомъ видѣ и съ различными примѣсами. Глинистые грунты образовались путемъ осадочныхъ и имѣютъ ясное слоистое сложеніе. Высохлая глина съ явными признаками слоистости часто ломается по гладкимъ поверхностямъ. Чаще встречаются примѣси къ глине есть песокъ, такие грунты называются *песчано-глинистыми, супликаами* и т. п. Глина въ сухомъ видѣ хорошо сопротивляется давлению и обладаетъ значительной степенью сцепленія частицъ; въ соприкосновеніи съ водой глина дѣлается мягкою и даже совершенно разжигается при избыткѣ воды. Частицы влажной глины приобрѣтаютъ подвижность, потому глина въ такомъ видѣ плохо сопротивляется давлению и можетъ выдавливаться изъ подъ сооружения. Соединяясь съ водой, глина разбухаетъ, т. е. увеличивается въ объемѣ, а при высыханіи трескается. Вода, попадающая въ эти трещины и замерзающая въ нихъ, разрушаетъ глину. Сырая глина при замерзаніи увеличивается въ объемѣ—*пучится*. При небольшой глубинѣ залеганія глины, ея пученіе часто служитъ причиной выпирания изъ земли столбовъ, приподнятий неглубокихъ фундаментовъ и т. п. *Жирная*, т. е. болѣе чистая глина отличается значительной водонепроницаемостью. Сваи, забитыя въ глину до отказа, даютъ черезъ пять-который промежутокъ времени новую осадку подъ ударами бабы.

Очень часто въ песчаныхъ и глинистыхъ грунтахъ встречаются отдельные камни. Иногда камней въ нихъ бываетъ такъ много, что вовсе нельзя бывать забивать сваи.

Грунты торфяные, илистые, болотные и растительные представляютъ вообще очень незначительную степень сопротивленія давлению, отличаются сравнительно болѣю и неравномѣрно склонностью, обусловливаемою степенью ихъ плотности, и легкоподвижностью, въ зависимости отъ большей или меньшей степени пропитанности ихъ водой. Торфяные грунты отличаются тѣкторией и упругостью. Составъ этихъ грунтовъ бываетъ различный, большую частью состоять они изъ растительныхъ остатковъ, перемѣшанныхъ съ глиной и пескомъ. Грунты эти представляютъ всѣ отрицательные качества для возможности расположения на нихъ сооружений.

Кромѣ вышеописанныхъ грунтовъ, которые можно назвать *естественными*, встрѣчаются иногда грунты *искусственные, насыщенные*. Къ такимъ грунтамъ относятся разнаго рода *насыпи* изъ естественныхъ разрыхленыхъ грунтовъ или строительного мусора: остатковъ камня, кирпича, щепы съ примѣсью земли. Грунты эти отличаются большой и неравномѣрной склонностью и естественнымъ основаниемъ для сооруженія служить не могутъ.

Материки. Всякое сооруженіе должно обладать устойчивостью, т. е. способностью сохранять разъ данному ему положенію въ пространствѣ. Устойчивость сооруженія обусловливается равновѣсіемъ всѣхъ дѣйствующихъ на него силъ. Такими силами являются, съ одной стороны,—собственный вѣсъ сооруженія и вѣшната на него нагрузка, а съ другой—сопротивленіе основанія. Такъ какъ вѣшниня нагрузка сооруженія можетъ колебаться изъ болѣе или менѣе широкихъ предѣловъ, то, для возможности равновѣса всѣхъ силъ, необходимо, чтобы основаніе обладало извѣстнымъ запасомъ сопротивляемости.

Подъ влияніемъ собственного вѣса и вѣшниня нагрузки сооруженіе стремится къ перемѣщѣнію по направлѣнію равнодѣйствующей этихъ силъ. Поэтому сопротивленіе основанія должно выражаться въ устранимой возможности такого перемѣщенія.

Въ зависимости отъ положенія и направлѣнія равнодѣйствующей собственного вѣса и вѣшниня нагрузки, сооруженіе можетъ стремиться къ опрокидыванію, путемъ вращенія около одного изъ реберъ его фундамента, *соколѣгнуть* по основанію, или *разрушить* самое основаніе. Стремленіе къ опрокидыванію можетъ быть устранено придѣленіемъ соответственной формы и размѣровъ фундаменту сооруженія, а потому на рассматриваемый этого вида возможныхъ перемѣщений сооруженія мы останавливаться не станемъ.

Если сооруженіе имѣетъ стремленіе къ скольженію по основанію, то, въ случаѣ недостаточности тряны между линіи, стремленіе это можетъ быть устранито путемъ расположения плоскости основаній нормально къ равнодѣйствующей вѣшниня силѣ или придѣленіемъ основанію уступчатой формы. При такомъ способѣ устраниенія стремленія къ скольженію сооруженій по основанію, стремленіе его къ перемѣщенію по данному направлѣнію не устраивается и можетъ быть осуществлено при посредствѣ сдвига самого основанія.

Стремленіе разрушити основаніе присуще всійкому сооруженію. Устранити это стремленіе, равно какъ и стремленіе сооруженія сдвинуть самое основаніе, если только послѣднєе стремленіе существует, нельзя никакими вѣтшими средствами. Препятствовать осуществлению этихъ стремленій сооруженія и есть назначение основанія.

Препятствовать осуществлению стремленія сооруженія сдвинуть самое основаніе можетъ или благопріятный для этого характеръ заlegenія грунтовъ (расположеніе напластованій, нормальное къ направлению равнодѣйствующей вѣтшинъ силы) или цѣлая совокупность сопротивленія одного или нѣсколькихъ слоевъ грунта (сопротивление разрыву слоевъ, сопротивленіе отъ тренія одного слоя по другому и т. д.).

Стремленіе сооруженія разрушить основаніе можетъ быть имъ осуществлено только при условіи разрушенія матеріала основанія *).

Препятствовать осуществлению этого стремленія можно придѣломъ фундамента сооруженія такой формы и размѣръ, при которыхъ давленіе, производимое сооруженіемъ, могло бы быть преобразовано въ беззопасное для даннаго рода грунта.

Вопросъ о величинѣ беззопасной нагрузки или о величинѣ прочнаго сопротивленія какого-либо матеріала, въ общемъ случаѣ, решается довольно просто: опредѣляется величина груза, разрушающаго данный матеріалъ, и некоторая его доля, большая или меньшая, въ зависимости отъ характера дѣйствія силъ (нагрузка покойная или подвижная и т. п.) принимается за величину беззопасной нагрузки этого матеріала.

Во введеніи къ настоящему курсу было уже указано на то, что общий вопросъ о величинѣ временнаго сопротивленія, а следовательно и о величинѣ груза, могущаго разрушить матеріалъ въ основаніи, далеко еще не выясненъ, да сдѣлано и удастся выяснить его въ ближайшемъ будущемъ по отношенію ко всѣмъ разновидностямъ грунтовъ. Въ настоящее время по этому вопросу известно только слѣдующее: условы работы матеріала въ основаніи значительно различаются отъ условій его работы въ частяхъ сооруженія, вслѣдствіе чего

*) Нужному для этого перемѣщенія сооруженія можетъ до некоторой степени сопротивляться треніе боковыхъ поверхностей фундамента о грунтъ но обѣ этомъ треніи мы пока говорить не станемъ.

сопротивленіе разрушенію матеріала въ основаніи во много разъ больше сопротивленія его въ частяхъ сооруженія.

Камень вообще обладаетъ большимъ сопротивленіемъ раздавливанию; находясь же въ основаніи сооруженія, онъ можетъ оказывать сопротивленіе еще большее. Уже одно это обстоятельство, выясненное и теоретически и практически, устраняетъ особую надобность въ разрешеніи вопроса обѣ истинной величинѣ временнаго сопротивленія раздавливанию силошныхъ слоевъ скалистаго грунта. Дѣйствительно, если сопротивленіе какой-либо породы камня въ кускахъ выражается величиною R пудовъ на квадр. дййтъ, то беззопасная нагрузка того же камня въ кладкѣ обыкновенно принимается равной весу малой $(\frac{1}{40} - \frac{1}{100})$ доли R , положимъ $\frac{R}{m}$. Временнное сопротивленіе R_1 того же камня въ основаніи въ нѣсколько разъ ($8-10$) больше R ; положимъ, что $R_1 = nR$. Давленіе основанію обыкновенно передается при помощи каменныхъ фундаментовъ. Положимъ, что фундаментъ кладется изъ того же камня, какой входитъ въ составъ основанія. Въ такомъ случаѣ дѣйствительная нагрузка основанія не можетъ быть больше допустимой нагрузки фундамента. При этомъ отношение $R_1 = nR$ къ $\frac{R}{m}$, или, такъ называемый, коэффициентъ прочности основанія будетъ выражаться числомъ $m \cdot n \cdot R$ $R = m \cdot n$, въ нѣсколько разъ большимъ m , т. е. беззопасная нагрузка основанія будутъ составлять значительно меньшую долю временнаго его сопротивленія, чмъ та доля временнаго сопротивленія камня, которая принимается за беззопасную нагрузку кладки фундамента. Только въ случаѣ устройства фундаментовъ изъ чугуна или желѣза можно утилизировать ту величину нагрузки, которую можно беззопасно допускать для силошного слоя скалы, даже и не особенно твердой породы.

Если матеріаль основанія по своимъ свойствамъ можетъ быть приравненъ къ жидкости, то для достиженія равнодѣйствия сооруженія на такомъ основаніи долженъ быть соблюденъ законъ равнодѣйствия плавающихъ тѣлъ. Этимъ закономъ обусловливается наибольшая глубина заложенія фундамента.

Если матеріаломъ основанія служить чистый песокъ, то временнное его сопротивленіе можетъ быть хотя бы только приблизительно опредѣлено по формулѣ Яковского и въ этомъ случаѣ бе-

зональная нагрузка основания может быть назначена до некоторой степени сознательно.

Если же материалом основания служить какой-либо иной грунт, то у нас нет ровно никаких данных для определения величины временного его сопротивления, а следовательно и для правильного назначения безопасной его нагрузки. При этом мы можем руководствоваться одним только соображением: сухие грунты, занимающие среднее место между скалистыми и песчаными, должны обладать сопротивлением не меньшим сопротивлению песка, грунты же мокрые, занимающие среднее место между песком и полужидким илом, должны обладать сопротивлением значительно меньшим.

При только что указанной невыясненности вопроса о временном сопротивлении грунтов, мы лишены возможности строго научно определять величину допустимой, или безопасной их нагрузки, а потому поневоле должны довольствоваться одним только признаком пригодности или непригодности данного грунта служить естественным основанием того или иного сооружения.

Для возможности признания пригодным служить естественным основанием, грунт должен обладать:

- 1) достаточной твердостью, крепостью, или, иными словами, достаточным силой сцепления его частиц;
- 2) малою и, по возможности, равномерною скимаемостью;
- 3) малою водопроницаемостью;
- 4) неразрываемостью;
- 5) невыветриваемостью, и
- 6) залегать достаточно толстым слоем.

Вь отношении *твердости* грунты могут быть разделены на четыре категории: къ первой относятся твердые скалистые грунты, разрабатываемые при помощи варяжатых веществ; ко второй — мягкая скала и хращевые грунты, разрабатываемые ломами и кирками; къ третьей — сухие глинистые, плотно-слежавшиеся песчаные, для рыхла которых нужны железные заостренные лопаты, и, наконец, къ четвертой — растительная земля, чистый мелкий песок, мокрая глина, иль; грунты эти легко берутся тупыми лопатами.

Вь отношении *скимаемости* грунты можно разделить на три категории: къ первой относятся твердые скалистые грунты, которые подъ самыми грубыми сооружениями не обнаруживают никакой

видимой *осадки*; ихъ, по справедливости, можно назвать несжимаемыми. Ко второй категории относятся мягкия каменные породы, хращевые грунты, сухие глинистые и песчаные; грунты эти даютъ не большую осадку, до тѣхъ какъ стены пропорциональную величину груза, иль можно назвать мало и равномерно скимающимися. Къ посѣдней категории относятся: мокрая глина, песокъ, обильно пропитанный водой, растительная земля, торфъ, иль, насыпной грунтъ; всѣ они скимаются сильно и неравномерно; пѣкоторые изъ нихъ по своей подвижности легко выдавливаются изъ подъ сооружения, выпучиваются. Грунты этой посѣдней категории можно назвать сильно и неравномерно скимающимися.

Проницаемость водой находится въ зависимости отъ плотности грунта и его строения и нарушается присутствиемъ въ породѣ трещинъ. Наименѣе проницаемостью отличаются твердые сплошные скалистые грунты и чистая глина; болѣе водопроницаемостью отличаются хращеватый и песчаный грунты съ примесью глины, наибольшою — чистый песокъ, растительная земля, иль, торфъ.

Разрываемость также зависитъ отъ строения и плотности грунтовъ скорости течения воды. Наибольшою разрываемостью отличаются ильстые, глинистые грунты и растительная земля, меньше — пески, начиная отъ мелкаго, храща и, наконецъ, наименѣе разрываемостью обладаетъ скала.

Несмотряющащихся породъ почти пѣтъ, и большая или меньшая степень невыветриваемости опредѣляется продолжительностью времени, послѣ котораго наступаетъ разрушение.

Толщина слоя, при которой грунтъ признается вполнѣ надежнымъ для восприятія давленія любого сооруженія, зависитъ отъ степени твердости грунта и можетъ быть выражена слѣдующими цифрами:

Для сплошной скалы	не менѣе 1,5 саж.
» хращеватаго грунта	» 2 »
» песчанаго и глинистаго грунта	» 2-3 »

Смотря по тому, въ какой мѣрѣ данный грунтъ обладаетъ вышеупомянутыми качествами, онъ можетъ быть признанъ годнымъ или негоднымъ для заложенія на немъ основанія сооруженія. Слой грунта, залегающій подъ наносомъ пѣкѣшаго происхожденія и обладающій въ достаточной степени твердостью и малосжимаемостью, запиценн

ный от размыва и выщербивания, и имеющий указанную выше толщину, или, по крайней мере, лежащий на другом толстом слое хорошего грунта, называется *материком* и считается вполне надежным для расположения на нем самого грузного сооружения. Для сооружений более легких, очевидно, можно довольствоваться меньшими степенями твердости, большим скимаемостью и меньшую толщиной слоя.

Перечисленные нами разновидности естественных грунтов могут залегать весьма монолитными слоями, далеко превосходящими вышеуказанные минимальные нормы, но зачастую залегают слоями и сравнительно тонкими, причем грунты хорошие могут чередоваться с грунтами плохими. Последнее обстоятельство в значительной степени затрудняет решение вопроса о том, какой же из слоев принять за материк, на каком же именно слое расположить фундамент данного сооружения.

Эта задача не может иметь общего решения, в каждом частном случае ее приходится решать особо, руководствуясь такого рода соображениями: а) слишком тонкие слои хотя бы и очень хороших грунтов легко могут быть продавлены сооружением, а потому осторожные, во избежание неравномерной осадки сооружений, такие слои пропускают; б) с увеличением глубины заложения сопротивление и слабых грунтов постепенно возрастает; в) давление, передаваемое подошвой фундамента, распространяется все на большую и большую площадь, постепенно как бы разсасывается в грунте, а потому на естественной нагрузке позже лежащих слабых грунтов выщелачиваниями возведение данного сооружения может совершенства не отразиться; г) наклонные поверхности слоев могут служить причиной сползания сооружений; д) если давление, производимое сооружением, значительно отклоняется от вертикали, то тонкие глинистые и песчаные прослойки, особенно водонесущие или только пропитанные водою, могут способствовать скольжению сооружений; е) обнажение водонесущих слоев, перекрытых водонепроницаемыми, может изменять направление циркуляции подземных вод, которые, проникая в выше лежащие слои грунта, могут изменять их первоначальное состояние и т. п.

Абсолютная величина сжатия грунта или его осадка зависеть от свойств самого грунта, а также и от величины давления на

грунт, причем для грунтов первых двух категорий, как сказано выше, осадки пропорциональны давлению. Это обстоятельство принимают во внимание при проектировании фундаментов, а именно: когда под разными частями сооружения встречаются грунты разной скимаемости, или когда нагрузки разных частей сооружения колеблются в сравнительно больших пределах, то такие части сооружения выводят отдельно от других и им дают оседать независимо. Если разница в нагрузках частей или в степени скимаемости грунтов не велика, можно достигнуть равномерности осадки путем уширения подошвы фундамента под более нагруженными частями или над более скимаемыми частями основания. Без таких предсторожностей в сооружении могут произойти трещины, как следствие неправильности распределения в нем напряжений, обусловливавшейся неодинаковостью осадок различных частей сооружения.

Насущная потребность в цифрах, которые бы указывали допустимую нагрузку грунтов, временное сопротивление которых нам вовсе неизвестно да и не может быть определено, удовлетворяется, с одной стороны, результатами наблюдений над существующими сооружениями, а с другой, — разного рода испытаниями грунтов.

Так, на основании наблюдений над существующими сооружениями можно пользоваться следующими безопасными нагрузками грунтов:

1) По Былелобскому:

	Пуд на кв. дм.
Для песчано-глинистого грунта	1,25
» обыкновенного твердого грунта	1,6—2,0
» очень твердого грунта	3,0—5,0

2) По Schmitt'у:

Для твердой скалы	2,0—2,4
» грунтов каменистых, крупного хорошо слежавшегося гравия, плотной глины	1,4—1,8
» мелкого гравия и плотно слежавшегося песка 1,2—1,6	

3) По Gottinger:

Для песчано-глинистого грунта	0,8—1,2
» обыкновенного хорошо грунта	1,6—2,0

Пуд. на кв. дм.

Для очень крѣпкаго грунта при скалистомъ ниж-	
немъ слоѣ	1,6—4,7

4) По Mayeur:

Для слабаго глинистаго грунта и мокраго песка	0,4
» глины средней плотности и глинистаго песка	0,8—1,4
» плотно сжавшейся глины и сухого песка	1,6—2,2
» плотно сжавшагося крупаго песка, щебня,	
гравия, а также силюзной породы слабаго	
камня	2,4—3,2
» силюзной горной породы средней твердости	6
» силюзной горной твердой породы	10

5) По инструкції Общества Рязанско-Уральской
жел. дор.

Для скалистыхъ грунтовъ:	
а) Гранита и другихъ породъ особой твердости	16—32
б) Породъ обыкновенной твердости, твердыхъ из- вестняковъ и песчаниковъ	8
в) Породъ средней твердости, соотвѣтствующихъ кирпичной кладкѣ на цементномъ растворѣ	4
г) Мягкихъ породъ, соотвѣтствующихъ кирпичной кладкѣ изъ извести	2

Для землистыхъ грунтовъ:

а) Весьма плотного землистаго грунта лучшаго сорта	1,80
б) Плотнаго материка	1,40
в) Достаточной плотности хорошаго материка	1,00
г) Тоже, весьма влажнаго, предохраненнаго отъ вы- щущиванія	0,60
д) Мягкихъ, пропитанныхъ водой слабыхъ грунтовъ, предохраненныхъ отъ выщущиванія	0,20
е) Жидкихъ—торфа, жидкаго ила и т. п.	—

Мы нарочно привели цифры безопаснаго нагрузокъ, заимствованныя изъ разныхъ источниковъ, для того чтобы показать, насколько еще расплывчаты, мало определенія сама терминология грунтовъ и насколько разится нагрузки болѣе или менѣе одинаковыхъ грунтовъ, допускаемыя разными лицами.

Испытание сопротивляемости грунта. Серьезное сознаніе всей важности возможно болѣе правильного опредѣленія величины безопаснаго нагрузки грунта, предназначаемаго служить естественнымъ основаніемъ какоголибо сооруженія, побуждало многихъ строителей прибегать къ непосредственнымъ испытаніямъ грунтовъ въ отношеніи ихъ выносимости, способности воспринимать ту или иную нагрузку.

Наиболѣе совершенными, въ смыслѣ вѣрности получаемыхъ результатовъ, способомъ испытания грузовъ является временная ихъ нагрузка, если при этомъ выполнены слѣдующія условия: 1) временная нагрузка расположена по всей площади основанія; 2) величина ея равна действительному вѣсу соотвѣтственныхъ частей сооруженія; 3) нагрузка эта оставляется на мѣстѣ втечений болѣе или менѣе продолжительного времени ($\frac{1}{2}$ —1 года).

Дороговизна и мѣшкотность этого способа позволяютъ его применѣніе въ исключительныхъ только случаяхъ.

Вследствіе трудности, граничащей съ невозможностью примѣненія способа временной нагрузки, пѣкоторые строители довольствовались нагрузкой сравнительно малыхъ площадей. Такъ, Leimann довольствуется площадью въ одинъ квадратный метръ и даже въ 0,64 кв. м. Способъ Лемана заключается въ слѣдующемъ. Въ ямѣ, глубиной 0,5 м., съ выровненнымъ дномъ, складывается изъ кирпича или камня на цементномъ растворѣ массивъ кубической формы, боковыя грани которого штукатурятся цементомъ *). Когда кладка достаточно окрѣпнетъ, можно начать испытаніе. Первоначально опредѣляется помощью нивелира или инымъ какимъ-либо способомъ положеніе верхней грани этого массива. Затѣмъ массивъ нагружается рельсами, чугунными болванками или камнемъ, для помѣщенія котораго можно сдѣлать деревянную платформу. По прошествіи пѣкотораго времени производится снова опредѣленіе высоты верхней поверхности массива. Разность между двумя такими измѣреніями выражаетъ собою величину происшедшій осадки грунта. Величина этой осадки, обусловливавшіяся нѣкоторымъ скима-
мостью грунта, и служитъ мѣриломъ его выносимости.

*) Рекомендуется такой массивъ складывать не непосредственно на землѣ, а на чугунной плитѣ или кускѣ котельнаго жѣлѣза.

По мнению Лемана *), нагрузка, вызывающая осадку грунта въ 25 миллиметровъ ($1''$), можетъ быть принята за безопаснную, такъ какъ такая же осадка и всего сооруженія можетъ быть признана для него также безопаснную. Engesser, допускаетъ пользованіе нагрузками малыхъ площадей основанія, рекомендуетъ, однако, вводить въ добыватъ результаты извѣстной поправки. По изслѣдованіямъ Энгессера, сопротивляемость основанія зависитъ отъ абсолютной величины его площади **), а именно съ возрастаниемъ всѣхъ размѣровъ основанія въ n разъ, и сопротивляемость основанія на единицу его площасти возрастаетъ тоже въ n разъ. Такъ, если сопротивленіе основанія въ 1×1 кв. метръ равно r , то сопротивленіе r' каждого квадратного метра основанія въ $n \times n$ кв. метровъ больше r въ n разъ или, иначе, если площадь основаній относится какъ $1 : n^2$, то сопротивленіе ихъ на 1 кв. метръ относится какъ $1 : n$. Поэтому цифровые результаты испытаний по способу Лемана должны быть помножены на n^2 или, иначе, на \sqrt{n} , если площадь основанія равна n кв. метр., а при испытанияхъ массивъ имѣлъ измѣрение въ планѣ 1×1 кв. метръ.

Высказывалось мнѣніе, что всѣ грунты обладаютъ нѣкотороупругостью, а потому осадки въ некоторыхъ предѣлахъ пропорциональны сжимающему усилию. Это дало поводъ къ дѣленію осадокъ на упругіе и неупругіе, а выѣсть съ тѣмъ привело и къ особому определенію понятия о допустимыхъ или безопаснныхъ нагрузкахъ: предѣломъ безопаснной нагрузки является та, за которую нарушаются пропорциональности осадки. Для определенія такого предѣла нагрузки какого-либо грунта служить слѣдующій прѣмъ испытания: производится нагрузка какой-либо площади грунта (напр. при помощи массива, предложенного Леманомъ) и замѣчается его осадка, нагрузка увеличивается, замѣчается новая осадка и т. д. Результаты наблюдений выражаются графически: по оси абсцисс откладываются величины постепенно возрастающихъ нагрузокъ, а по ординатамъ — величинамъ соотвѣтственныхъ осадокъ грунта; построенные точки соединяются плавною линіею. Пока осадки возрастаютъ про-

*) Deutsche Bauzeitung, 1881, стр. 403.

**) Это замѣчено и многими другими изслѣдователями, но иначе одѣнется иная эта зависимость.

порционально нагрузкамъ, построенная линія должна быть очень близка къ прямой, а затѣмъ болѣе или менѣе круто изгибаться. Абсциссою начала изгиба этой линіи опредѣляется величина предѣлной нагрузки, а ординатою — предѣльная допустимая осадка.

Выяснивъ такимъ образомъ предѣльную нагрузку, некоторую долю ея можно принять за безопаснную.

Возможная величина осадки грунта подъ сооруженіемъ, безспорно, можетъ служить для характеристики его качества, но при этомъ не слѣдуетъ забывать слѣдующаго обстоятельства. Для устойчивости сооружений опасна не абсолютная величина осадки грунта *), а степень ее равномѣрности по всей площади сооружения, такъ что большая, но равномѣрная осадка менѣе опасна, чѣмъ хотя и малая но не равномѣрная.

Ввиду этого, пользуясь тѣмъ или иншимъ способомъ изслѣдований скимаемости грунта, нельзя довольствоваться однимъ только определеніемъ въ одномъ какомъ-нибудь мѣстѣ основанія, а нужно сѣѣть нѣсколько определеній въ разныхъ мѣстахъ.

Съ цѣлью облегчить изслѣдованіе скимаемости грунта, а, стало быть, и дать возможность производить его въ большомъ числѣ мѣстъ основаній, городскимъ инж. г. Вѣннъ R. Maub'omъ былъ изобрѣтенъ особый приборъ (черт. 101). Ручной аппаратъ Майера для определенія сопротивленія грунтовъ состоитъ изъ мѣдной трубы, заключающей въ себѣ стальную спиральную пружину, по оси которой проходитъ желѣзный стержень, выступающій изъ мѣдной трубы и снабженный на нижнемъ концѣ шингоною наѣзжко для привинчиванія къ нему штамповъ или шаровой головки. Верхнимъ своимъ концомъ пружина прикреплена къ описанному стержню, а нижнимъ къ особой обоймѣ, снабженной двумя рукоятками. На вѣнчайшей по-

Черт. 101.

Ручной аппаратъ Майера.

*) Если грунтъ не выдавливается изъ подъ сооруженій, то большая его осадка служитъ средствомъ его уплотненія, а сглаживательно и повышаетъ его сопротивляемости. См. главу объ устройствѣ фундаментовъ на слабыхъ грунтахъ.

Черт. 101.

Ручной аппаратъ Майера.

верхности нижней части мѣдной трубы сдѣлана шкала, на которой нанесены дѣленія до 30 килограммовъ. Давленіе прибора передается при посредствѣ желѣзныхъ круглыхъ штамповъ, площадью изъ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 и 20 квадратныхъ сантиметровъ *). Если къ стержню привинтить шаровой наконечникъ, установить приборъ вертикально, такимъ образомъ, чтобы наконечникъ вошелъ въ углубленіе штампа, положенного на землю, и начать надавливать на рукоятки, то пружина нѣсколько растянется и передастъ давленіе стержню со штампомъ; при этомъ обойма нѣсколько опустится и на шкалу, при посредствѣ особаго указателя, можно прочесть величину напряженія пружины, а сдѣлательно и давленія, передаваемаго со штампомъ. На боковой поверхности штамповъ проведено по четырьмъ чертамъ на расстояніи одного миллиметра отъ нижняго ребра и одна отъ другой. Эти черты предназначены для наблюденія глубинъ погружения штамповъ въ землю. Согласно инструкціи Майера, прилагаемой къ его прибору, испытаніе грунта производится такъ: «Послѣ вырытия фундамента до известной глубины, разравнивается за часть его, которая должна быть подвергнута испытанію, чисто, гладко, желѣзною лопаткою; на подготовленную такимъ образомъ поверхность кладется одинъ изъ штамповъ, причемъ десятникъ, находящійся въ лежачемъ положеніи, слѣдить за степенью вдавливанія штампа, максимальное погруженіе котораго достигаетъ до $2\frac{1}{2}$ шт. отмѣченныхъ на каждомъ изъ штамповъ иѣблестъ знакъ для прекращенія дальнѣйшаго надавливанія на рычаги. Полученное число килограммовъ, показываемыхъ на скѣлѣ, даетъ то максимальное допускаемое давленіе на квадратную единицу даннаго грунта, а такъ какъ грунтъ въ одной и той же ямѣ бываетъ разны, то желательно проѣбрать сопротивление грунта въ нѣсколькихъ мѣстахъ разными штампами ради контроля».

Кромѣ только что описанаго, Майеромъ построено еще одинъ болѣе сложный приборъ для определенія степени сжимаемости грунта, позволяющій дѣлать болѣе точныя наблюденія **).

Несмотря на прекрасные отзывы объ этихъ приборахъ цѣлаго

*) Первые четыре штампа назначаются непосредственно на стержень. Въ послѣднихъ четырехъ сдѣлано полуциркульное углубленіе, въ которое и вставляется привинчиваемый къ стержню шаровой наконечникъ.

**) См. Zeitschrift des Oesterl. Ing.—und Architekten Vereines 1896. № 44.

ряда пѣмецкихъ профессоровъ съ L. v. Тетмаугомъ во главѣ, позитительно, однако, усомниться въ достичимости той цѣли, которую преслѣдовалъ Майеръ при изобрѣтеніи своихъ приборовъ. Его приборъ, дѣйствительно, показываетъ давленіе, необходимое для погруженія на определенную глубину въ грунтъ того или иного штампа, но по этому углубленію еще нельзя судить о прочномъ сопротивлѣніи грунта, такъ какъ теперь достовѣрно извѣстно, что и сопротивлѣніе и осадка зависятъ не отъ одной только величины нагрузки, но и отъ размѣровъ и даже фигуры фундамента въ планѣ, но какова именно эта зависимость намъ положительно неизвѣстно. Одно только можно сказать съ полной достовѣрностью, что съ увеличеніемъ площади основаній сопротивлѣніе каждой единицы этой площасти возрастаетъ. Поэтому величины безопаснѣыхъ нагрузокъ, опредѣляемыя приборомъ Майера, должны быть вскому случаю меньше дѣйствительныхъ, а размѣры фундаментовъ, опредѣляемыя по этимъ наблюденіямъ, — болѣе дѣйствительно необходимыхъ, что должно безплодно увеличивать стоимость сооруженія.

Приборъ Майера можетъ показывать сопротивлѣніе только весьма тонкихъ поверхностныхъ слоевъ грунта, поэтому, если, напр., поверхность основаній утолщана рабочими, производившими рытье котлована, то показанія прибора должны давать преувеличенную цифру сопротивляемости грунта.

Въ грунтахъ мокрыхъ и въ сухомъ песке приборъ погружается весьма легко на сравнительно большую глубину и тѣмъ указываетъ на ничтожную ихъ сопротивляемость, тогда какъ въ дѣйствительности сопротивляемость этихъ грунтовъ можетъ быть вполнѣ достаточной.

Наблюденіе погруженія штампа на глубину $2\frac{1}{2}$ миллиметровъ задача далеко не такая проста, какъ это можетъ казаться при чтеніи описанія способа испытанія грунта.

Сжатіе грунта происходитъ не такъ быстро, какъ можетъ быть увеличивающе давленіе на приборъ, оно можетъ продолжаться подъ нагрузкою въ теченіе болѣе или менѣе продолжительного времени, а потому наблюденія по прибору Майера осадки могутъ быть менѣе дѣйствительныхъ.

Для испытанія степени однородности грунта по всей площасти основанія приборъ Майера, конечно, вполнѣ пригоденъ.

Для приближенного и сравнительно скорого определения сжимаемости грунтов может служить также ударная их проба.

Испытание ударами основано на томъ предположении, что дѣятельство удара можно по некоторой степени приравнять дѣятельству другого, спокойно лежащаго груза^{*)}. Обозначая черезъ P —вѣсъ бабы, имѣющей площадь основанія[†]— S квадратныхъ единицъ, H —высоту паденія бабы, т. е. разстояніе отъ нижней поверхности бабы до поверхности грунта до удара, h —величину скатія, или осадки грунта, производимой вѣдомствомъ удара бабой, Q —вѣсъ спокойно лежащей нагрузки, лежащей на площади грунта $= S$ и производящей ту же осадку h , должны иметь такое соотношеніе между этими величинами:

$$P(H+h) = Qh.$$

Отсюда N —грузъ, отнесенный къ единице площади и дающий ту же осадку, будетъ:

$$N = \frac{Q}{S} = \frac{P}{S} \left(\frac{H}{h} + 1 \right).$$

Величина h опредѣляется пивеллировкою.

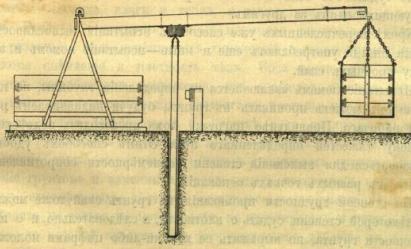
Величина N опредѣляется какъ среднее изъ пѣрвыхъ опыта при разной величинѣ H . Способъ этотъ непримѣнимъ для определенія сжимаемости грунтовъ упругихъ.

Всѣ вышеизложенные способы испытаний сжимаемости грунтовъ примѣнимы въ томъ лишь случаѣ, когда подлежащій испытанию слой уже обнаженъ по всей площади основанія. Въ дѣйствительности же очень часто является надобность знать сжимаемость грунта до обнаженія всей его поверхности или же знать сжимаемость пѣрваго ряда слоевъ, залегающихъ одинъ ниже другого. На желательности такихъ именно испытаний было указано, между прочимъ, въ инструкціи по изслѣдованию грунтовъ Рязанско-Уральской ж. дор. Въ этой инструкціи былъ рекомендованъ и приборъ и способъ такого испытанія.

Приборъ этотъ, показанный на черт. 102, состоитъ изъ вертикального дубового стержня, диаметромъ 3,57" (площадь сеченія 10 кв. дм.), опускаемаго въ бурзовую скважину, выверленную до той глубины, на которой желаютъ произвести испытание грунта. Нижний

^{*)} См. Основ. и фунд., соч. В. Карловича, стр. 9.

конецъ стержня обрѣзается нормально къ его оси, сглаживается и стягивается желѣзнымъ болтами, а верхній снабжается стальной насадкою въ видѣ ножа. На этотъ ножъ накладывается деревянное коромысло цилиндрической выемкою въ стальной пластинѣ, прикрепленной къ коромыслу болтами. Короткое плечо коромысла, длиною въ 0,75 саж., связано помошью крючьевъ съ большими деревянными, стоящими на землѣ ящиками, вмѣщающими до 225 пуд. земли. На концѣ другого плеча коромысла, длиною 1,50 саж., подвѣшено малый деревянный ящикъ, вмѣщающій до 75 пуд. земли.



При такомъ отношеніи длины плеч коромысла, грузъ малаго ящика съ насыпаною въ него землею, передается деревянному стержню въ упрашеннѣ видѣ, благодаря чему давление на стержень, а слѣдовательно и на 10 кв. дм. поверхности грунта можетъ быть доведено до 225 пуд. Для записыванія осадокъ грунта служитъ карандашъ, прикрепленный къ стержню, и полоса бумаги, приводимая въ движение часовыми механизмами, установленными на особомъ столбѣ.

Для получения болѣе избранныхъ данныхъ, для буровой скважины рекомендуется сглаживать специально изготовленными буромъ безъ нижнаго направляющаго винта. Въ предупрежденіе выпущиванія грунта въ скважину вокругъ стержня, рекомендуется промежутокъ

между стержнем и стыками скважины, примерно на 1 аршинъ от дна, засыпать сухо землею. Если окажется возможнымъ, рекомендуется нагрузку грунта доводить до его разрушения, съ цѣлью определенія временнаго его сопротивленія.

Ввиду сравнительной незначительности площади поперечного сечения стержня, передающаго давленіе грунту, опредѣляемыя при посредствѣ этого прибора величины сопротивленія тоже должны быть далеки отъ истинныхъ. Тѣмъ не менѣе идея этого прибора заслуживаетъ полнаго вниманія, такъ какъ по его показаніямъ все же можно судить объ относительной сопротивляемости ряда грунтовъ, следующихъ одинъ за другимъ.

Кромѣ перечисленныхъ уже способовъ испытаний выносимости грунта иногда употребляютъ еще и иные—испытаніе ломомъ и забивку пробныхъ свай.

Испытаніе ломомъ заключается въ опредѣленіи глубины, на которую онъ можетъ проникнуть въ грунтъ, будучи надавливаемъ руками рабочаго. Правильнѣе нагрузку лома производить подѣлкой къ нему тяжестей опредѣленного вѣса. Этимъ способомъ удобно пользоваться для выясненія степени равномѣрности сопротивленія грунта въ разныхъ точкахъ основанія.

По степени трудности прониканія въ грунтъ свай тоже можно до некоторой степени судить о плотности, а слѣдовательно и о выносимости грунта, но выражать ее какими-либо цифрами положительно нельзя, такъ какъ на ходѣ сваи, кроме сопротивленія грунта вынуждены изъ-подъ сваи, влѣтѣть еши и трепѣ боковой ею поверхности о грунтъ. Испытаніе грунта пробными сваями вполнѣ уместно въ томъ только случаѣ, если сваи предполагается использовать при устройствѣ фундамента. Для определенія величины сопротивленія свай существуетъ множество формулъ, расчетъ по которымъ, къ сожалѣнію, приводитъ къ весьма разнорѣчивымъ результатамъ.

Сопротивленіе свай болѣе правильно можно опредѣлить дѣйствиемъ на нихъ покойной нагрузки, а не ударовъ.

Обеспеченіе прочности основанія. По продолжительности службы, сооруженій можно раздѣлить на временные, возводимыя на определенный, болѣе или менѣе короткій промежутокъ времени, и на постоянныя, возводимыя на неопределено долгое время. Для

сооруженій послѣдней категоріи основанія должны сохранять за собою достаточную степень сопротивленія дѣйствующимъ на нихъ усилиямъ также неопределенно долгое время. Величина сопротивленія основанія зависитъ отъ свойствъ грунта; следовательно, для сохраненія этой силы сопротивленія, свойства грунта должны оставаться неизменными во все время службы сооруженій, т. е. неопределено долго. Въ составъ искусственныхъ основаній очень часто входитъ дерево, которое для долговѣчности основаній также должно оставаться въ неизменномъ состояніи. Измененіе свойствъ и разрушение грунтовъ происходитъ подъ влияніемъ атмосферныхъ дѣятелей—воздуха, влаги и тепла, а также течений воды и волненія. Воздухъ оказываетъ непосредственное химическое дѣйствіе на различные тѣла, измѣня ихъ химическій составъ, причемъ измѣняются спѣленіе и плотность тѣла. Вода растворяетъ частицы грунта, способствуетъ разложенію ихъ, заключая въ себѣ газы и кислоты; при замерзаніи вода раздвигаетъ частицы, между которыми она заключена. Въ большомъ количествѣ вода, заключающаяся въ грунѣ, разжижаетъ его; имъ же течениемъ—размываетъ его и уносить. Волненіе также механическимъ путемъ разрушаетъ грунты. Разрушеніе грунтовъ и каменныхъ строительныхъ материаловъ подъ влияніемъ атмосферныхъ дѣятелей называется *вымываніемъ* и происходитъ не только на поверхности, но простирается и вглубь. Глубина, до которой простирается разрушительное дѣйствіе на грунтъ замерзающей водой, называется *глубиной промерзанія грунта*.

Вода, находящаяся въ землѣ и извѣстнике подъ именемъ *грунтовыхъ водъ*, не остается на одномъ уровне—*горизонтъ грунтовыхъ водъ*; высота этого горизонта измѣняется соответственно со временемъ года и состояніемъ погоды. Горизонтъ грунтовыхъ водъ можетъ быть искусственно понижаемъ путемъ дренажныхъ работъ. Если въ составъ основанія входитъ дерево, то оно при колебаніяхъ горизонта грунтовыхъ водъ, подвергаясь поперемѣнному дѣйствию воды и воздуха, быстро сгинается; лишь оставаясь постоянно подъ водою дерево не гибнетъ.

Обеспеченіе за основаніемъ неизменности отъ влажнаго атмосферныхъ дѣятелей заключается въ томъ, что основанія располагаютъ на такой глубинѣ отъ поверхности земли, до которой не достигаетъ морозъ въ умѣренныхъ климатахъ, или оттаивание въ стра-

нахъ, расположенныхъ на дальнемъ съверѣ *), или, какъ принятъ выражаться, *ниже глубины промерзания* или оттаванія. Если же основаніемъ служитъ первыѣ трещаващія скалы, на которую морозъ не оказываетъ влажн., то основаніе располагается почти на поверхности, т. е. углубляется на столько, на сколько необходимо для выравнивания скалы подъ плоскость **). Глубина промерзанія зависитъ отъ географического положенія мѣста производства работъ. Для средней полоы Россіи эта глубина около 2 аршинъ, въ съверной—около 1 сажени, въ Закавказіи менѣе одного аршина. Глубина оттаванія въ съверныхъ странахъ иногда ограничивается аршиномъ и менѣе, смотря по географическому положенію.

Если въ составѣ основанія входитъ дерево, то, для сохраненія его отъ гниенія, необходимо, чтобы оно постоянно оставалось въ водѣ или, другими словами, основаніе должно быть опущено *ниже са-мыхъ низкихъ групповыхъ водъ*. Въ морской водѣ дерево очень часто истребляется особою породою червей, а потому въ моряхъ, где обнаружится такою червь, употребленія дерева для оснований допускать нельзя.

Основаніе должно быть также защищено отъ непосредственнаго дѣянія текучей воды и волненія. Если текучія воды встрѣчаются внутри земли, то иногда можно бываетъ ихъ отвести отъ основанія, или же защитить основаніе отъ размыка огражденіемъ его стѣнками, недопускающими выноса грунта. Если текучія воды омыгаютъ поверхность земли, на которой возведено сооруженіе, то защита по-следнію отъ размыка заключается въ укрѣпленіи поверхности земли неразмываемыми материалами.

Подробности, касающіеся вопроса объ обезспеченіи фундаментовъ подводныхъ сооружений отъ размыва текучими водами или волненіемъ, излагаются въ курсахъ мостовъ, водныхъ сообщеній, при-морскихъ сооруженій и т. п.

*) Слои грунта, не оттавающие зѣтомъ, въ Сибири носятъ общее название—*жерлома*.

**) При постройкѣ деревянныхъ домовъ иногда обходятся вовсе безъ фундамента, располагая нижнюю обвязку непосредственно на поверхности земли, совершенно независимо отъ рода грунта.

ГЛАВА IV.
Дѣйствія грунта на сооруженія

Дѣйствія грунта на сооруженія. Въ предшествующей главѣ были указаны условия, которымъ долженъ удовлетворять слой грунта, для того чтобы онъ могъ служить надежнымъ основаніемъ сооруженія. Такой слой грунта, какъ сказано, называется материкомъ.

Материкъ можетъ залегать на различной глубинѣ отъ поверхности земли: въ однихъ случаяхъ онъ можетъ выходить на поверхность или быть покрытымъ сравнительно тонкимъ слоемъ слабаго грунта, въ другихъ случаяхъ онъ можетъ залегать сравнительно глубоко, но все же быть достижимымъ, напротивъ, онъ можетъ залегать на глубинѣ для насъ недостижимой, по крайней мѣрѣ при тѣхъ техническихъ средствахъ, которыми мы располагаемъ въ настоящее время.

Если материкъ залегаетъ не глубоко, фундаментъ всегда располагается непосредственно на немъ.

Если материкъ залегаетъ на недостигаемой глубинѣ, то фундаментъ сооруженія по невольѣ приходится располагать на слабомъ грунте.

Если же материкъ залегаетъ сравнительно глубоко, но все же достижимъ, можно поступать двою: или во чтобы то ни стало давленіе сооруженія передавать материку или же и въ этомъ случаѣ располагать фундаментъ на слабомъ грунте. Такимъ образомъ различныхъ системъ оснований можетъ быть только два:

Основаніе на материкѣ. *Употребляется въ подводныхъ сооруженіяхъ*
Основаніе на слабомъ грунте.

Выборъ той или иной системы основанія, когда материкъ залегаетъ на сравнительно большой глубинѣ, обусловливается назначениемъ сооруженія, желаемою степенью приданія ему устойчивости и сравнительной дешевизною работъ. Такъ, напр., при залеганіи материка на глубинѣ 5 саж., сравнительно легкій домъ можно и выгоднѣе расположить на слабомъ грунте, а грузный устой моста необходимо основать на материкѣ.

Мѣстность, на которой возводится сооруженіе, очень часто бываетъ покрыта водою, при чёмъ глубина воды можетъ колебаться въ широкихъ предѣлахъ.

Очень часто вода места производства работ не покрывает, но заключается в изобилии в самом грунте; приток грунтовых вод по водонесным прослойкам может быть очень значительен.

Присутствие воды вообще затрудняет производство работ, влияет на выбор конструкции фундамента, на приемы и способы их исполнения, а потому, руководствуясь при выборе системы оснований не одною только достоинствами материала, но и другими соображенными, приходится принимать во внимание и присутствие воды на месте предполагаемого сооружения. Положим, напр., что дно реки состоит от слоя слабого грунта, толщиной 7 саж., под которым залегает скала, и требуется построить мостовой бык. Если глубина воды большая, напр. 5 саж., то удобнее и выгоднее опустить кессон до материала, а если глубина малая, напр. всего 1 саж., то может оказаться более выгодным построить перемычку, отнять воду и расположить фундамент на слабом грунте, уплотнив его предварительно, положив, забивкою свай частоколом.

Оставляя в стороне вопрос о том, в каких именно случаях должна быть избрана та или иная система основания, познакомимся пока в общих только чертежах с различными конструкциями и разными способами производства работ по устройству оснований и фундаментов, различая случаи, когда материал залегает на малой, большой, или недоследованной глубине, когда место не покрыто водою или покрыто ею, когда грунт сухой или обильно смочен грунтовыми водами.

Способы производства работ на местности, покрытой водою или с большими притоками грунтовых вод. С давних пор практикуется вырывание с целью производства подвода каких-либо простейших работ. Пребывание под водой при вырывании может длиться максимум 2 минуты, а в таком промежутке времени одна только можно приспособиться к работе. С развитием культуры потребность в подводных работах постепенно возрастала, и в настоящее время техника обладает несколькими способами борьбы с водой.

Простейший способ, заключается в ограждении места работы непроницаемыми стенками, так называемыми *перемычками*, и в отливке воды из огражденного этими стенками пространства. При

этот работе в таком осущенном пространстве производится совершение такъ же, какъ и на суши.

Ввиду удобства, представляемых работами въ перемычках, для кладки фундаментов были изобретены *понтонные ящики*, т. е. своего рода погружаемые или плавучие перемычки, въ которыхъ кладка фундамента начинается на дѣл плавающаго ящика, при чёмъ послѣдний, по мѣрѣ возведенія кладки, погружается въ воду и, наконецъ, устанавливается на заранѣе приготовленное основание. При этомъ стѣнки ящика играютъ роль перемычки и по окончаніи работы снимаются. Способъ этотъ въ настоящее время, слѣдуетъ сказать, употребленъ жестко, значительно усовершенствованъ.

Съ цѣлью дать возможность рабочимъ дышать подъ водой, были изобретены *водолазные колокола*, а затѣмъ и *скайдеры*. Размѣры колоколовъ, употребляемыхъ до половины прошлаго столѣтія, позволяли производить подводныя строительныя работы на очень маломъ пространствѣ и незначительнымъ числомъ рабочихъ. Въ настоящее время вмѣсто колоколовъ употребляются, такъ называемые, *съемные ящики* и *кессоны*, т. е. тѣ же колокола, но размѣры которыхъ бываютъ согласованы съ размѣрами самого сооружения, что позволяетъ ставить большое число рабочихъ и вести работу по всей площади, занимаемой ящикомъ или кессономъ. Подымая землю изъ-подъ кессона, его погружаютъ на значительную глубину въ грунтъ, причемъ на потолкѣ кессона возводится кладка. По окончаніи погружения кессона, его заполняютъ кладкою же или бетономъ и оставляютъ въ группѣ. При употреблении съемнаго ящика кладку ведутъ только внутри его, а ящикъ постепенно поднимаютъ, по мѣрѣ возведенія кладки, пока послѣдняя не выйдетъ на поверхность воды; тогда ящикъ спускаютъ совсѣмъ. Вода изъ съемныхъ ящиковъ и кессоновъ вытѣсняется воздухомъ, давленіе котораго, въ зависимости отъ глубины погружения кессона, доходитъ до 3—4 атмосферъ. Работа въ такомъ ящикѣ или кессонѣ производится такъ же, какъ и на суши, только необходимо принимать мѣры противъ вреднаго влияния сущеннаго воздуха на организмъ рабочихъ. Способы производства работъ, при условии пользованія съемными ящиками или кессонами, известны подъ названіемъ *гидравлическихъ*.

Въ послѣднее время стали пользоваться смѣшаннымъ способомъ производства работъ, употребляя кессоны въ связи съ понтонами.

Этот способ представляется большое удобство, устраняя даже надобность строить какая-либо подмости, так как плавучий понтоон может поддерживать связанный с ним кессон.

Скафандром называется полная водонепроницаемая обмундировка водолаза, состоящая из резиновой одежды и мёдного шлема.

Работа в скафандре крайне затруднительна, а потому ею пользуются для простейших работ одиночными рабочими.

В приведенных выше случаях для работы под водой по-следняя тъм или иным способом удается съ мѣста работы, гдѣ поэтому можно работать таъ же, какъ и на суши. Способы производства работы, при условии пользованія перемычками, понтоонами и съемными лиценами или кессонами, мы будемъ называть работами съ водоотливомъ *).

Работы съ водоотливомъ обходятся, вообще говоря, дорого, а потому были изобрѣтены таѣкъ конструкции фундаментовъ и также способы ихъ исполненія, при которыхъ тѣль надобности прибѣгать къ водоотливу. Для производства нѣкоторыхъ подводныхъ работъ изобрѣтены цѣлый рядъ механическихъ приспособленій.

Способы производства работы по устройству оснований и фундаментовъ выводимыхъ подъ воду при посредствѣ только что упомянутыхъ механическихъ приспособленій, съ примѣненіемъ особыхъ конструкций фундаментовъ и съ допущеніемъ простейшихъ видовъ кладки, извѣстны подъ названіемъ способовъ производства работъ безъ водоотлива.

Общий обзоръ способовъ устройства оснований и фундаментовъ. Очень часто одна и та же цѣль можетъ быть достигнута различными способами; выбрать же того или другого опредѣляется въ зависимости отъ разнообразныхъ побочныхъ обстоятельствъ. Посмотримъ теперь, въ общихъ чертахъ, какими способами могутъ быть устраиваемы основанія и фундаменты, и при какихъ мѣстныхъ условіяхъ приходится избирать тотъ или другой способъ.

* Часто подъ словами „работы съ водоотливомъ“ разумѣются только работы изъ перемычекъ, т. е. съ непосредственнымъ отвѣчиваніемъ воды подводными приборами, причемъ таѣкъ работы какъ бы противостоятъ работамъ пневматическимъ или въ понтоонныхъ лиценахъ, при которыхъ непосредственное отвѣчиваніе воды не производится. Такое толкованіе слова „работы съ водоотливомъ“ не соотвѣтствуетъ действительному положенію дѣла.

Рассмотримъ сперва первую систему основаній — на материкѣ, причемъ будемъ различать слѣдующіе случаи:

А — материкъ залегаетъ на глубоку,

Б — материкъ залегаетъ на значительной глубинѣ.

Въ обоихъ случаяхъ мѣстность можетъ быть не покрыта или покрыта водою.

А) Материкъ залегаетъ на глубоку.

а) мѣстность не покрыта водою. Материкъ можетъ выступать на дневную поверхность или залегать на нѣкоторой глубинѣ, вообще незначительной. Если въ первомъ случаѣ материкомъ служитъ скала, неподвергающаяся выѣтвѣриванію, не имѣющая трещинъ и другихъ поврежденій, сооруженіе можетъ быть возведено непосредственно на скалѣ, безъ углубленія въ нее. Вся работа по устройству основанія можетъ заключаться въ *планировкѣ*, т. е. въ выравнивании поверхности скалы подъ одну горизонтальную плоскость. Если поверхность скалы имѣетъ значительный уклонъ относительно горизонта, планировка производится уступами, причемъ высота уступовъ образуется съ высотою рядовъ каменной кладки фундамента. Если скала принадлежитъ къ выѣтвѣривающимъ породамъ, при планировкѣ ея снимаются весь выѣтвѣрившийся слой, слѣдовательно, углубляются уже наѣкоторую, вообще незначительную, глубину. Если въ скалѣ встрѣчаются пустоты или трещины, обыкновенно заполнены землю или обломками породы, послѣднюю выбираютъ и замѣняютъ бетономъ или кладкою. Если скала пропускаетъ чрезъ себя воду, пытаются отвести послѣднюю въ сторону; если это не удается, поверхность скалы полезно покрыть слоемъ бетона, толщиной въ нѣсколько сантиметровъ сажени.

Если материкъ, будетъ ли то скала или другой какой-либо надежный грунтъ, залегаетъ на нѣкоторой глубинѣ отъ поверхности земли, работы по устройству основанія заключаются въ рытьѣ котлована и планировкѣ дна его подъ одну или нѣсколько плоскостей.

Если, на поверхности спланированаго материка встрѣчаются трещины, пустоты, засыпанія ямы (колодцы), поступаютъ таѣкъ же, какъ сказано было выше, т. е. заполняютъ ихъ бетономъ или кладкою, или просто заграмбовываютъ щебнемъ. Но такъ какъ такие мѣста будутъ вслѣдъ слабѣ остального материка, то ихъ полезно

выводить изъ сферы дѣйствія нагрузки, располагая въ фундаментѣ разгруженны арки (черт. 27). Встрѣчающіеся ключи заглушаютъ; при значительномъ просачиваніи воды по плоскости основанія, его покрываютъ тонкимъ слоемъ бетона. Если опасается за размывъ материка грунтовыми водами, имѣющими теченіе благодаря покатости слоя грунта, то мѣсто, избранное подъ сооруженіе, окружаютъ шпунтовою стѣнкою. И въ этомъ случаѣ лучшимъ средствомъ обеспеченія основанія отъ вреднаго дѣйствія грунтовыхъ водъ является отводъ ихъ въ сторону, если только это возможно.

По окончаніи работы котлована и планировки основанія, приступаютъ къ кладкѣ фундамента. Фундаменты въ огромномъ большинствѣ случаевъ кладутъ изъ бутового камня, преимущественно на гидравлическомъ растворѣ. Первый рядъ камней очень часто кладутъ насухо, расщебеняютъ швы, заливаютъ жидкимъ растворомъ, и, только начиная со второго ряда, кладку ведутъ на густомъ растворѣ подъ лопату, съ осаживаніемъ отдѣльныхъ камней трамбовкой. Однако, такой приѣмъ работъ рекомендовать нельзя, такъ какъ при немъ первый слой кладки оказывается слишкомъ рыхлымъ, отдѣльные его камни могутъ вдавливаться въ землю, или земля можетъ проникать въ швы между камнями. Какъ то, такъ и другое можетъ вызывать неравномѣрную осадку фундамента, и даже погиленіе въ немъ трещинъ. Во избѣжаніи этого, если дно котлована достаточно твердо и сухо, первый рядъ камней слѣдуетъ класть на густой растворѣ, располагая послѣдний непосредственно на грунте; если дно котлована мокре или верхній слой основанія разрыхленъ ногами рабочихъ, то по дну котлована слѣдуетъ разсыпать тонкій слой щебня, тщательно втрамбовать его въ грунтъ и уже на этомъ слоѣ начать правильную кладку фундамента.

6) *Мѣстность покрытаго водою.* На мѣстности покрытой водою, какъ и на сушѣ, материкъ можетъ быть обнаженъ или покрытъ слоемъ напоса, болѣею частью рѣчнымъ пескомъ, иломъ. Если материкъ обнаженъ, а глубина воды достаточна для того, чтобы вода не замерзала до самого дна, самое же дно не обнажается при отливахъ или при низкихъ горизонтахъ воды, то фундаментъ сооруженій можно закладывать непосредственно на днѣ, послѣ спланировки его подъ плоскость, не опасаясь за вымытие. Въ противномъ случаѣ основаніе должно быть погружено въ материкъ на глубину промерзанія, считая отъ низкаго горизонта воды. Если материкъ

покрыть напосомъ, послѣдний въ большинствѣ случаевъ приходится снять до самого материка, а материкъ спланировать.

Какъ извѣстно изъ предыдущаго параграфа, работы подъ водою могутъ быть произведены двумя способами: съ водоотливомъ или безъ водоотлива.

Въ первомъ случаѣ, для устройства основаній употребляютъ перемычки или съемные ящики. До половины прошлаго столѣтія при водоотливѣ употреблялись исключительно только перемычки, которыя въ некоторыхъ случаяхъ отличались грандиозными размѣрами и стояли огромныхъ денегъ. Въ настоящее время перемычки употребляются только при небольшихъ глубинахъ (1—2 саж.), при большой же глубинѣ прибегаютъ или къ съемнымъ ящикамъ, или къ работамъ безъ водоотлива.

Въ второмъ случаѣ, т. е. при устройствѣ основаній безъ водоотлива, если материкъ покрытъ слоемъ напоса, послѣдний снимается землечерпалательными машинами—порѣями, экскаваторами или просто черпаками. Такимъ же образомъ планируется и самий материкъ. Горизонтальность и правильность планировки проѣбрьется помощью шеста, на нижнемъ концѣ котораго прикрѣпляется плоская гиря, а на верхнемъ сдѣлано соответственная зарубка или помѣтка. Наблюданіе положеніе зарубокъ относительно горизонта воды, можно судить, гдѣ встрѣчается на днѣ впадина или возвышеніе. Если материкъ лежитъ непосредственно подъ водою, болѣе грубая планировка производится черпаками или землечерпалательными машинами, а затѣмъ дно выравнивается подъ плоскость бетономъ или присыпкой щебня помощью особыхъ воронокъ; этимъ и ограничиваются работы по устройству основаній; далѣе идуть уже работы по устройству подводнаго фундамента.

При готовомъ уже подводномъ основаніи, фундаменты могутъ возводиться съ водоотливомъ или безъ водоотлива.

Въ первомъ случаѣ употребляютъ понтонные или съемные ящики. До настоящаго времени понтонные ящики дѣлались исключительно деревянными. Такіе ящики при большой глубинѣ погружены оказываются крайними и трудно бываетъ достичь ихъ непроницаемости.

При работахъ съ водоотливомъ для образования фундаментовъ можно пользоваться правильной кладкою. При этомъ нижняя часть кладки, приходящейся ниже самого низкаго горизонта воды, обыкновенно оставляется безъ облицовки, а верхняя облицовывается тесаннымъ камнемъ.

Во второмъ случаѣ для образования фундаментовъ пользуются

бетономъ, отливаемымъ въ бездонныхъ ящикахъ или нагружаемымъ въ мѣшкахъ, бетонными или бутовыми массивами, деревянными ряжами, заполняемыми камнемъ и, наконецъ, каменною наброскою.

Б. Материкъ залегаетъ на значительной глубинѣ.

Смотря по грузости сооруженій и степени желаемаго обеспечения за нимъ прочности, давленіе сооруженій передають материку или при посредствѣ цѣлого ряда отдѣльныхъ каменныхъ столбовъ или свай, или же помошью сплошнаго фундамента подъ все сооруженіе.

а) *Мысльность не покрыта водой*. Если грунтъ сухой и нельзя ожидать большого притока грунтовыхъ водъ на болѣе или менѣе значительной глубинѣ, употребляютъ сплошные каменные столбы, кладку которыхъ ведутъ въ открытыхъ шахтахъ, опускныи колодцы и металлическія сваи.

Если грунтъ сырой, можно пользоваться сваями деревянными. При большомъ притокѣ грунтовыхъ водъ опускаютъ каменные колодцы или желѣзные цилиндры при механической подрывкѣ грунта и даже кессоны. Въ послѣднее время, съѣлью огражденій мѣста производства работъ отъ притока грунтовыхъ водъ, стали пользоваться замораживаніемъ грунта.

Отдѣльные каменные столбы или колодцы перекрываютъ арками, на сваи кладется рострѣвка. На этихъ аркахъ или на рострѣвкѣ возводится сплошная кладка фундамента.

Для передачи давленія глубоко залегающему материку недавно были применены бетонныи сваи.

б) *Мысльность покрыта водой*. При незначительной глубинѣ воды, строятъ перемычу, отливаютъ изъ неї воду, забиваютъ до материка сваи и располагаютъ на нихъ деревянный рострѣвка или слой бетона; или же, не пользуясь перемычкою, забиваютъ до материка сваи, спиливаютъ ихъ подъ водой и ставятъ на нихъ деревянный понтонъ съ выведеніемъ уже въ немъ кладкою фундамента, или, оградивъ мѣсто работы легкую стѣнкою, отливаютъ толстый слой бетона. Какъ при малой, такъ и большой глубинѣ воды пользуются также опускными каменными колодами и желѣзными цилиндрами съ механической подрывкою грунта *), забивными или винтовыми металлическими сваями и, наконецъ, кессонами.

*.) При малой глубинѣ воды, въ случаѣ опускания колодцевъ, иногда дѣлаютъ земляную нассыпь нѣсколько выше поверхности воды и съ неї уже ведутъ опускание колодца.

Разсмотримъ теперь вторую систему оснований—на слабомъ грунте.

Плотность грунта и вообще совокупность всѣхъ его качествъ, необходимыхъ для безопаснаго расположения на немъ сооруженія, можетъ варирировать въ самыхъ широкихъ предѣлахъ. Величина давленія сооруженія, которое нужно передать грунту, можетъ также измѣняться въ большихъ предѣлахъ. Поэтому является крайнее разнообразие въ способахъ решенія задачи, но всѣ они направлены къ достижению слѣдующихъ цѣлей:

къ возможно правильному распределенію давленія по всей площасти основаній;

къ возможному уменьшенію давленія на единицу площасти основанія путемъ устройства болѣе глубокихъ и широкихъ фундаментовъ; къ возможному увеличению сопротивляемости грунта;

къ утилизации трепѣнія фундамента о грунтъ.

Разсмотримъ и въ этой второй системѣ основаній два случая:

а) *Мысльность не покрыта водой*. Легкія сооруженія (особенно временные) можно располагать непосредственно на поверхности слабаго грунта; во всѣхъ остальныхъ случаяхъ основаніе располагаютъ на глубинѣ ниже промерзанія грунта.

Для достижения возможно болѣе равномѣрности осадки, стараются возможно однообразнѣе распределить давленіе по основанію, для чего пользуются рострѣвкой, расположаемымъ прямо на грунте. Рострѣвка подъ фундаментныи стѣны называется *лежнами*. Рострѣвки и лежни обыкновенно дѣлаются деревянными, а потому они должны быть расположены ниже горизонта грунтовыхъ водъ. На мѣстности съ очень низкими грунтовыми водами вмѣсто рострѣвки употребляютъ слой бетона.

Съѣлью предотвращенія неправильной осадки сооружений, могутъ вызвать изгибъ или переломъ фундаментовъ, последіе рекомендуются дѣлать болѣе жесткими. Жесткость фундаментовъ можетъ быть увеличиваема путемъ закладки въ массу кладки балочного желѣза.

Для возможнаго уменьшения давленія на единицу площасти основаній, уширяютъ подошву фундамента и даже приблигаютъ къ сплошнымъ фундаментамъ въ тѣхъ случаяхъ, когда сооруженіе состоять изъ отдѣльныхъ стѣнъ или столбовъ. Для возможно большаго уширения подошвы фундамента, посѣдѣній опускаютъ глубже.

Наиболѣе удачное решеніе задачи по уширению площасти подошвы фундамента и равномѣрной передачѣ давленія слабому грунту достигается при употреблении песчаныхъ и бетонныхъ слоевъ.

Если, не взирая на все это, давление на единицу основания оказывается все же не соответствующим сопротивляемости грунта, то последнюю увеличивают искусственно посредством его уплотнения.

Уплотнение грунта достигается двумя путями: уменьшением объема данного количества грунта или увеличением количества материальных частиц в данном объеме.

В первом случае пользуются утрамбовыванием грунта или временного его погрузка, а во втором — утрамбовыванием в него шебня или забивкой свай частоком.

При уплотнении грунта для восприятия давления сооружений, вместо, занимаемое им, обыкновенно ограждается шпунтовой стыковкой. Цель употребления такой стычки — воспрепятствовать уплотняемому грунту выдавливаться в сторону, а кроме того, если грунтовые воды имутъ течениe, — воспрепятствовать выносу водой часток слабого грунта.

Котлованы под фундаменты роются обыкновенно не сколько шире, чмъ это бываетъ нужно для расположения проектного фундамента. Равнымъ образомъ и шпунтовые стыки ограждаютъ большее пространство. Во избѣжаніе выпучинъ грунта изъ подъ сооружений въ промежутки между откосами котлована или шпунтовой стыковкой и фундаментомъ, первые ряды кладки послѣднаго слѣдуетъ доводить до самихъ откосовъ или до стыки.

Сравнительно недавно для уплотненій слабыхъ песчаныхъ грунтовъ былъ предложенъ оригинальный способъ — обращеніе песка въ искусственный песчаникъ. Такое обращеніе достигается вдуваниемъ въ песокъ цемента, который, твердѣя подъ водою, скрѣпляетъ между собою отдѣльныя песчинки. Этотъ способъ примыкался при работахъ по устройству Бременского порта.

Основаніе на слабомъ грунте, сопротивляемость котораго такъ или иначе увеличена, называется *искусственнымъ*.

При устройствѣ оснований на слабыхъ грунтахъ широко пользуются тѣмъ соображеніемъ, что сопротивленіе основанія, по мѣрѣ увеличенія глубины его заложенія, во всякомъ случаѣ должно возрастать, поэтому часто пользуются очень большими глубинами погружения опускаемыхъ колодцевъ и кессоновъ. При такой глубинѣ заложенія къ сопротивленію основанія присоединяется еще и сопротивленіе со стороны треня боковой поверхности фундамента о грунтъ. О величинѣ такого треня можно судить по тому, что зачастую, при

опусканиіи колодцевъ и кессоновъ, послѣдніе, будучи подрыты по всей площади подошвы, оставляются, и нужно бываетъ прибѣгнуть къ большой добавочной нагрузкѣ, чтобы преодолѣть треня о грунтъ и заставить колодецъ или кессон опускаться глубже.

Въ силу тѣхъ же соображеній, при устройствѣ оснований на слабыхъ грунтахъ, сплошь и рядомъ прибѣгаютъ къ сваямъ, иногда очень внушительной длины.

б) *Мягкотность покрытия водой*. Если глубина воды допускаетъ употребленіе перемычекъ, (*употребленіе*, а не устройство, такъ какъ вопросъ о пользованіи перемычками рѣшается въ настоящее время не однажды исполнимостью этой работы, но и ея выгодностью), основанія и фундаменты устраиваются по одному изъ вышеописанныхъ способовъ, если же употребленіе перемычекъ невыгодно — то для грунтовыхъ сооружений пользуются почти исключительно цилиндрическими, кессонными и винтовыми сваями.

Послѣ всего вышеизложеннаго, и строго различая работы по устройству оснований и фундаментовъ, можно придти къ тому заключению, что работы по устройству собственно основаній производятся только при незначительной сравнительной глубинѣ заложенія фундаментовъ, которые при этомъ возводятся на заранѣе подготовленномъ основаніи; въ случаѣ же заложеній фундаментовъ на большой глубинѣ — работы по устройству основаній отходятъ на задний планъ и вся трудность рѣшенія задачи сосредоточивается на *опускании фундамента*.

Дѣйствительное, можно указать только на весьма немногіе случаи, когда, напр., при большой глубинѣ погружения кессона, прибѣгали бы къ серьезному уплотненію подъ нимъ грунта.

Ознакомившись по настоящему краткому очерку съ разными видами основаній и фундаментовъ, перейдемъ къ болѣе подробному описанію отдѣльныхъ конструкцій и изложенію способовъ производства работъ.

ГЛАВА V.

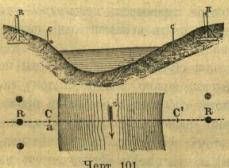
Разбивка работъ при устройствѣ основаній и фундаментовъ. Разбивка работъ имѣть цѣлью точное назначеніе мѣста предполагаемаго сооруженія, его положенія и размѣры.

Если сооружение состоит из нескольких отдельных частей, находящихся в более или менее значительном друг от друга расстоянии, каковы, напр., опоры многопролетного моста,—разбивка работы усложняется точным назначением расположения каждой отдельной части. Так, как ошибка, сущесвующая известных пределов, от неверной разбивки таких работ, можно сказать, неподправима или влечет за собою большую денежную потерю, то необходимость возможной тщательности в этой работе становится очевидно.

Рассмотрим сперва разбивку сооружений, состоящих из нескольких частей, например,—многопролетного моста. Места для устоев обыкновенно бываюют назначены на профиль дороги, а потому, казалось бы, можно при постройке воспользоваться имиющимися пикетами; но на самом деле этого допускать нельзя,

так как при изысканиях измерение шириной реки делается приблизительно, с недостаточной для построек точностью; изысканий производится обыкновенно в такое время года, когда река не покрыта льдом, и ширина ее определяется веревкой, дальномером, или, если и рассчитом по измеренным углам и базису, то все же недостаточно тщательно; если река покрыта льдом, ширину измеряют явно, — но и такое измерение недостаточно для разбивки работ. Поэтому, приступая к разбивке опор моста, необходимо начать с точного измерения расстояния между двумя какими-либо точками на обоих берегах реки, расположенными по направлению избранной оси моста.

Измерение это удобнее производить зимою, когда река покрыта льдом. Расчищают снегъ и проводят ось моста тонкими железными вешками. На этой оси избирают две точки, по одной на каждом берегу, и забивают в них или закапывают длинные столбы или ставы R , R' (черт. 101). На зарятом столбе или забитой и срезанной горизонтально свече делается надрѣзъ, перпендикулярный оси моста, и в центр столба ввертывается дыра для установки вѣхъ. Между этими центрами столбовъ и измеряется раз-



Черт. 101.

стояние. Если нельзя разсчитывать, что этот столбъ уцѣльется до начала постройки опор моста, то, для возможности легкаго восстановленія точекъ, зарываютъ по сторонамъ еще два или четыре столба, какъ показано на чертежѣ 101 въ планѣ.

Измерение производятъ ватерпасомъ или деревянною рейкою съ уровнемъ, начинаютъ отъ центра столба (надрѣза); когда доходить до льда, измѣреніе продолжаютъ по самому льду, наблюдая за горизонтальность рейки и укладывая ею по проѣденной оси.

Измѣреніе повторяется несколько разъ; изъ полученныхъ результатовъ избираются наиболѣе близко подходящіе другъ къ другу и по нимъ опредѣляется средняя арифметическая—это и будетъ окончательная длина между избранными точками.

Если измѣрять по льду нельзя, избирается базисъ, по возможности большой и на горизонтальной мѣстности, поперечно промыривается и изъ крайнихъ его точекъ дѣлаются измѣрены угловъ между вѣшками на столбахъ по оси моста. Углы измѣряются 6—12 разъ, избираются средние изъ наиболѣе близкихъ, и по нимъ вычисляется расстояніе.

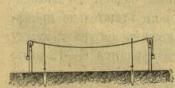
Ошибка въ измѣрении или вычислении допускается въ 0,0001 отъ расстоянія.

По имѣющимся двумъ точкамъ на оси моста можно приступить къ назначению центровъ устоевъ и боковъ. Центръ устоя или бокъ называется точка пересечения двухъ осей: или осей симметрии, или какихъ-либо другихъ линий, проведенныхъ на планѣ устоя или бокъ.

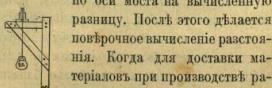
Зная проектное расстояніе между центрами C и C' устоевъ моста и точное расстояніе между двумя постоянными точками или реперами R и R' на берегахъ реки, можно рассчитать точное расстояніе этихъ центровъ отъ реперовъ, избравъ для одного центра, напримеръ C , наиболѣе удобную точку a на берегу. Назначеніе самихъ центровъ на мѣстности будетъ заключаться въ точномъ отмѣриваніи определенныхъ расстояній отъ реперовъ по направлению оси моста. Для большей точности отмѣривание повторяется несколько разъ.

Когда положение центровъ устоевъ опредѣлено, приступаютъ къ определенію положенія центровъ промежуточныхъ опоръ. Если работа ведется на льду, определеніе центровъ боковъ сводится къ точному отмѣриванию проектного расстоянія отъ центра лѣваго,

напр., устоя до центра первого быка, отъ этого послѣдняго до центра второго быка и т. д. Измѣреніе разстоянія между центромъ послѣдняго быка и центромъ праваго устоя можетъ служить средствомъ для проверки точности разбивки всѣхъ промежуточныхъ опоръ. Если несходимость послѣднаго измѣренія съ проектнымъ разстояніемъ превышаетъ допускаемую ошибку, разбивка производится снова. Если приходится назначать центры рѣчныхъ быковъ, когда рѣка не покрыта льдомъ, сперва опредѣляютъ положеніе быка приблизительно и устраиваютъ на этомъ мѣстѣ легкія подмости. На подмостяхъ устанавливаютъ вѣху въ створѣ вѣхъ береговыхъ и вычисляютъ точное разстояніе этой вѣхи отъ береговой. Зная разстояніе вычисленное и требуемое по проекту, перестанавливаютъ вѣху



Черт. 102.



Черт. 103.

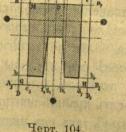
временный мостъ рядомъ съ постоянными, измѣрены для назначенія центровъ быковъ производится по подмостямъ или временному мосту. Иногда, впрочемъ, строятъ легкіе мости по оси моста специально для измѣреній и назначеній центровъ быковъ.

При назначеніи положенія центровъ быковъ да и самыхъ устоятъ, если ширина рѣки не очень велика, для откладыванія разстояній весьма удобно пользоваться проволокой. Дѣлается это такъ. На ровномъ мѣстѣ на берегу ставятъ два столба (черт. 102 и 103) съ пазажинами на нихъ перекладинами, на перекладинахъ этихъ устанавливаютъ два блока, по возможности большаго диаметра, и перекидываютъ черезъ нихъ отожженную телеграфную проволоку. Къ свободнымъ концамъ проволоки подвѣшиваются двѣ двухпудовыя гирь и оставляютъ ихъ висѣть дней десять, для того чтобы проволока могла вполнѣ вытянуться. Послѣ подвѣски проволоки, по землѣ, подъ самю проволоку, производятъ точное назначеніе положенія центровъ устоятъ и нѣсколькихъ опоръ. Въ центрѣ забиваютъ колы, а въ нихъ гвозди. Положеніе двухъ крайнихъ центровъ переносятъ помошью отвѣса на проволоку. Положеніе крайнихъ центровъ на

проводокъ обозначаютъ или краскою или перевязкою ея тонкою мѣдною проволокою. Въ первые дни послѣ подвѣски проволока довольно сильно вытягивается, затѣмъ вытягивание это уменьшается и наконецъ прекращается. За растяженіемъ проволоки надо слѣдить, а для этого достаточно ежедневно сѣрѣть положеніе намѣченыхъ на ней крайнихъ центровъ съ истинными, неизмѣнными ихъ положеніемъ на битыхъ въ землю колыахъ. Когда разстояніе между центрами, намѣченными на висящей проволокѣ, перестанетъ увеличиваться, растяжение проволоки можно считать закончившимся. Для вѣрности выводовъ необходимо производить проверки длины проволоки при одинаковой температурѣ. Если во время работы температура сильно колеблется, необходимо въ моментъ наблюденія записывать температуру, съ тѣмъ чтобы можно было выяснить себѣ вопросъ: пропорциональны ли удлиненія проволоки замѣченнымъ измѣненіемъ температуры. Если измѣненія эти строго пропорциональны, то это значитъ, что проволока болѣе не вытягивается. Въ противномъ случаѣ надо дать проволокѣ еще нѣсколько дней на вытягиваніе. Когда, наконецъ, будетъ замѣчено, что проволока совершенно готова, на нее снова переносятъ крайніе центры и все промежуточные и положеніе ихъ на проволокѣ таѣ или иначе закрѣпляютъ. Послѣ этого можно приступить къ назначенію центровъ опоръ на рѣкѣ. Для этого проволоку снимаютъ съ блоковъ, наматываютъ на деревянный барабанъ, по возможности большаго диаметра, и переносятъ на мѣсто разбивки, где ее разматываютъ и снова перекидываютъ черезъ блоки, укрѣпленные на такихъ же столбахъ, какіе стояли на землѣ, и къ свободнымъ концамъ проволоки подвѣшиваются прежнія гири. Разстояніе между этими столбами должно быть по возможности такъ же какъ и между первыми. Послѣ подвѣски проволоки по оси моста, для опредѣленія положеній центровъ опоръ на подмостяхъ остается только перенести при помошь отвѣса эти положенія съ проволоки на подмости. Для вѣрности разбивки необходимо или произвести ее при той же температурѣ, при которой производилось перенесеніе центровъ съ земли на проволоку или же сѣрѣть поправку, для чего и можно воспользоваться тѣми данными, которые должны были получиться при предварительныхъ ежедневныхъ наблюденіяхъ надъ длиной проволоки и температурою воздуха. Этотъ способъ при щатательной

работъ даетъ безуказанные результаты. При постройкѣ Екатеринодарскаго моста черезъ Днѣпро, разбивка центровъ опоръ производилась по этому способу; разстояніе между крайними центрами равнялось 190 саж.

Когда центры опоръ назначены и известно направлѣніе одной изъ осей, назначаютъ направлѣніе другой, обыкновенно перпендикулярное къ первой. По направлѣнію осей, за предѣлами работъ, забиваютъ колы или зарываютъ столбы, на которыхъ, для большей точности, забиваютъ еще гвозди. Такъ какъ положеніе центра опредѣляется пересеченіемъ осей, то по назначеніи послѣднихъ (по забивкѣ кольевъ или столбовъ), самыя центры могутъ быть уничтожены и приступлено къ рѣзкѣ котловановъ или другимъ работамъ.



Черт. 104.

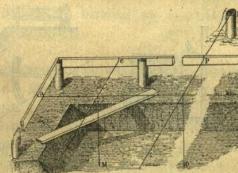
Вышеописанными способами назначается только положеніе сооруженій на мѣстности; остается назначить размѣры самого сооруженія, его основанія и котлована.

Разбивка сооруженій, въ этомъ послѣднемъ смыслѣ, заключается въ назначеніи на мѣстности пѣкоторыхъ определенныхъ точекъ, обыкновенно вершинъ угловъ. На чертежѣ измѣрляется разстояніе точекъ отъ осей и откладывается на мѣстѣ. Каждая точка можетъ быть назначена коломъ или пересеченіемъ двухъ бичевокъ или призраковъ, натянутыхъ по двумъ колыямъ въ стороны. Въ первомъ случаѣ для восстановленія точки нужно дѣлать сквозные пробмы, во второмъ—натянуть веревки. Второй способъ предпочтительнее въ тѣхъ случаяхъ, когда работа ведется сравнительно долго, и сооруженіе въ планѣ имѣетъ много переломовъ. Вместо того чтобы для каждой бичевки забивать по два кола въ стороны, устрашаются особую раму, на которой назначаютъ (расчерчиваютъ) всѣ необходимыя точки. Для этого на рамѣ или дѣлаютъ зарубки (надиливаютъ), или забиваютъ гвозди. Разбивка при посредствѣ рамы дѣлается такимъ образомъ: на чертежѣ сооруженія (черт. 104), въ планѣ, проводятъ четыре линіи: AB , CD и A_1B_1 и C_1D_1 параллельно осмъ, которыя и принимаются за проекціи рамы. При назначеніи этихъ линій, сообразуются съ удобствами производства работъ: чтобы рама не была засыпана землею, не мѣшала складыванію материаловъ и т. п.

Чрезъ линіи контура сооруженія проводятъ линіи aa , bb , cc , dd , ee , ff , gg , hh , и т. д. до пересеченія съ линіями рамы. При этомъ каждая точка сооруженія будетъ опредѣляться пересеченіемъ двухъ линій, пересѣкающихъ стороны рамы. На мѣстѣ работъ избираются точки E , F , G и H , зарываютъ въ нихъ столбы, къ нимъ прибиваются доски, поставленныя ребромъ, и назначаются на нихъ бичевками направлѣніе осей по имѣющимся колыямъ. Въ мѣстахъ пересеченія досокъ бичевками дѣлаютъ зарубки; отъ этихъ зарубокъ и откладываютъ по доскамъ разстоянія точекъ a , b , c , d , ..., измѣренныя на проекціи рамы на чертежѣ. Разстоянія на чертежѣ были измѣрены въ плоскости горизонтальной, а потому надо, чтобы и рамы представляли горизонтальную плоскость, для чего доски выравниваются по ватерпасу. Зная глубину заложенія фундамента и величину заложенія откосовъ котлована, на рамѣ можно назначить и бровку котлована. Конструкція рамы показана на чертежѣ 105.

Когда рама устроена и на ней назначены всѣ необходи-
мые точки, можно приступить къ рѣзкѣ котлована. Для этого, по имѣющимся на рамѣ зарубкамъ для бровокъ котлована, натягиваютъ призраки (бичевки) и въ точкахъ пересеченія ихъ забиваютъ въ землю колышки. Бичевку снимаютъ, между колышками проводятъ лопатою по землѣ черту, отъ которой и начинаютъ рѣзть землю.

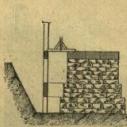
Когда котлованъ вырытъ и нужно разбивать фундаментъ, натягиваютъ по соответственнымъ зарубкамъ рамы бичевки и получаютъ точки ихъ пересеченія въ плоскости рамы. Остается перенести эти точки на дно котлована; для этого поверхъ глубокаго котлована кладутъ пѣсколько досокъ, по которымъ можно подойти къ мѣстамъ пересеченія бичевокъ, и опускаютъ отвѣсъ до дна. Когда отвѣс перестанетъ качаться, забиваютъ колышекъ—точка перенесена. Когда всѣ точки перенесены на дно котлована, по колышкамъ натягиваютъ бичевки и начинаютъ класть.



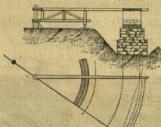
Черт. 105.

приходится таким же образом перенести нѣсколько точек для определенія направлений рядовъ свай и положенія крайнихъ свай въ ряду; положеніе остальныхъ свай назначается по этимъ перенесеннымъ точкамъ.

До сихъ поръ мы имѣли въ виду только положеніе и размѣры сооруженія въ планѣ, т. е. только два измѣрѣнія. Положеніе сооруженія по направлению третьего измѣрѣнія опредѣляется нивеллеромъ относительно постоянной точки, т. е. репера, располагаемаго изъ стороны. Чтобы дать возможность рабочимъ и десятникамъ слѣдить за размѣрами сооруженія въ высоту, по вымытѣй котлованѣ и нивеллеровѣ его дна, устанавливаются въ котлованѣ по нивеллеру



Черт. 106.



Черт. 107.

одну или нѣсколько роекъ, на которыхъ и назначаются необходимыя высоты, напримѣръ,толщину слояковъ кладки, высоту проѣзда, высоту уступа и т. п. (черт. 106). Иногда на

этой роекѣ дѣлаются зарубки для болѣе удобной установки конца ватерпаса.

Когда одинъ слой кладки (на высоту уступа) сдѣланъ, разбивка второго производится отмѣриваніемъ ширинъ уступа; черезъ два, три слоя проѣзжаютъ кладку, натягивая бичевкѣ по зарубкамъ рамы и перенося точки ихъ пересеченія.

Для сооруженій, имѣющихъ болѣе размѣры въ планѣ, и въ составѣ которыхъ входятъ отдѣльныя опоры: пилоны, колонны, — дѣлаются нѣсколько рамъ: одну —главную, для наружныхъ стѣнъ, и нѣсколько отдѣльныхъ рамъ для внутреннихъ частей. На главной рамѣ опредѣляется положеніе вторыхъ рамъ, служащихъ только для разбивки отдѣльныхъ частей сооруженія.

При разбивкѣ сооруженій круглыхъ избирается одна ось, проходящая черезъ центръ сооруженія, которая и наносится на мѣстності; для определенія положенія разныхъ точекъ пользуются ихъ полярными координатами, причемъ роль радиуса вектора играетъ или

бичевка, или особое приспособленіе, известное подъ названіемъ *воробѣй* (черт. 107). На этой воробѣй назначаются величины нужныхъ радиусовъ. Углы изѣряются хордами отъ постоянной точки *A* на оси до соответствующей точки воробѣя.

Для сооруженій, имѣющихъ въ планѣ болѣе сложную фигуру, или имѣющихъ очертанія по другимъ кривымъ, точки назначаются ординатами относительно какой-либо оси. Инструментомъ для такихъ работъ служитъ *наугольникъ* или *эккеръ*. *Наугольникъ* складывается изъ тонкихъ досокъ, длиною до двухъ саженей, приведенныхъ въ треугольную связь.

По возведенію фундамента приступаютъ къ точной разбивкѣ стѣнъ сооруженія, причемъ избѣгающій запасъ въ ширинѣ фундамента (обрѣзы) даєтъ возможность исправлять ошибки въ его разбивкѣ и кладкѣ.

Котлованы. Котлованомъ называется впадина, въ которой располагаютъ фундаментъ сооруженія. Смотря по виду фундамента, котлованы дѣляются или силошные, подъ все сооруженіе, или въ видѣ отдѣльныхъ рвовъ. Котлованы первого рода приходится дѣлать въ тѣхъ случаяхъ, когда устраиваютъ сплошное основаніе или фундаментъ, когда фундаментными стѣнами думаютъ воспользоваться для образования подвалныхъ помѣщеній, и, наконецъ, когда количество отдѣльныхъ фундаментныхъ стѣнъ на столько велико, что промежутки между ними, оставаясь незначительными, только стѣняютъ работу. Въ гражданскихъ сооруженіяхъ иногда приходится рѣшать котлованы болѣе сложного вида: сплошные — подъ все сооруженіе, для образования подвалныхъ помѣщеній, и въ нихъ отдѣльные рамы — для фундаментныхъ стѣнъ, опускаемыхъ ниже пола подваловъ.

Размѣры котлована въ глубину опредѣляются глубиною заложенія фундамента и толщиной ростверка, слоя бетона и т. п., входящихъ въ составъ сооруженія. Размѣры въ планѣ опредѣляются размѣрами основанія или фундамента, увеличенными на нѣкоторую величину во всѣ стороны. Излишекъ ширинъ котлована имѣть цѣлью дать возможность рабочимъ вести кладку фундамента, стоя возлѣ него, а не на самой кладкѣ, рѣть колодцы, въ которыхъ бы собиралась грунтовая вода для откачиванія, и т. п. Если въ котлованѣ забиваются сваи, излишекъ въ размѣрахъ его даетъ возможность

удобнѣе обращаться съ копромъ; наконецъ, при существованіи этого излишка, въ случаѣ обвала откосовъ котлована, земля не засыпаетъ кладки и не прерываетъ поэтому работы. Чѣмъ просторнѣе котлованъ, тѣмъ натяжнѣе можетъ быть произведена работа, но этотъ просторъ можетъ оказаться слишкомъ дорогимъ: является напрасная работа по выемкѣ и засыпкѣ излишняго объема земли, периметръ котлована увеличивается, а съ нимъ возрастаютъ фильтраціи и количество воды, подлежащей отливу. При сплошныхъ основанияхъ излишекъ въ размѣрахъ котлована дѣлается отъ 0,20—0,50 саж. и болѣе въ каждую сторону, въ котлованахъ же въ видѣ рвовъ или шинкѣ въ ширинѣ ихъ дѣлается вообще менѣе, такъ какъ въ этомъ случаѣ объемъ излишней выемки составляетъ больший процентъ относительно полезнаго объема рва, тѣмъ въ котлованѣ сплошнѣмъ. Очень часто ограничиваются расширениемъ рва въ одну только сторону фундаментной стѣны; иногда же ширину рва назначаютъ въ образѣ.

Говоря о размѣрахъ котлована въ планѣ, мы разумѣли изѣрбенія его по дну. Размѣры же котлована въ уровнѣ поверхности земли не всегда равны размѣрамъ по дну. Если стѣнки котлована укрѣплены шпунтовою стѣнкою, слѣдовательно защищены ею отъ обрушения, размѣры котлована по дну и по верху одинаковы. Если же стѣнки котлована не поддерживаются шпунтовою стѣнкою, а въ естественномъ видѣ не могутъ держаться въ отвѣсномъ положеніи, ихъ приходится срѣзать наклонно, съ откосомъ. Величина откоса, т. е. отношеніе высоты къ заложенію, зависитъ отъ степени твердости грунта. Щебенистые грунты, плотно слежавшіеся, можно оставлять съ вертикальными стѣнками; грунты же сухіе глинистые и влажные песчаные держатся въ вертикальной стѣнѣ только при небольшой глубинѣ и не долгое время. Ввиду того, что котлованы роются на сравнительно короткое время, нѣтъ надобности стѣнки ихъ дѣлать излишне пологими, но съ другой стороны слѣдуетъ имѣть въ виду, что обвалъ можетъ грозить опасностью жизни работающимъ въ котлованѣ, особенно если онъ глубокъ.

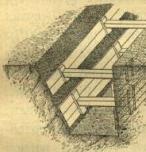
Съ цѣлью уменьшеннія количества земляныхъ работъ по рѣту и засыпкѣ котлована, а вмѣстѣ съ тѣмъ для обеспеченія безопасности рабочихъ, можно укрѣплять стѣнки котлована отъ обрушения до-

сками и распорками. Такое укрѣпленіе легко устраивается въ фундаментныхъ рвахъ (черт. 108).

Съ цѣлью уменьшеннія засоренія котловановъ обвалами стѣнокъ и для достижениія болѣе удобной перекидки изъ нихъ земли, обвалившейся или отрываемой, иногда стѣнки глубокихъ котловановъ дѣлаются уступчатыми (черт. 109).

Рѣтъ котловановъ ничѣмъ особынѣмъ не отличается отъ обыкновенной выемки: если котлованъ роется болѣй, отвозка земли производится людьми въ тачкахъ или вагончикахъ по временному рельсовому пути или лопадами въ телѣгахъ, для чего устраивается дорога съ подъемомъ въ $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{15}$. При рѣтѣ фундаментныхъ земли высыпаются лопатою на поверхность, откуда особыми рабочими отгрѣбается въ сторону, чтобы не производила вреда на давленія на стѣнки рва. Въ глубокихъ, но небольшихъ въ планѣ, котлованахъ нельзя бывать выбрасывать землю сразу на поверхность земли, а потому употребляютъ или перекидку или подъемъ земли въ бадыхъ. Въ первомъ случаѣ или откосы котлована дѣлаются съ уступомъ, на которомъ ставятъ особыхъ рабочихъ, или у стѣнокъ котлована ставятъ козы и на нихъ настилаютъ доски (если стѣнки котлована вертикальны). Во второмъ случаѣ надъ котлованомъ устраиваютъ помостъ, на немъ ставятъ лебедку или кранъ, помошью которыхъ можно поднимать и опускать бады. При большихъ работахъ бады эти отвозятъ въ сторону на особыхъ вагончикахъ по рельсамъ и самы бады дѣлаютъ опрокидывающимися и т. п.

По заложенію фундамента, часть вырытой земли пойдетъ на засыпку фундамента, другая же, равная объему фундамента, подлежитъ удалению съ мѣста работы. Чтобы не тратить непроизводительную рабочую силу, слѣдуетъ вычислить объемъ земли, подлежащей удалению съ мѣста работы.



Черт. 108.



Черт. 109.

пю, и производить отвозку во время самого рытья, такъ какъ этимъ можно сократить число перегрузокъ земли. Напримѣръ, при выемкѣ фундаментныхъ рвовъ можно землю выбрасывать прямо въ тачку, вместо того, чтобы ее складывать сперва у рва, а потомъ слова наваливать на тачки. При разсчетѣ земли, подлежащей удалению, слѣдуетъ имѣть въ виду, что будучи выброшены изъ котлована, она имѣетъ больший объемъ, чѣмъ имѣла въ котлованѣ, вслѣдствіе разрыхленія. Коэффициентъ разрыхленія зависитъ отъ рода грунта. Увеличеніе объема песка не велико, для жирной же глины, храца и суглинка оно доходитъ до 20%—30%.

Положимъ, напримѣръ, что дѣйствительный объемъ фундамента 100 куб. саж., объемъ котлована 140 куб. саж., грунтъ — сухая жирная глина, коэффициентъ разрыхленія которой равенъ 20%. При такихъ условіяхъ объемъ земли, выброшеной изъ котлована, будетъ равенъ $140 \times 1,20 = 168$ куб. саж. На засыпку котлована нужно оставить у места работы $(140 - 100) \cdot 1,20 = 48$ куб. саж., сгѣдовательно, можно отвести въ сторону 168 — 48 = 120 куб. саж. разрыхленого грунта. При засыпкѣ фундамента, т. е. при заполненіи разницы объема между котлованомъ и фундаментомъ, равной въ дѣйствительности 40 куб. саж., изъ оставленныхъ 48 куб. саж. земли, несмотря на старательное утрамбованіе, часть земли оказывается лишиеною. Явление это объясняется темъ, что разъ разрыхленная земля не можетъ быть сразу уплотнена до первоначального своего объема. Изъ ряда наблюдений выведены слѣдующія цифры остаточнаго увеличенія объема послѣ искусственного уплотненія земли:

Песокъ	1 — $1\frac{1}{2}\%$
Суглинокъ и др. маткіе грунты	2 — 3%
Жирная, мягкая глина	4 — 5%
Твердая глина	6 — 7%
Скалистые грунты	8 — 12%

То или иное остаточное увеличеніе объема зависитъ отъ способа уплотненій, продолжительности его и т. п.

ГЛАВА VI.

Перемычки по своему назначению бываютъ двухъ родовъ. Перемычки первого рода или грунтовые устраиваются въ котлованахъ, вырытыхъ на сушѣ, и имѣютъ цѣлью уменьшать притокъ грунтовыхъ водъ или просачивающейся рѣчной воды и поддерживать стѣнки котлована, пропитанные водою, отъ обрушения.

Перемычки второго рода устраиваются на мѣстностяхъ, покрытыхъ водой, и имѣютъ цѣлью ограждать извѣстное пространство, изъ котораго затѣмъ можно было бы выкачивать воду.

Грунтовые перемычки, смотря по глубинѣ котлована и плотности грунта, дѣлаются изъ досокъ или брусьевъ. Если главное назначение перемычки заключается въ уменьшении притока воды, иль дѣлаются изъ досокъ или брусьевъ шпунтовыхъ, если же онѣ пред назначаются только для поддержки отъ обвала стѣнокъ котлована, въ шпунтахъ иль никакой подобности, а стало быть и брусы можно замѣнить бревнами. Для устойчивости перемычки съ такимъ назначениемъ, ихъ слѣдуетъ опускать ниже дна котлована на глубину, равную, по крайней мѣрѣ, одной трети глубины котлована.

Грунтовые перемычки устраиваются или въ готовомъ уже котлованѣ, если притокъ воды обнаружился только изъ извѣстной глубинѣ, иль же къ ихъ устройству приступаютъ раньше рытья котлована, если по мѣстнымъ условіямъ можно ожидать обрушения стѣнокъ или значительного притока воды при небольшомъ уже углубленіи котлована, напримѣръ, при сооруженіи опоръ моста на низменномъ песчаномъ берегу рѣки.

Въ изымущихъ легкоподвижныхъ грунтахъ шпунтовые ряды, для достижженія ихъ устойчивости, должны быть забиты значительно глубже основания, иначе ихъ выпрѣсть грунтомъ; въ такихъ случаяхъ можно съ выгодою пользоваться также рижевыми стѣнками, дѣлая такой же срубъ какъ и въ колодцахъ.

Перемычки второго рода, смотря по роду работъ, для которыхъ онѣ устраиваются, могутъ имѣть въ планѣ различную форму, а именно:
а) состоять изъ двухъ параллельныхъ непроницаемыхъ стѣнокъ, упирающихся своими концами въ берега рѣки, напримѣръ, при устройствѣ плотинъ;

b) ограждать пространство съ трехъ сторонъ, упираясь четвертою въ берегъ, напримѣръ, при постройкѣ устоевъ моста;
c) ограждать извѣстное пространство со всѣхъ четырехъ сторонъ, напримѣръ, при постройкѣ мостовыхъ бѣковъ.

Размѣры перемычки въ планѣ обусловливаются размѣрами площади основанія и необходимымъ запасомъ мѣста для работы, помѣщѣнія насосовъ и т. п. Чемъ меньше будетъ периметръ перемычки, тѣмъ меньше будетъ площадь просачивания, тѣмъ меньше пойдетъ на перемычку матеріала, а потому въ перемычкахъ избѣгаются вхолодащихъ угловъ (черт. 110).

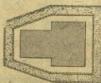
Если перемычка устраивается въ стоячей водѣ, или со слабымъ течениемъ, причемъ горизонтъ ея остается постояннымъ и почти не бываетъ волненій, перемычка возвышается на 0,15 саж.

надъ горизонтомъ. Если бываетъ волненіе, перемычку возвышаютъ надъ поверхностью воды на 0,25—0,60 саж. Если горизонтъ воды подверженъ колебаніямъ, возвышение перемычки надъ водой зависитъ отъ разныхъ условій: если работы въ перемычкѣ могутъ быть окончены до наступленія весеннаго половодья, а случайнѣе паводки отъ дождей не особенно велики,—возвышеніе перемычки дѣлается иль за

висимости отъ высоты паводковъ; если перемычка должна стоять во время весеннаго половодья, и горизонтъ его болѣе или менѣе значительно разнится отъ меженного, а ледоходъ великъ, то перемычку дѣлаютъ затопляемою, т. е. ее возвышаютъ только надъ горизонтомъ случайнѣе паводковъ, предоставляя весеннимъ водамъ заливать ее, а льду—проходить надъ нею. Затопленіе перемычки, кромѣ прекращенія работы и небольшого засоренія пространства, ею огражденного, не представляется никакихъ другихъ неудобствъ, такъ какъ водоотливная приспособленія, все равно, должны оставаться у перемычки во все время работъ, для откачиванія постоянно просачивающейся воды.

Для того чтобы вода, при затопленіи, не повреждала работы, производимыхъ за перемычкою, ей не даютъ переливаться черезъ край, а впускаютъ черезъ нарочно оставленныя въ перемычкѣ отверстія. Такія же затопляемыя перемычки дѣлаютъ и въ тѣхъ случаяхъ, когда случайнѣе паводки послѣ дождей бываютъ очень высоки.

Глубина, на которую слѣдуетъ погружать перемычку въ дно во-



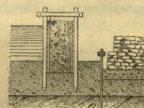
Черт. 110.

доема, опредѣляется въ зависимости отъ толщины водонепроницаемаго слоя: если слой этотъ не толстъ, напримѣръ, если глинистое дно покрыто небольшимъ слоемъ ила, перемычку достаточно погрузить въ глину на 0,15—0,25 саж.; если же водонепроницаемый слой просыпается ниже предполагаемаго заложенія основанія, перемычку слѣдуетъ погружать по возможности ниже основанія. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ можно устроить двѣ перемычки: одну—для огражденія пространства выше дна, другую—для уменьшенія фильтраціи черезъ водонепроницаемое дно (черт. 111).

Перемычка должна удовлетворять слѣдующимъ двумъ условіямъ: 1) она должна быть по возможности водонепроницаема и 2) достаточно устойчива для сопротивленія напору воды.

Какъ видимъ ниже, водонепроницаемымъ матеріаломъ для перемычекъ служить глина. Слой глины, толщиной 0,85 саж. (6'), считается достаточною для непроницаемости перемычки при значительномъ напорѣ воды. Но перемычки въ 0,85 саж. толщиной не всегда будутъ устойчивы, а потому часто ихъ дѣлаютъ толще, смотря по глубинѣ. Эльснеръ даетъ такое правило для определенія толщины перемычки съ вертикальными стѣнками: при высотѣ ея отъ дна до вышѣшаго расчетнаго горизонта $h < 8'$ —толщина $e = h$; при $h > 8'$,

$$e = \frac{h}{2} + 4'.$$



Черт. 111.

При расчетѣ толщины перемычки по этой формулы, при болѣе значительныхъ глубинахъ воды, перемычки должны выходить черезъ толстыми, занимая много мѣста. Во избѣжаніе этого, для устойчивости перемычекъ, вместо утолщенія ихъ, выгоднѣе укрѣплять ихъ подкосами, распорными рамами и т. п.

По конструкціи и матеріалу, изъ котораго дѣлаются перемычки, они могутъ быть подраздѣлены на слѣдующіе типы:

Земляные съ 2 откосами,

» съ 1 откосомъ,

Земляные безъ откосовъ, т. е. съ вертикальными стѣнками.

Бетонные.
Деревянные.
Металлические.

Рассмотрим каждый из этих типов в отдельности.

1) Земляные перемычки с 2 откосами представляют собой земляной вал (черт. 112), внутренний (обращенный во внутрь пространства, огражденного перемычкой), откос которого делается одиночный, а наружный—полуторный или двойной. Высота таких перемычек во стоячей воде делается до 1,25 саж., в текучей воде—не выше 0,5 саж. Ширина верхней бермы делается не меньше 0,5 саж.; бοльше широкие бермы делаются с целью увеличения непропицаемости перемычки, удобства сообщения по ней, склада материалов и т. п. Лучшим материалом для такой перемычки слу-



Черт. 112.



Черт. 113.



Черт. 114.

жить глина, за недостатком же таковой ограничиваются употреблением глины на наружный откос (черт. 113) или внутреннее ядро (черт. 114). Для защиты наружного откоса от волнения, его покрывают дерном, соломой или павозом, прикрепляя последнее кольями, прутьями, камнем. Для лучшего сопряжений перемычки с ядром, в последнюю выбирают ровь. Описанные перемычки занимают много места и стесняют течение, а по окончании работы большая часть земли, употребленной на перемычку, остается в воде и только засоряет речу. Эти недостатки земляных перемычек могут быть до некоторой степени уменьшены употреблением кулей. Кули для *кулевых перемычек* берутся старые, заполняются сухого глинового завязывания бичевкою. Глина в воде разбухает, а потому кули плотно пристают друг к другу; чтобы, вследствие разбухания глины, кули не рвались, их не следует сильно набивать глиново. Стена, сложенная из кулей, засыпается землею (черт. 115). При разборке такой перемычки все кули могут быть вытащены и вторично употреблены в дело.

2) Земляные перемычки с 1 откосом занимают гораздо меньшее места, так как вмѣсто внутреннего откоса употребляется деревянная стѣнка. Стѣнка эта состоит из ряда свай, забитых въ разстояніи 0,5—1 саж. другъ от друга, на которых опираются щиты изъ $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ досокъ (черт. 116). При напорѣ воды 0,75—1,25 саж. вмѣсто досчатыхъ щитовъ забиваютъ шпунтовую стѣнку.



Черт. 115.



Черт. 116.

Ширина верхней бермы делается равной половинѣ высоты перемычки. Если такая перемычка подвергается большому волненію, деревянная стѣнка делается съ наружной стороны; при этомъ, конечно, длина стѣнки выходитъ значительно больше.

Если, вслѣдствіе каменистости дна, нельзя забивать сваи, перемычку можно делать на козлахъ (черт. 117), располагая послѣдніе



Черт. 117.



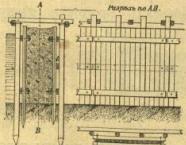
Черт. 118.

на разстояніи 1 сажени одинъ отъ другого. Козлы перекрываются щитами или досками въ закрой, на которыхъ насыпается глина.

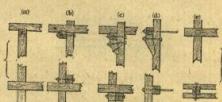
3) Земляные перемычки безъ откосовъ выгодно употреблять при глубинѣ воды болѣе 1,0 саж. Стѣнки такихъ перемычекъ высотою до 1,25 саж. можно делать изъ отдельныхъ свай и щитовъ или досокъ (черт. 118). Послѣдний полезно обстругивать изъ шпунта. При глубинѣ свыше 1,25 саж. выгоднѣе делать шпунтовыми стѣнки, располагая у внутренней стѣнки нѣсколько направляющихъ *b* (черт. 119). Эти направляющіе усиливаютъ прочность стѣнки, подверженной распору, производимому глиной и неуравновѣшиваемому давленіемъ воды. Отдельные стѣнки этихъ перемычекъ

вверху связываются одна съ другою помощью насадокъ (а),хватокъ (б, с, е) или болтovъ (д) черезъ каждая 0,5—0,65 слж. (черт. 120).

Для достижения большей устойчивости перемычки дѣлаютъ подкосы (черт. 121) или распорные рамы (черт. 122). При большомъ напорѣ дѣлаются иногда ступенчатыи перемычки (черт. 123), причемъ вну-



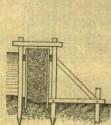
Черт. 119.



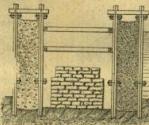
Черт. 120.

тренія стѣнки забиваются и заполняются землею послѣ того какъ горизонтъ воды въ пространствѣ, огражденномъ первою перемычкою, буде понижено водоотливомъ.

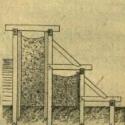
Матеріаломъ для заполненія перемычки съ двумя стѣнками можетъ служить черноземъ, глина и песокъ. Черноземъ легко раство-



Черт. 121.



Черт. 122.

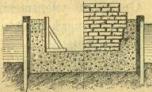


Черт. 123.

ряется водою и уносится течениемъ, почему его можно употреблять только за недостаткомъ иного материала. Сухая глина въ чистомъ видѣ имѣетъ то неудобство, что ложится комьями, нѣ плотно, почему ее необходимо трамбовать, размѣшивать и уносится фильтраціями; сильно разбухая въ водѣ, глина можетъ расширять перемычку; чтобы устранить вредное влияніе такого разбуханія, воду изъ перемычки не слѣдуетъ откачивать раньше, тѣмъ глина не успѣетъ вполнѣ разбухнуть. Песокъ ложится очень плотно, потому его не приход-

ится трамбовать; крупный песокъ засасываетъ всѣ щели въ перемычку и не уносится течениемъ. Для большей водонепроницаемости полезно къ нему прибавлять глину. Песчано-глинистая земля, какъ средине между глиной и пескомъ, и есть наилучший материалъ для заполненія перемычки. Илья на перемычки употребляется сырой, такъ какъ сухой, разбухаетъ, могъ бы покоробить стѣнки.

4) Если въ составѣ сооруженій входить бетонъ, перемычки можно дѣлать бетонныи (черт. 124). Забиваютъ шпунтовую стѣнку, выравниваютъ землечерпаніемъ дно и наливаютъ бетонъ. Когда по слѣдій затвердѣтъ, ставятъ птицы и между ними и шпунтовыми рядомъ погружаютъ бетонъ для образованія стѣнъ перемычки. По отвердѣніи этихъ стѣнокъ, птицы снимаются и изъ образованнаго каменнаго ящика отливаютъ воду. Для сопротивленія бетонныхъ стѣнокъ съ кладкою, въ нихъ потомъ вырываютъ уступы.



Черт. 124.

5) Деревянныи перемычки дѣлаются изъ одного ряда шпунтовыхъ свай. Отлитъ воду изъ такой перемычки нельзя, такъ какъ, несмотря на самую тщательную забивку шпунта, между сваи остаются большии щели. Перемычки эти устраивается въ томъ случаѣ, если приходится дѣлать подводную бетонную кладку. Цѣль такой перемычки — образовать форму для бетона и предохранить послѣдній отъ размыя течениемъ, такъ какъ внутри такой перемычки теченье бываетъ значительно ослаблено.

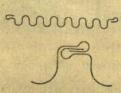
6) Металлическія перемычки сталь входитъ въ употребленіе только со времени появленія волнистаго жѣлѣза; прежнія же попытки употребляться металломъ, какъ матеріаломъ для изготавленія шпунтовыхъ свай, мало имѣли успѣха. Для перемычки глубиною до 4 метровъ, пользуются волнистымъ жѣлѣзомъ, толщиной $1\frac{1}{2}$ —2 миллиметра, при высотѣ волны въ 50 миллиметровъ. Листы волнистаго жѣлѣза погружаются въ землю ударами деревянной бабы или ударами чугунной бабы по деревянному подбаку, накладываемому на жѣлѣзо въ видѣ насадки, наконецъ, ихъ можно погружать нагрузкою, при условіи размѣшивать грунтъ подъ листами струею воды. Въ легкіе грунты: глину, иль, мелкій песокъ можно погружать сразу цѣлью стѣнки, склененная изъ листовъ волнистаго жѣлѣза. Въ дру-

гихъ случаяхъ сразу опускаются только звенья, шириной въ 3—5 листьевъ, причемъ крайніе листы смежныхъ звеньевъ соединяются такъ, какъ показано на стр. 125, или же пропускаются въ продолжительные щели желѣзныхъ мачтенныхъ свай.

Перемычки изъ волнистаго желѣза легко могутъ быть вынуты и установлены въ иномъ мѣстѣ. Въ случаѣ оставленія ихъ въ грунтѣ для защиты основанія отъ размыва, необходимо пользоваться же лѣзмомъ, одинакованнымъ.

Земляные перемычки безъ откосовъ употребляются по преимуществу, а потому не лишнимъ будетъ сказать о нихъ еще нѣсколько словъ.

Съ пѣлью уменьшения фільтрації черезъ такія перемычки, работы по забивкѣ свай и по заполненію котловановъ.



Черт. 125



Черт. 126.



"Jent 127

возможности тщательно; саму перемычку пръязовать по возможности глубже в грунт, для чего посыпь забинтами шпунтовъ вычерпываются на избѣкуюю глубину грунта между ними; один изъ шпунтовыхъ рядовъ забиваются изъ болѣе длинныхъ ствѣл и т. п. Но несмотря на всѣ эти предосторожности, по мѣрѣ откачиванія воды изъ перемычки, въ послѣдней обнаруживаются фильтраціи. Способы уничтоженія ихъ зависятъ отъ вида фильтраціи, который очень легко опредѣляется по низкеслѣдующимъ признакамъ.

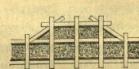
Вода въ перемычкѣ обыкновенно бываетъ сточная, мутная, а потому на ней легко замѣтить струйки болѣе чистой рѣчной или ключевой воды; если эти струйки имѣютъ направлениѳ, перпендикулярное къ направлению стѣнки перемычки (черт. 126),—это служитъ признакомъ того, что фильтрація происходитъ сквозь стѣнки; если струйки появляются при болѣе или менѣе значительной разности горизонтальности воды спаружи и за перемычкою и направлены вдоль стѣнки (черт. 127), то это служитъ признакомъ, что рѣчная вода

фильтрирует изъ-под стѣнки; если струйки появляются отдельными кружками на поверхности воды (черт. 128), вдали от стѣнок—это служить признакомъ, что на днѣ имются ключи.

Для устранения фильтрации первого рода нужно увеличить водоупорность перемычки; для этого целиком конопатят широкую стык и уплотняют между стыками. Такое уплотнение дается следующим образом: в заполнение между стыками вбиваются сяю, выдергивают и образовывают скожину, заполняют мелкую сухую глиной. Повторяя несколько раз такую операцию в соответственных местах, можно значительно уплотнить заполнение. Если бы этого оказалось недостаточно, делают глиняную или кирзовую отсыпь спаружи перемычки или забивают третью стык и промежуток между нею и перемычкою тщательно заполняют глиной (чертеж 129). В послыпное время



Черт. 128



Черт. 129

129). Въ послѣднее время для увеличій водонепроницаемости перемычекъ стали пользоваться просмоленою парусиной, которую прижимаютъ къ шпунтовымъ сваямъ при помощи реекъ, а послѣднія къ сваямъ прибиваются гвоздями.

Для устранения фильтраций второго рода дѣлают глиняную отсыпь вдоль стѣнок перемычки; осаживают, если можно, наружный шпунтовый рядъ или забивают третій на болѣе значительную глубину.

По мѣрѣ откачивания воды изъ перемычки или котлована, напор ключей увеличивается и иногда притокъ воды оказывается настолько значительнымъ, что, послѣ пониженія ея горизонта до изѣдѣнаго предѣла, дальнѣйшее пониженіе становится невозможнымъ. Заглушение ключей не всегда бываетъ возможно: если группа песчаныхъ или хрипеватыхъ ключей, заглушенныхъ въ одномъ мѣстѣ, прорывается въ другомъ. При грунтахъ глинистыхъ заглушеніе удастся и производится слѣдующими способами: въ каналь, по которому поднимается ключъ, забрасываютъ сюда или затыкаютъ его мѣшкомъ, наполненнымъ сухою глиной, бетономъ, гипсомъ или цементнымъ растворомъ. Чтобы ослабить напоръ ключа на время твердѣнія цемента или разбуханія глины, воду изъ перемычки не откачиваютъ. Если заглушеніе

шить ключь не удается, надь ним ставить бездонную бочку, или дѣлать вокруг него особую перемычку (черт. 130), изъ которой вода откачивается или отводится желобами, наконец, загонять въ каналь, по которому идетъ ключь, железнную трубу, по которой ключь могъ бы подниматься выше перемычки и отводиться въ сторону. Устранивъ такимъ образомъ заполненіе ключевою водою котлована или перемычки, изъ нея можно откачивать остаточную воду.

Если ключъ пробился тогда, когда углубленіе котлована окончено, и нужно устранить вредное влияніе ключа на каменную кладку, обыкновенно кладутъ по всей площади котлована или перемычки слой бетона, а чтобы его не могло прорвать ключемъ, воду не откачиваютъ, пока бетонъ совсѣмъ не затвердѣтъ.



Черт. 130.

Водоотливъ. Къ отливу воды приходится прибегать какъ въ томъ случаѣ, когда мѣстность водою не покрыта, но котлованъ роется на глубину ниже горизонта грунтовыхъ водъ, такъ и въ томъ, когда мѣстности покрыта водою и работа ведется въ перемычкѣ. На мѣстности водою не покрытой иногда можно бываетъ перехватить водосній слой выше котлована и совсѣмъ не пустить въ него воды; иногда же можно понизить горизонтъ грунтовой воды на мѣстѣ предполагаемаго котлована, окруживъ послѣдній опущеннымъ въ водосній слой ниже уровня основаній колодцами, и откачивая воду изъ этихъ послѣдніхъ. Пріемы ведения водоотливныхъ работъ въ обоихъ случаяхъ одинаковы и зависятъ только отъ количества воды, подлежащей отливу.

Какъ бы ни была тщательно устроена перемычка, по мѣрѣ отлива изъ нея воды, появляются фильтраціи черезъ стѣнки перемычки и черезъ дно. Въ открытые котлованы грунтовая вода проникаетъ также чрезъ дно и стѣнки, которыхъ иногда, какъ упомянуто выше, ограждаютъ шунтовыми редамами. Удаленіе воды, попадающей въ котлованъ путемъ фильтраціи, и составляетъ главную задачу водоотлива. Дѣйствительно, если бы въ пространство, огражденное перемычкою, вода не просачивалась, нужно было бы отлить только одинъ разъ объемъ воды, обусловливаемый размѣрами перемычки; время, въ которое можно было бы это сдѣлать, зависѣло бы отъ силы насосовъ или другихъ водоотливныхъ приспособленій: чѣмъ

скорѣе желали бы отлить воду, тѣмъ больше напосы нужно было бы употребить; если бы скорость не играла серьезнѣй роли, можно было бы ограничиться самыми простыми приспособленіями—черпаками, ведрами, и работа все же была бы исполнена. При существованіи же фильтраціи условия работы мѣняются: количество воды, подлежащей отливу, зависитъ какъ отъ объема огражденного перемычкою пространства или котлована, такъ и отъ силы фильтраціи и скорости водоотлива. Дѣйствительно, по мѣрѣ пониженія горизонта воды въ перемычкѣ или котлованѣ, нарушается гидростатическое равнознѣніе воды по обѣимъ сторонамъ перемычки или винтическое и вѣтъ котлована. Вслѣдствіе образующейся разницы горизонтовъ воды, является движеніе ея въ сторону перемычки или котлована. Скорость этого движенія зависитъ отъ большей или меньшей степени водопроницаемости перемычки или грунта, въ которомъ вырыты котлованъ, и абсолютной разности горизонтовъ. Чѣмъ больше водопроницаемость перемычки или грунта и чѣмъ больше разница горизонтовъ воды, тѣмъ сильнѣе происходитъ фильтрація. Вслѣдствіе существованія фильтраціи приходится отливать не только воду, стоящую уже въ перемычкѣ, но и проникающую путемъ фильтраціи. Чтобы можно было при существованіи фильтраціи осушить дно котлована или перемычки, насосы должны быть рассчитаны такимъ образомъ, чтобы они могли отливать въ единицу времени большее количество воды, чѣмъ то поступаетъ путемъ фильтраціи, иначе воды нельзя будетъ оттиснуть: сколько откачаемъ, столько же ея и прибутъ. Это явленіе слушается довольно часто, но наступаетъ не сразу, а послѣ бѣль или менѣе значительного пониженія горизонта воды въ перемычкѣ или котлованѣ, такъ какъ фильтраціи усиливаются по мѣрѣ пониженія горизонта. Положимъ, напримѣръ, что объемъ воды въ перемычкѣ = 100 куб. саж., сила насоса = 5 куб. саж. въ часъ. При отсутствіи фильтраціи вся вода изъ перемычки была бы отлита въ 20 часовъ; если бы фильтрація давала 2 куб. саж. въ часъ, то насосъ долженъ былъ бы работать:

$$\frac{100}{5 - 2} = 33,33 \text{ часа},$$

если бы фильтрація оставалась постоянной; обыкновенно же она усиливается и можетъ, при некоторой разности горизонтовъ, дойти до

5 куб. саж. въ часть. Очевидно, что тогда насосъ будетъ удалять только вновь поступающую воду, слѣдовательно, горизонтъ воды въ перемычкѣ перестанетъ понижаться. Если бы сила насоса измѣрилась 10 куб. саж. въ часть, а фильтрація, начиная отъ 2 куб. саж., доходила бы до 6 куб. саж.; время, въ которое бы можно было осушить перемычку, было бы приблизительно равно:

$$\frac{10}{10 - \left(\frac{2 + 6}{2} \right)} = 16,66 \text{ час.}$$

Затѣмъ насосъ могъ бы работать вдвое тише, чтобы поддерживать воду на одномъ уровне.

Въ зависимости отъ силы водоотливныхъ приспособленій и силы фильтрацій, работа ведется непрерывно или периодически. Имѣя слабыя водоотливные приспособленія, т. е. такія, производительность которыхъ немногимъ превышаетъ фильтрацію, выгода водоотлива производить непрерывно днемъ и ночью, и поддерживать такимъ образомъ воду въ перемычкѣ или котлованѣ на какомъ нибудь определенномъ уровне, (например, на 0,10 ниже верха кладки фундамента) во все времена производства работъ, хотя бы строительныя работы и прекращались на ночь. Если бы при такихъ условіяхъ, т. е. при слабыхъ приспособленіяхъ, прекращать на ночь водоотливъ, котлованъ или перемычка за ночь наполнились бы водой и утромъ пришлось бы каменщикамъ и другимъ рабочимъ терять много времени въ ожиданіи осушки котлована. При сильныхъ же насосахъ, наоборотъ, выгодаѣ работу вести периодически, прекращая водоотливъ на ночь: сильными насосами котлованъ или перемычка могутъ быть осушены сравнительно быстро.

Относительная выгодаѣость периодическихъ и непрерывныхъ работъ обусловливается также и силой фильтрацій. При сильной фильтраціи выгодаѣе водоотлива производить периодически (конечно, имѣя достаточно сильные насосы для быстраго осушки котлована), потому что, послѣ того какъ котлованъ или перемычка заполнится водою, фильтрація прекращается сама собою, а потому является экономія въ работѣ. Положимъ, напримѣръ, что объемъ котлована 20 куб. саж., сила фильтраціи 5 куб. саж. въ часть, сила насосовъ—10 куб. саж. въ часть. Послѣ окончанія работъ въ котлованѣ,

напримѣръ, въ 7 часовъ вечера, прекращается водоотливъ, къ 11 часу ночи весь котлованъ заполняется водою и дальнѣйшая фильтрація прекратится. Если утромъ работы должны начаться въ 6 часовъ, водоотливъ начинаютъ въ 2 часа ночи и къ 6 часамъ котлованъ снова будетъ осущенъ. Такимъ образомъ насосъ можетъ не работать съ 7 часовъ вечера до 2 часовъ ночи, т. е. въ теченіи 7 часовъ. Если бы водоотливъ не прекращать, насосъ выкачивать бы за это время лишнихъ 35 куб. саж. воды совершенно бесполезно для дѣла.

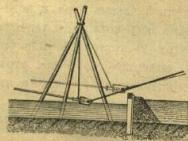
При слабыхъ фильтраціяхъ и сильныхъ насосахъ периодичность работы становится еще выгоднѣе. Положимъ, что въ приведенномъ примѣрѣ сила фильтраціи выражается всего 2 куб. саж. въ часъ. Котлованъ заполнился бы водою только къ 5 часамъ утра, и водоотливъ пришлось бы начать раньше, чѣмъ весь котлованъ успѣть наполниться. Къ половинѣ четвертаго утра въ котлованѣ было бы 8,5 × 2 = 17 куб. саж.; отъ половины четвертаго до 6 час. утра можетъ прибавиться 5 куб. саж. воды; начиная работу насоса въ половинѣ четвертаго, къ 6 часамъ можно откачать 25 куб. саж., т. е. больше, чѣмъ нужно. При этомъ насосъ остается безъ работы восемь съ половиной часовъ.

Кромѣ экономіи въ работѣ, периодичность водоотлива представляетъ и другія выгоды: уменьшается сила фильтраціи, такъ какъ пути, по которымъ пробирается вода въ котлованъ, успѣваютъ отчасти засориться; если грунтъ размываетъ течениемъ, то, прекращая фильтрацію, уменьшаемъ размывъ грунта. Эти два обстоятельства на столько важны, что ихъ всегда сѣдѣуетъ принимать въ разсчетъ при избрани приспособленій для водоотлива.

Периодичность водоотлива, а слѣдовательно и периодическое заполненіе котлована водою имѣть и другія хорошия стороны: если ночью бываютъ заморозки, слой воды, покрывающей кладку фундамента, защищаетъ ее отъ мороза; неокрѣпшій бетонъ не размывается и т. д.

Прибавляя ко всему вышесказанному, что вода, которую приходится отливать изъ котлована или перемычки, всегда бываетъ грязна, содержать въ себѣ много глины, песку, щепы, разнаго мусора, можно вывести слѣдующія условия, которымъ должны удовлетворять водоотливные приспособленія:

- 1) они должны иметь по возможности малый объемъ, для того чтобы не было надобности увеличивать площадь котлована или перемычки;
- 2) должны быть достаточно сильны для возможности применения периодической работы;
- 3) должны легко приспособляться къ отливу воды при различной высотѣ ея горизонта;
- 4) должны быть приспособлены къ отливу грязной воды;
- 5) должны быть по возможности простой конструкціи, чтобы не могли легко повреждаться; чтобы отдѣльные части, скорѣе изнашивающацяя или засоряющацяяся, легко могли быть замѣнены новыми или очищены;
- 6) должны быть легко подвижны, чѣмъ облегчается пользованіе ими.



Черт. 131.

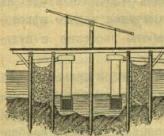
Простейшее орудіе водоотлива — ведро, употребляемое при неглубоких котлованах и незначительном притокѣ воды. Иногда для отлива воды и изъ болѣе глубоких котловановъ пользуются ведрами и бадьями, причѣмъ первыя передаютъ вручную особымъ рабочимъ, которые становятся выше замерзающихъ воды со дна котлована; бадьи поднимаютъ воротомъ. Подобный водоотливъ, дорогое самъ по себѣ, примѣнено въ томъ только случаѣ, если онъ ничтоженъ и нѣтъ расчета дѣлать какія либо болѣе экономичныя приспособленія.

За ведрами слѣдуютъ черпаки, подѣшиваемые къ треногѣ (черт. 131). Работа такими черпаками также не экономична; откачивать или воду можно съ глубиной не болѣе 0,5 саж. отъ верха перемычки.

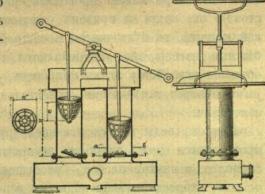
Приборомъ вполнѣ удовлетворяющимъ своему назначению и примѣнимымъ для небольшого водоотлива на высоту до двухъ съ половиною саженъ является всасывающій и поднимающій насосъ са-

мой примитивной конструкціи. На чертежѣ 132 показанъ насосъ изъ досокъ съ кожанымъ поршнемъ въ видѣ мѣшка. При опускании такого поршина, вода сжимаетъ его и проходитъ между нимъ и стѣнками, при поднятіи же вода расширяетъ мѣшокъ и можетъ быть имъ поднята. Дешевизна такихъ насосовъ и сравнительная выгодность ихъ работы часто побуждаетъ строителей устанавливать по пѣсковато-такихъ насосовъ, подѣшивая ихъ поршина къ коромысламъ (черт. 133).

Наиболѣе совершеннымъ ручнымъ насосомъ является всасывающій насосъ системы Летестро, показанный на черт. 134. Помѣщеніе этого насоса состоятъ изъ чугунной рѣшатчатой чашки, внутри которой расположены кожаные мѣшочки, подобный показанному на черт. 132. При опускании поршина, мѣшокъ сжимается и пропускаетъ воду, при поднятіи — онъ снова расширяется и, поддерживаемый чугунною чашкою, можетъ поднимать воду. Насосы этой системы дѣлаются различныхъ величинъ и для приведенія ихъ въ дѣйствіе нужно ставить 2, 4 или 8 человѣкъ рабочихъ. При продолжитель-



Черт. 133.



Черт. 134.

ной работѣ нужно имѣть двѣ смѣнны рабочихъ и менять ихъ черезъ полчаса или часъ.

Паровые поршневые насосы для водоотлива изъ котловановъ вовсе не употребляются, такъ какъ они сравнительно слишкомъ сложны и легко повреждаются соромъ.

Наиболѣе употребительными приборами при большомъ водо-

отличие являются архимедовъ винтъ, центробѣжные насосы и пульзометры.

Архимедовъ винтъ состоять изъ наклонной деревянной или же лѣзной трубы, диаметромъ 0,5 — 2 пт., въ которой вращается валъ съ прикрепленіемъ къ нему непрерывною винтовою поверхностью *), наклоненномъ въ валу подъ угломъ около 45° . Зазоръ между этою поверхностью и трубой не долженъ быть больше 5 миллиметровъ. Винтъ располагается подъ угломъ въ 30° къ горизонту и приводится во вращательное движение паровою машиной. Въ случаѣ надобности поднять воду на большую высоту, ставятъ два винта, одинъ выше другого. Вода, поднятая однимъ винтомъ, выливается въ особый резервуаръ, изъ котораго и поднимается вторымъ винтомъ. Винтъ этотъ пригоденъ для очень большого водоотлива.

Центробѣжные насосы требуютъ установки парового котла и машинъ, причемъ движение шкива передается насосу ремнемъ (предпочтительно гуттаперчевымъ, какъ менѣе страдающимъ отъ воды); пульзометры довольствуются однимъ только котломъ, либо работаютъ непосредственно паромъ, проводимымъ къ нимъ желѣзными трубами. Таль какъ паръ можно проводить сравнительно на большое разстояніе отъ котла, и притомъ устраивается необходимость въ паровой машинѣ, то пульзометръ вообще болѣе удобны, чѣмъ центробѣжные насосы, по употреблению гораздо рѣже. Не входя въ описание устройства этихъ приборовъ, ограничимся только краткими общими замѣтками относительно работы насосами и пульзометрами.

Подъемъ воды по всасывающей трубѣ насосовъ и пульзометровъ производится подъ вліяніемъ разности давлений: спаружи — атмосферного, а внутри насоса — уменьшенаго вслѣдствіе разрѣзаній; поэтому скорость теченія воды по всасывающимъ трубамъ вообще бываетъ незначительна (около 1 пт. въ сек.). Вслѣдствіе этого, для увеличенія количества откачиваемой воды, всасывающая труба дѣлается болѣшаго диаметра, чѣмъ напорная или отводящая, и самыи насосы располагаются по возможности ниже, ближе къ водѣ (на выши 1 саж.); для того, чтобы всасывающая труба

*). Поверхность эта есть колыцевой разверзаемый геликоидъ, легко исполнимый изъ потолченаго жељеза.

не могла быть смыта давленіемъ наружнаго воздуха, ее дѣлаютъ жесткою. Вообще насосъ не можетъ начать откачивать воду прежде, чѣмъ всасывающая труба и вредное пространство между поршнемъ и нижней клапаномъ, или вся вмѣстимость центробѣжного насоса не будутъ наполнены водою. Для того чтобы послѣ остановокъ въ работе не приходилось снова наполнять водою всасывающую трубу, послѣднюю снабжаютъ особымъ *забирнымъ клапаномъ*, который не позволяетъ водѣ выливаться. Для прегражденія доступа въ насосъ крупныхъ твердыхъ частицъ: щепы, камениковъ и т. п., всасывающая труба снабжается сѣткой. На чертежѣ 135 показанъ наконечникъ всасывающей трубы, слабоженный забирнымъ клапаномъ и сѣткой. Для собранія воды со всей площиади основанія, въ какомъ либо углу котлована, на дѣлъ его дѣлается яма или зарывается бочка, въ которую уже и опускаются наконечникъ всасывающей трубы. Съѣдѣло имѣть возможность осматривать и очищать этотъ наконечникъ, къ нему привязываютъ веревку, которой удобно было бы его поднимать.

Для избѣженія бесполезнойтраты силы при откачиваніи воды, послѣднюю не слѣдуетъ поднимать выше, чѣмъ требуется для ея удаленія; поэтому, если перемычка значительно вышеската надъ горизонтомъ рѣчной воды, — въ неї остается отверстіе, чрезъ которое можно отводить воду при низкомъ горизонте рѣки. Отверстіе это должно быть плотно запирямо на время паводковъ.

Что касается вопроса обѣ относительной выгодности ручного или парового водоотлива, то слѣдуетъ замѣтить, что при ручномъ водоотливѣ первоначальная затраты (на пріобрѣтеніе насосовъ) не велики, но зато сама работа или обходится дорого; при паровомъ же водоотливѣ — наоборотъ: работа сравнительно дешева, но расходъ на первоначальное обзаведеніе машинами значителенъ; поэтому при маломъ и непродолжительномъ водоотливѣ выгоднѣе употреблять ручные насосы; если же водоотливъныхъ работъ предвидится много, напримѣръ, при послѣдовательной постройкѣ нѣсколькихъ мостовъ, и притомъ самыи водоотливъ обѣщааетъ принять значительные размѣры, вслѣдствіе большого напора и т. п., то безусловно бѣлье выгоднѣмъ является примѣненіе насосовъ паровыхъ.

Въ гористой мѣстности воду изъ котловановъ удается иногда



Черт. 135.

отводить самотекомъ. Для этого отъ котлована проводится канава въ такому мѣсту, горизонтъ котораго былъ бы ниже дна котлована.

ГЛАВА VII.

Устройство оснований и фундаментовъ при помощи съемныхъ ящиковъ. При устройствѣ фундаментовъ на материкѣ, залегающемъ на большой глубинѣ отъ поверхности воды, пользованіе перемычками становится крайне затруднительнымъ и дорогимъ, а потому въ послѣднее время для производства такихъ работъ съ водолазомъ стали пользоваться *съемными ящиками*, изъ которыхъ вода вытѣсняется давленіемъ воздуха, нагнетаемаго въ нихъ насосами. Съемный ящикъ есть, собственно говоря, послѣднее усовершенствованіе водолазныхъ колоколовъ: разѣбрь ящика въ планѣ сообразуются съ разѣбрьми самого фундамента; для входа и выхода рабочихъ и опускания въ съемный ящикъ материаловъ нѣть надобности каждый разъ поднимать его изъ воды, такъ какъ для этого имѣются особыхъ приспособленій.

Въ настоящее время съемные ящики дѣляются двухъ типовъ: подвѣсные и плавучіе. Первые подвѣсишаются на цѣляхъ къ подмостямъ и могутъ быть опускаемы и поднимаемы путемъ удлиненія или укороченія цѣлей; вторые обладаютъ собственнымъ плавучестью, погружение и подъемъ ихъ совершаются посредствомъ измѣненія вѣнчайшей нагрузки, въ качествѣ которой пользуются водою. Подвѣсные ящики могутъ быть поднимаемы выше поверхности воды, а потому ими можно пользоваться какъ для устройства основанія, такъ и для кладки фундамента до самаго уровня воды; что же касается ящиковъ плавучихъ, то ими можно пользоваться для устройства основаній и кладки одной только нижней части фундамента.

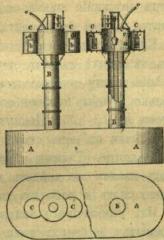
Болѣе подробная сѣдѣніе о конструкціи съемныхъ ящиковъ будуть изложены въ статьѣ о кессонахъ, съ которыми они имѣютъ много общаго, теперѣ же ограничимся изложеніемъ одной только идеи этой конструкціи.

Съемный ящикъ состоять изъ: 1) желѣзного резервуара *A* (черт. 136), обращенного дномъ кверху и называемаго *рабочую камерою*, 2) изъ шахты *B*, *B*, или трубъ, служащихъ для спуска въ камеру рабочихъ и материаловъ, 3) изъ шлюзовъ *C*, малыхъ

камеръ съ двумя герметически закрывающимися дверьми, изъ которыхъ первая *a* служатъ для сообщенія внутренности шлюза съ шахтою, а чрезъ ея посредство и съ рабочую камерою, а вторыя, *b*— для сообщенія внутренности шлюза съ наружнымъ воздухомъ; кроме дверей, шлюзъ сообщается съ шахтою и съ наружнымъ воздухомъ помощью трубы съ кранами *c* и *d*, 4) изъ приспособленій для подъема и спуска ящика.

Чтобы попасть спаружи въ стѣнныи ящикъ, опущенный на дно рѣки, нужно сдѣлать слѣдующее: 1) открыть кранъ, сообщающій шлюзъ съ наружнымъ воздухомъ, и выждать, пока давленіе воздуха внутри шлюза не понизится до атмосфернаго; только послѣ этого можно будетъ открыть дверь *b* и войти въ шлюзъ; 2) закрыть за собою дверь *b* и кранъ *d*, и открыть кранъ *c*, сообщающій шлюзъ съ шахтою; когда, вслѣдствіе этого, давленіе воздуха въ шлюзе сравняется съ давленіемъ въ шахѣ, можно будетъ открыть дверь *a* и войти въ шахту, а по ней спуститься и въ рабочую камеру. Для перехода изъ рабочей камеры наружу, сравниваютъ давленіе воздуха въ шахѣ и шлюзѣ, закрываютъ дверь *a* и кранъ *c*, послѣ чего открываютъ кранъ *d*; когда давленіе въ шлюзѣ понизится до атмосфернаго, можно будетъ открыть дверь *b* и выйти изъ шлюза. Двери *a* и *b* отворяются во внутрь; краны *c* и *d* устроены такъ, что ими можно дѣйствовать съ обѣихъ сторонъ. Для наблюденія величины давленія въ шлюзѣ, онъ снабжается манометрами.

Опусканіе подвѣсныхъ ящиковъ производится съ подмостей или судовъ такимъ же образомъ, какъ и кессоновъ. Когда ящикъ въ какой-либо точкѣ его периметра коснется дна, изъ него вакачиваниемъ воздуха вытѣсняютъ воду и опускаютъ въ него рабочихъ, которые, стоя въ водѣ, начинаютъ подымать грунтъ въ той части ящика, которая коснулась дна; затѣмъ продолжаютъ опускание ящика, пока послѣдний снова не сидѣтъ на дно какою-либо стороною или всѣмъ периметромъ.



Черт. 136.

Если подводный материк обнажен, его планируют и начинают возводить на нем правильную кладку фундамента.

Если материк покрыт наносом, последний отрывают, поднимают байдыши в шлюз, а из него выбрасываются в баржи для отвозки в сторону. По мере отрывки наноса ящики опускаются, пока он не станет на материк. Толщина наноса, который можно пройти, работая в ящиках, не должна превосходить высоты ящика, так как в противном случае откосы подводного котлована могут обрушиться на потолок ящика и затруднить его поднятие. Когда опускание ящика окончено, на спланированном материке возводится кладка фундамента.

Когда фундамент будет выведен на такую высоту, что работает в ящиках станет неудобно, вследствие недостаточности разстояния между верхом кладки и потолком, ящики поднимают на столько, чтобы нижнее его ребро не доходило до верха кладки с отступом 15—25. Подняв ящик, кладку продолжают до той поры, пока в нем снова не станет тесно и не понадобится новое поднятие. Таким образом ведут работу до той поры, пока верх кладки не дойдет до поверхности воды, после чего ящики можно снять и работать насухо.

Из изложенного видно, что съемный ящик вполне заменяет перемычки и, сверх того, имеет значительно предъявляемые преимущества. Действительно, железный ящик может быть сделан гораздо плотнее перемычки, а потому о возможности фильтрации воды во внутрь ее не может быть и речи, виду давления сжатого воздуха в ящиках; что же касается утечки воздуха путем проникания через стены, то такое может быть доведено до минимума расчлененного стыков и заклепок, проектировано из швей мбдной проволоки, сургуковой замазки, обмазки шовов и заклепок цементом и т. п.; далее, основание не разрывается фильтрацией, и течение во время работы стесняется объемом ящика, не превосходящим объема самого бока (при постройке мостов), поэтому и нет оснований опасаться за временные размыки dna, что, наоборот, иметь место при устройстве перемычки; рѣка не засоряется материалами, употребляемыми для заполнения перемычки и т. д. Обращаясь къ экономической сторонѣ дѣла, замѣтимъ, что и въ этомъ отношеніи съемные ящики имѣютъ преимущества: одинъ ящикъ можетъ быть

употребленъ при возведениіи несколькиихъ фундаментовъ, одного послѣ другого, и затѣмъ можетъ быть обращенъ въ кессонъ, какъ это и было, напр., при постройкѣ моста черезъ р. Днѣпро въ Екатеринопольской губѣ. Перемычки приходится строить особо для каждого сооруженія, материалы же, остающиеся послѣ уборки ихъ, только частью могутъ быть употреблены вторично. Стоимость ящика почти не зависитъ отъ глубины, на которой производится работа (удлиняются лишь шахтныя трубы), стоимость же перемычки возрастаетъ почти пропорционально квадрату глубины.

Устройство фундаментовъ при помощи понтоновъ.
Фундаментъ изъ правильной кладки, безъ сомнѣнія, является болѣе солиднымъ, чѣмъ всякий другой; производство такой кладки подъ водой хотя и возможно, но затруднительно, и съемныхъ ящиковъ, по оба эти способа имѣютъ некоторые недостатки. Устройство перемычекъ не ведѣтъ возможно, ихъ водонепроницаемость трудно достичь, и вообще они дороги. Съемные ящики, устранивъ некоторые недостатки перемычекъ, въ свою очередь имѣютъ другие невыгоды: стороны: устройство шлюзовъ довольно сложно; необходимо имѣть приспособленія для нагнетанія воздуха; работа въ сжатомъ воздухѣ утомительна, дорога и даже опасна.

Употребляемъ *понтоновъ* или *понтонныхъ ящиковъ* во многихъ случаяхъ устраиваютъ неудобства перемычекъ и съемныхъ ящиковъ.

Понтонъ представляетъ собой водонепроницаемый ящикъ съ листомъ, открытымъ сверху. Благодаря большому водонепроницаемому и сравнительной легкости такой ящикъ держится на плаву и можетъ сверхъ того принять большую добавочную нагрузку. Такимъ образомъ, понтонъ есть своего рода плавучая перемычка, изъ которой, собственно говоря, не надо и отливать воду для производства изъ неї каменной кладки фундамента. Водонепроницаемость понтонъ легко можетъ быть достигнута, такъ какъ его собираютъ на сушѣ или на поверхности воды; воздуховывѣшъ машинъ и плюзозъ для него не нужно; работа ведется при нормальномъ давлении, на открытомъ воздухѣ и при дневномъ освѣщеніи. Благодаря всѣмъ этимъ преимуществамъ, и по-понтонные ящики употребляются издавна, съ введеніемъ же кессоновъ и удешевлениемъ желѣза, кругъ ихъ применения значительно расширился. О желѣзныхъ понтонахъ, употребляемыхъ въ связи съ

кессонами, будет сказано ниже, здесь же разсмотрим только деревянные понтоны, какъ самостоятельное приспособленіе для устройства подводныхъ фундаментовъ.

Понтоны употребляются для возведенія фундамента непосредственно на дно водоема, или же для устройства только верхней его части, если нижня сдѣлана изъ бетона, рижей или иными способами. Въ первомъ случаѣ понтоны могутъ выходить вообще очень высокими, что дѣлаетъ ихъ уже неудобными (если они деревянные), а потому въ настоншее время устройства такихъ понтоновъ избѣгаютъ; понтоны же для малой глубины въ большомъ употреблении.

Если понтонъ ставится непосредственно на дно, то послѣднее должно быть тщательно спланировано выемкою грунта, приливкою бетона или присыпкою щебни.

Понтонными эшками часто пользуются и тогда, когда давленіе фундамента передается материку помошью свай. Въ этомъ случаѣ головы свай спиливаются подъ одну горизонтальную плоскость и на нихъ располагается дно понтона, которое при этомъ служить ростервекомъ, о чёмъ будетъ сказано ниже.

Если понтонъ ставится на бетонный слой или рижу, то верхняя поверхность ихъ выравнивается подъ горизонтальную плоскость.

Понтонъ въ плавѣ имѣть фигуру сооруженія, а размѣры ихъ расчитываются такъ, чтобы между клацкою и стѣнками понтона для удобства работы оставалась некоторый промежутокъ, и чтобы понтонъ, нагруженный фундаментомъ, могъ оставаться на плаву.

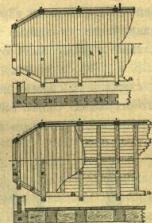
Понтонъ состоитъ изъ дна и стѣнокъ; первое остается въ массѣ фундамента и передаетъ давленіе расположенному на немъ кладки нижней части фундамента или основанию. Во время погруженій понтона дно его выдерживаетъ весь грузъ кладки. Стѣнки послѣ окончанія работъ снимаются и могутъ быть притѣзаны къ новому днищу для образования другого понтона.

Дно дѣлается или сплошь изъ брусьевъ, или имѣть видъ брускатой клѣтки (рострвка), оббитой толстыми досками. Днища первого рода употребляются въ тѣхъ случаяхъ, когда понтонъ ставится на головы свай или вообще на такую опору, на которую нельзя ожидать равномерной по всей площади передачи давленія отъ понтона; въ противномъ случаѣ можно довольствоваться болѣе дешевыми днищами.

вымъ дномъ въ видѣ клѣтки *). Для понтоновъ большихъ размѣровъ во всякомъ случаѣ употребляютъ сплошнія днища, съ целью приданія понтону большей жесткости.

Простейшая конструкція днища показана на чертежѣ 137-мъ. Сплошное днище состоять изъ обвязки *a* и ряда брусьевъ *b*, *b*, *b*..., тщательно сплоченыхъ одинъ съ другимъ помошью шпунтовъ и пазовъ. Брусья, *b*, *b*, *b*... располагаются перпендикулярно длиной оси понтона. Днища въ видѣ решетки состоять изъ обвязки *a* и ряда отдельныхъ брусьевъ, идущихъ поперекъ понтона; для большей жесткости между отдельными поперечными брусьями располагаются продольные, но при этомъ избѣгаютъ глубокихъ врубокъ въ поперечинахъ. Иногда въ промежутки между поперечными брусьями укладываются раскосы. Такого рода днища обшивываются толстыми досками въ закрой, причемъ обшивка располагается или снизу, или сверху, иногда же и сверху, и снизу, а промежутокъ между обшивками, для достижения большей водонепроницаемости днища, заполняется бетономъ или кирпичичномъ кладкою. Въ обоихъ случаяхъ днище тщательно прокополаживается, всѣ щели заливаются смолою, а иногда покрывается смоленою парусиной. Обвязка дѣлается изъ толстыхъ брусьевъ за-подъ лицо съ вижуко поверхности понтона и соединяется съ брусьями *b*, *b*, *b*... помошью шиповъ и болтовъ. Бывали примѣры устройства днищъ изъ несколькиихъ слоевъ брусьевъ, связанныхъ между собою помошью болтовъ; въ этомъ случаѣ брусы въ смежныхъ рядахъ располагались по взаимно перпендикулярнымъ направлениямъ.

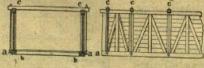
Стѣнки понтона состоять изъ стоекъ, или оббитыхъ снаружи досками, или, при болѣе толстыхъ стойкахъ, когда можно выбратьъ въ нихъ пазы, — забраныхъ досками или плитами. Доски для боль-



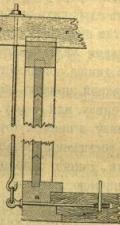
* Недостаточная правильность передачи давленія кладки фундамента основанию черезъ посредство днища понтона служитъ препятствіемъ къ употребленію понтоновъ при возведеніи очень грузныхъ сооружений.

шей водонепроницаемости обдѣльваются шпунтами и проконопачиваются. Во избѣжаніе изгиба досокъ подъ напоромъ воды и для достиженія большей жесткости стѣнокъ, между стойками располагаютъ досчатые раскосы (черт. 138). Всѣ стойки связываются между собою насадками. Есть примѣры устройства стѣнокъ изъ вертикальныхъ досокъ, но при этомъ приходится ослабить обвязку днища болѣе глубокимъ наломъ, въ который ставятся доски.

Связь между стойками и днищемъ достигается помошью же-лѣзныхъ стяжекъ (черт. 139), которыми въ нижней своей части имѣютъ крючокъ или проушины, захватывающую за кольцо или крюкъ, вѣдьланый въ обвязку, а въ верхней части снабжены парѣзкою, на которую назначиваются гайки. Гайки эти располагаются на особыхъ брусьяхъ с., с. (черт. 138 и 139), идущихъ поперекъ понтонъ и служащихъ связью между продольными его стѣнками. Снявъ гайку, можно стяжку отѣпить отъ нижнаго крючка.



Черт. 138.



Черт. 139.

Для большей жесткости понтоновъ, особенно большихъ, между продольными стѣнками по высотѣ ихъ дѣлаютъ не сколько распорокъ, снимаемыхъ по мѣрѣ производства кладки.

Сборка понтоновъ производится на берегу или на водѣ. Въ первомъ случаѣ устраиваютъ подмости такой конструкціи, чтобы съ нихъ легко можно было спустить готовый понтонъ въ воду. Большии понтони дѣлались на особо устроенныхъ эллингахъ.

Спуск понтона на воду предстаиваетъ вообще довольно трудную работу, такъ какъ приходится иметь дѣло съ тяжелымъ и громоздкимъ предметомъ: понтонъ при этомъ легко можетъ покоробиться, въ немъ могутъ появиться щели и т. п. Удобнѣе понтонъ собираять на водѣ при помощи плота. Иногда понтонъ собираются на

берегу въ ямѣ; когда понтонъ готовъ, яму соединяютъ съ рѣбою или моремъ каналомъ, вода входитъ въ яму и понтонъ вслѣдствіи.

Понтонъ отводятъ къ мѣсту работы пароходами или при помощи людей съ баграми. Возѣтъ мѣста, где будуть опускать понтонъ, обыкновенно дѣлаются подмости для склада матеріаловъ и направлений понтону. Понтонъ вводятъ во внутрь подмостей вверхъ по течению, такъ какъ при этомъ онъ входитъ тишѣ и не можетъ удариться о подмости. Чтобы понтонъ не сносило теченіемъ, его прикрепляютъ къ подмостямъ или ставятъ на якоря.

Кладку въ понтонахъ ведутъ равномѣрно по всей площади. По мѣрѣ возведенія кладки понтонъ погружается. Когда понтонъ близокъ къ окончательной посадкѣ, осматриваютъ не попадало ли чего нибудь подъ дно его. Убѣдившись, что подъ понтономъ нѣтъ камней или другихъ постороннихъ предметовъ, въ него впускаютъ воду и онъ садится. Затѣмъ повѣрятъ положеніе понтону. Если онъ сѣлъ вѣро, его нагружаютъ камнемъ, откачиваютъ воду, впущенную для посадки понтону, и продолжаютъ кладку, пока она не выйдетъ выше поверхности воды. Если понтонъ сѣлъ не вѣро, воду изъ него откачиваютъ, даютъ ему всплыть, сдвигаютъ понтонъ въ ту или другую сторону и опять осаживаютъ впускомъ воды.

На рѣкахъ съ быстрымъ теченіемъ или на мѣстѣ, подверженномъ сильному волненію, правильное погруженіе понтонъ затруднительно, почему въ такихъ случаяхъ приходится принимать особы мѣры или избирать иной способъ работы, а именно: мѣсто работъ окружаютъ свалами, съ целью уменьшить волненіе и скорость теченія, или же осаживаютъ понтонъ, не доводя кладки до поверхности воды, нагружаютъ его, отливаютъ воду и работаютъ какъ въ постоянной перемѣзы.

По окончаніи работъ стѣнки понтонна отдѣляются отъ днища и онъ всплываетъ.

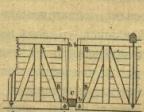
Понтонные ящики часто примѣняются для возведенія длинныхъ стѣнъ, напримѣръ, при устройствѣ набережныхъ. Въ этомъ случаѣ кладку, возводимую въ отдѣльныхъ ящикахъ, приходится сопрягать. Такое сопряженіе дѣлается двояко: 1) при самомъ низкомъ горизонтѣ воды отдѣльные участки стѣны сопрягаются арками, сверхъ которыхъ и продолжается уже силочная кладка стѣны (черт. 140), или 2) поперечные стѣны смежныхъ ящиковъ разбираются, а днища

и продольных стыкі смыкаются; въ удлиненномъ такимъ образомъ ящикъ дѣлается сопряженіе кладокъ.

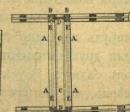
Для возможности смычки двухъ ящиковъ, послѣдніе устраиваются такъ, какъ показано на чертежѣ 141. Обвязки *A* днищъ смежныхъ ящиковъ обтесываются наклонно, а въ стойкахъ *B* дѣлаются пазы *b*, глубина которыхъ уменьшается по мѣрѣ приближенія къ низу стойки. Для смыканийсосѣднихъ ящиковъ между изъ обвязками загоняются клинообразный брусь *C*, обернутый просмоленнымъ войлокомъ, а въ пазы *b* стойки *B* загоняются скопленіе щиты *D* (черт. 142). Забивая сильные брусы *C* и щиты *D*, можно достич-



Черт. 140.



Черт. 141.



Черт. 142.

гнуть удовлетворительной водонепроницаемости стыка понтоновъ, отливъ изъ промежутка воду и разобрать поперечные стыки *E, E*.

Есть примѣры устройства понтоновъ изъ кирпичной кладки: на деревянномъ днищѣ дѣлается обратный сводъ, на который и выводятся стыкі. Погружение производится такимъ же образомъ, какъ и деревянныхъ понтоновъ, необходимо только принимать особы мѣры предосторожности противъ перекапывания каменнаго понтона, результатомъ чего бываютъ трещины въ кладкѣ, сопровождающіяся фильтрациями.

Былъ примѣръ образованія понтоннаго ящика сплошь изъ бетона, безъ деревяннаго днища.

ГЛАВА VIII.

Планировка грунта подъ водою. Если на мѣстности, покрытой водою, материкъ лежитъ подъ слоемъ наноса и планировку предполагается производить безъ водоотлива, то наносъ снимаютъ

помощью черпаковъ или землечерпалательныхъ машинъ *). Если наносный слой не великъ и состоитъ изъ ила или мелкаго песка, а вода имѣть течение (въ рѣкѣ), то этимъ теченіемъ можно воспользоваться для удаления наноса. Для этого наносъ разрыхляется особымъ вида граблями (черт. 143); получаемая при этомъ муть постепенно уносится водою.

Послѣ снятія наноса материкъ долженъ быть спланированъ.

Какъ при планировкѣ, такъ и при снятіи наноса очень часто приходится встрѣчать на днѣ или въ грунтѣ ложа рѣкъ камни, корки, затопущія суда, икора и т. п. Иногда можно бывать эти предметы оставить нетронутыми, напримѣръ, при устройствѣ фундаментовъ изъ накидной кладки или бетона; въ другихъ же случаяхъ, напримѣръ, при погружении ражевыхъ ящиковъ, массивовыхъ, понтоновъ — приходится удалять съ мѣста работы всѣ попадающіеся предметы, что иногда можетъ представлять больныятрудній. Удобоисполнимость такихъ работъ зависитъ отъ глубины воды, рода и размѣровъ предметовъ, встрѣчаемыхъ въ грунтѣ, характера ихъ залеганій и т. п., а потому трудно дать общія правила веденія этихъ работъ. Ниже приводятся наиболѣе употребительныя способы устраненія такихъ препятствій, каковы камни и корки.

Вытаскиваніе большихъ камней и корчей чрезвычайно трудно, ибо требуетъ сильныхъ подземныхъ приспособленій, а потому обыкновенно прибегаютъ къ предварительному раздробленію ихъ. Для раздробленія камней предпочтительно пользуются динамитомъ. Корки иногда удается разрубить сѣкаторами, прикрепленными къ деревяннымъ или желѣзнымъ шестамъ; въ противномъ случаѣ слѣдуетъ рекомендовать также динамитъ, особенно если корки старые, иногда обладающіе значительной твердостью. Если корченодѣміиныхъ работъ много, употребляютъ особы машины — корченодѣміи. Уменьшивъ тѣмъ или инымъ способомъ размѣръ отдѣльныхъ кусковъ камня или корча, приступаютъ къ вытаскиванію ихъ по частямъ. Если работа ведется въ теплое время, то устраняютъ подмости или подводятъ



Черт. 143.

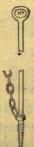
*.) Подробности о землечерпалательныхъ работахъ излагаются въ курсахъ „Водныхъ сообщеній“ и „Приморскихъ сооружений“.

суда. Если работа ведется с судовь, удаляемых предметов часто и не поднимают выше воды, а в подвешеном состоянии отводят в сторону и там снова бросают на дно. Зимою работают со льда. Если приходится вытаскивать крупные куски, требующие больших прорубей, то полезно, во избежание обрушения льда, класть на лед бревна и на них класть досчадый настиль. Такъ какъ при этомъ вытаскиваемые предметы приходится поднимать выше поверхности льда, то для этого устанавливают треноги съ блокомъ или козлы, на которыхъ ставятся лебедки.

Для захвата поднимаемаго предмета имѣются пѣсколько способовъ: обматываніе цѣпями, заѣблѣніе, особыго вида щипцами или клещами, заклинчиваніе, завинчиваніе якоря и т. п.



Черт. 144.



Черт. 145.

Чтобы захватить корыту цѣпью, очищаютъ около него мѣсто и длинными крючьями или баграми стараются подвести подъ него цѣпь; когда цѣпь очутится подъ корытомъ, другими баграми стараются захватить ее и вытащить на верхъ. Работа эта идетъ очень мѣшкотно и удается только послѣ многогрѣхихъ попытокъ. Та же работа успѣшнѣе можетъ быть исполнена при помощи особыаго приспособленія: къ деревянному шесту (черт. 144) прикрепляется изогнутая полоса желѣза, имѣющая на своемъ концѣ ушко, чрезъ которое продѣвается веревка. Протягивъ при помощи этой полосы веревку подъ корытъ, ее легко захватить багромъ и вытащить на поверхность. Ихъ веревку, проходящую подъ корытомъ, легко уже подвести подъ него и канатъ или цѣпь.

Въ корытъ можно завинтить пѣсколько шуруновъ или забить ерши. Для удобства завинчиванія или забивки, шуруны или ерши дѣлаются на концахъ длинныхъ желѣзныхъ стержней. Если шуруны или ерши входять въ корытъ по вертикальному направлению, эти стержни сложатъ и для вытаскиванія; въ противномъ случаѣ вытаскиваніе производится цѣпями, которая прикрѣпляются къ нижней части стержней, какъ показано на чертежѣ 145.

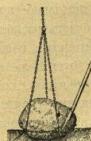
Для вытаскиванія сучковатыхъ корытъ достаточно бываетъ за-

хватить ихъ одною цѣпью; поднимать же такимъ образомъ камни нельзя, а потому приходится пользоватьсяѣсколькими цѣпями.

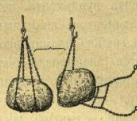
На чертежѣ 146 показана петля изъ трехъ цѣпей.

На чертежѣ 147 показана щипная сѣтка.

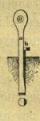
Чтобы уложить камень въ сѣтку, приходится подрыть вокругъ



Черт. 146.



Черт. 147.



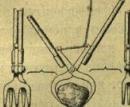
Черт. 148.

него грунта, подвести сѣтку и баграми или цѣпями сдвинуть камень такимъ образомъ, чтобы онъ, опрокинувшись, попалъ на сѣтку.

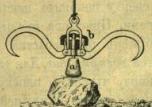
Для захвата камней пользуются также заклинкой (черт. 148). Съ поверхности воды въ камѣ дѣлается буровая скважина, въ которую при помощи водолаза и вставляется заклинка, состоящая изъ



Черт. 149.



Черт. 150.



Черт. 151.

двухъ отдѣльныхъ частей *a* и *b*. Если чрезъ ушко *a* пропустить канатъ и начать имъ поднимать часть *a*, то последняя будетъ стремиться выйти изъ скважины и надавить на клинъ *b*, который въ свою очередь нажметъ на стѣнкѣ скважины. Тренѣ между заклинкою и стѣнками скважины достаточно для того, чтобы поднять камень вѣсомъ до 500 пудовъ.

Менѣе грузные камни поднимаютъ вилками (черт. 149), клещами о трехъ или пяти зубьяхъ (черт. 150), или храпами о 4—6 подвиж-

ныхъ пальцахъ. На черт. 151 показана конструкція такого храпа при томъ положеніи его пальцевъ, при которомъ храпъ опускается въ воду. Когда гира *a* ударится о камень, чашечка *b* поднимается, пальцы освобождаются и подхватываютъ камень или корытъ.

Когда камни или корытъ удалены съ мѣста работы, приступаютъ къ планировкѣ грунта. Большая или меньшая тщательности планировки зависятъ отъ вида фундамента, который будетъ расположены на материкѣ: для фундаментовъ накидныхъ и бетонныхъ можно довольствоваться самой грубой планировкою; для другихъ же видовъ фундаментовъ требуется планировка болѣе тщательная, для того чтобы поверхность материка представляла правильную горизонтальную плоскость. Смотри по руку материка, такая планировка дѣлается, въ одномъ случаѣ,—съемкою грунта, въ другомъ—присыпкою щебня или разливкою бетона.

Материки песчаные и глинистые планируются съемкою грунта при помощи различныхъ землечерапательныхъ приспособленій, употребляемыхъ и для съемки юносовъ. Материки скалистые планируются отщѣти съемкою, отщѣти присыпкою. Съемка скалы дѣлается взрывами пороха или динамита: осколки камня, получаемые отъ взрыва, идутъ на присыпку, для чего ихъ приходится разграбить по площади основныхъ желѣзныхъ граблими (черт. 143), надавливаемыми сверху помощью шестовъ и перемѣщаемыми вдоль оснований деревянками. Присыпка щебня производится помощью воронокъ.

По мѣрѣ производства съемки материка или присыпки щебня, дѣлается постройка дна. Для такой постройки пользуются рейкой, имѣющей винту чугунную плоскую гирю, или особого рамою, состоящую изъ двухъ стоеекъ и нижней желѣзной или обитой желѣзомъ линейки. При постановѣ горизонта воды и небольшой тщательности планировки о первоначальныхъ дна судятъ по отмѣткамъ, слѣдившимъ на рейкѣ, и положенію горизонта воды. Для болѣе тщательной планировки промѣры дѣлаются рейкою, которая движется по подмостямъ.

Фундаменты изъ накидной кладки. Самый родъ кладки такихъ фундаментовъ уже опредѣляютъ собою ихъ профиль и кругъ ихъ примѣненія. Состоя изъ отдѣльныхъ, ничѣмъ не связанныхъ между собою кусковъ, фундаменты эти должны имѣть достаточно

пологіе откосы для того, чтобы сохранять свою форму. Большой объемъ такихъ фундаментовъ, обусловливаемый пологостью откосовъ, не позволяетъ ихъ употреблять въ рѣкахъ, где бы они могли сильно стеснять течение и служить причиной размытія русла. Поэтому накидные фундаменты могутъ быть устраиваемы только въ озерахъ и моряхъ; и последнихъ же всегда бываетъ большее или меньшее волненіе, для сопротивленія которому откосы накидныхъ фундаментовъ должны имѣть еще большее заложеніе. Такъ, въ морахъ заложеніе откосовъ доходитъ иногда до 11 оснований на единицу высоты. Большая или меньшая пологость откосовъ опредѣляется въ зависимости отъ силы волненія; поэтому при устройствѣ моловъ и брекватеровъ накидные фундаменты имѣютъ профиль не симметричный: со стороны открытаго мора, сѣдовательно, со стороны большаго волненія, откосы дѣлаются болѣе пологими, а со стороны порта, во которомъ волненіе ослаблено самими моловами и брекватерами,—болѣе крутыми.

Подробно вопросъ о профиляхъ подводныхъ накидныхъ фундаментовъ излагается въ курсѣ приморскихъ сооружений, почему здесь не будемъ болѣе о немъ распространяться.

Независимо отъ профиля, для прочности и устойчивости накидныхъ фундаментовъ, какъ состоящихъ изъ отдѣльныхъ камней, необходимо, чтобы самъ матеріалъ, изъ котораго они возводятся, удовлетворялъ известнымъ требованіямъ. Серьезное значеніе въ данномъ случаѣ имѣтъ химический составъ камней, ихъ твердость и вѣсъ отдѣльныхъ штукъ. Морская вода, какъ болѣе богатая разными солями, скорѣѣ можетъ производить химическое разрушеніе камней. Способъ производства кладки посредствомъ выбрасыванія камня, случайность въ относительномъ расположеніи камней въ наброскѣ, неправильность формы самъ камней — все это требуетъ большой твердости ихъ, такъ, какъ давленіе отъ одного камня къ другому передается не по правильнымъ постелямъ, а отдѣльными точками выступающихъ частей; вслѣдствіе этого напряженіе материала легко можетъ превзойти допускаемый для слабыхъ камней предѣлъ, и въ результатѣ можетъ получиться раздавливаніе камней, движение въ массѣ фундамента и мѣстныя осадки.

Наиболѣе цѣлесообразная форма камней для накидной кладки — приближающаяся къ шарообразной; но при этомъ между отдѣльными камнями остаются болѣе пустоты. Англійские строители для

заполнения таких пустот употребляют мелкий камень, выбрасываемый въесь с крупным. Французские же инженеры не допускают смыкания крупного камня с мелким, а пользуются послѣдним для образования ядра, т. е. средней части кладки, которое снаружи покрывают крупными материалами.

Существенное значение имѣт вопрос о размѣрах и вѣсѣ камней. Сопротивление, оказываемое камнями волненію, стремящемуся сдвинуть ихъ съ мѣста, пропорционально ихъ вѣсу, зависящему отъ объема, и обратно пропорционально поверхности, выдерживающей ударъ, т. е. квадрату линейного измѣренія камня; поэтому, чѣмъ значительны размѣры камней одного и того же состава, а также чѣмъ тяжелы отдельные камни при одинаковомъ ихъ объемѣ и поверхности, т. е. чѣмъ больны ихъ удельный вѣсъ, тѣмъ лучше будутъ они сопротивляться волненію, тѣмъ крuche могутъ быть откосы фундамента, тѣмъ меньшій объемъ онъ можетъ имѣть. Сила волненія зависитъ отъ различныхъ обстоятельствъ и въ разныхъ мѣстностяхъ бываетъ весьма различна. Только опытнымъ путемъ можно определить вѣсъ камней, которые могутъ устоять въ данномъ мѣстѣ при наибольшемъ волненіи. Такъ, напримеръ, въ Марселе камни объемомъ въ 10 куб. метровъ (около 1350 пуд.) оказались вполнѣ устойчивыми, въ Алжирѣ же такие камни оказались недостаточными, почему тамъ принято употреблять камни объемомъ въ 15 куб. метровъ (около 2000 пуд.); но и такие камни оказались неустойчивыми въ Касси, на южномъ берегу Франции, где объемъ ихъ доведенъ до 20 куб. метровъ (2700 пуд.).

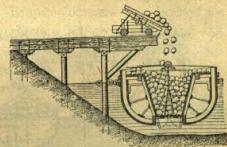
Приведенные цифры даютъ некоторое понятіе о томъ, что такое подразумѣвается подъ словами—крупные камни, если рѣчь идетъ о накидной кладкѣ въ открытомъ морѣ. По этимъ же цифрамъ можно судить и о той трудности, съ которой могутъ быть добыты естественные камни требуемыхъ размѣровъ, и о томъ, какое количество будетъ брака, какіе приспособленія должны быть сдѣланы для доставки такихъ громадныхъ камней отъ мѣста ихъ добычи до мѣста работы. Если эти трудности могутъ окунуться стоимости камней, вполнѣ зависящую отъ мѣстныхъ условій, какъ-то: близости каменоломенъ, легкости выломки и т. п., то пользуются камнями естественными; въ противномъ случаѣ, или, правильнѣе сказать, въ большинствѣ случаевъ пользуются камнями искусственными.

Искусственные камни большого размѣра называются *массивами*, имеютъ форму параллелепипедовъ и дѣлаются изъ бетона или бутовой кладки на цементѣ. Массивы изготавливаютъ въ разборныхъ деревянныхъ формахъ. До употребленія въ дѣло массивы остаются на мѣстѣ, въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени, съ цѣлью дать возможность цементному раствору пріобрѣсти необходимую крѣпкость. Ввиду огромнаго вѣса массивовъ, для подъема, перемѣщенія и опусканія ихъ пользуются особыми подвижными подъемными кранами. Для захвата массивовъ пользуются разнаго рода приспособленіями. Подробности приготовленія массивовъ, способа погруженія ихъ въ воду и типы массивной кладки *) излагаются въ курсахъ приморскихъ сооружений.

Мелкий камень, употребляемый для накидной кладки, бываетъ по вѣсу пудовъ, а иногда и десятокъ пудовъ, а потому приходится устраивать особыя приспособленія для нагрузки его на вагоны, въ которыхъ онъ доставляется къ мѣсту работы или къ мѣсту перегрузки въ суда. Приспособленія эти, смотря по вѣсу камней и количеству работъ, дѣлаются болѣе или менѣе сложной конструкціи; такъ, употребляютъ треноги съ блокомъ, черезъ который передвигивается канатъ или цѣпь, одинъ конецъ идущая къ лебедкѣ а другимъ къ камню, или же устраиваютъ подвижные подъемные краны.

Перегрузка въ суда дѣлается или всыпную, если камень сравнительно мелкій (черт. 152), или подвижными кранами, или лебедками (черт. 153), если камень сравнительно крупный.

Погрузка или ссыпка камня въ воду производится съ вагоновъ или съ судовъ. Вагоны устраиваются обыкновенно опрокидывающими.

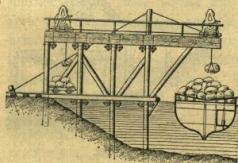


Черт. 152.

*) Кладка изъ массивовъ бываетъ двухъ видовъ: наброска и правильная. Въ первомъ случаѣ отдельные камни имѣютъ случайное положеніе, а во второмъ укладываются правильными слоями, горизонтальными или наклонными.

щися, подобно землевознымъ, причемъ самое опрокидываніе производится автоматически: груз камня, послѣ того какъ устранио препятствіе, въ видѣ особаго крючка, рычага и т. п., заставляеть кузовъ вагона опрокинуться; когда камень вывалится, кузовъ вагона своею тяжестью возвращается въ первоначальное положеніе.

Для доставки камня къ мѣсту работъ въ вагонахъ необходимо устраивать подмости и прокладывать по нимъ ролики. Устройство такихъ подмостей представляеть большія затрудненія, такъ какъ верхний настилъ приходится располагать довольно высоко надъ горизонтомъ моря, съ целью предохранить его отъ волненій, которое легко можетъ его сорвать. Устройство такихъ подмостей описывается въ курсахъ приморскихъ сооружений. Путы отъ каменоломенъ дѣлаются обыкновенно наклонные, съ тѣмъ чтобы не требовалось особыго усилія для передвиженія вагоновъ; при этомъ тяжестью спускаемаго въ вагонъ камня иногда пользуются для подъема погружныхъ вагоновъ. Достигается это при помощи прородочныхъ канатовъ, соединяющихъ два поезда и перекинутыхъ черезъ барабанъ съ



Черт. 152.

вертикальною осью, располагаемый въ верхней точкѣ путей.

Суда, устраиваемы для отвозки и выгрузки камня, встрѣчаются самыхъ разнообразныхъ конструкцій, причемъ камень погружается на палубѣ или въ трюмѣ. Выгрузка съ судовъ производится кранами или вссыпную. На чертежѣ 152 показана въ общихъ чертахъ конструкція судовъ, приспособленныхъ къ перевозкѣ камня въ трюмѣ, а на чертежѣ 153—на палубѣ, причемъ въ обоихъ случаяхъ выгрузка производится вссыпную: въ первомъ случаѣ открывается дно, во второмъ случаѣ въ особые ящики трюма впускается вода, вслѣдствіе чего равногѣсъ судна нарушается, оно накренивается въ одну сторону, и часть камня ссыпается; если затѣмъ отливъ воды изъ ящика, судно накрениится на другую сторону и съ него ссыпается другая часть камня.

Устройство бетонныхъ фундаментовъ на материцѣ безъ водостока. Для придания подводному бетонному фундаменту определенного по проекту вида, необходимо имѣть подъ водою *форму*, въ предѣлахъ которой будетъ производиться отливка бетона. Для защиты бетона отъ вреднаго размывающаго дѣйствія теченія или волненія, которое можетъ уносить растворъ, необходимо имѣть стѣнку, ослабляющую теченіе или волненіе. Обоими этими условіями удовлетворяютъ такъ называемыя *бездонные или бетонные ящики*.

По своей конструкціи эти ящики можно раздѣлить на *постоянныя и опускныя*. Первые образуются забивкою сплошныхъ рядовъ свай или забивкою отдѣльныхъ свай и заполненіемъ промежутковъ между ними досками или щитами. Вторые состоятъ изъ брускчатаго скелета, обшитаго досками и спускаемаго на мѣсто, избранное для расположения сооруженія, съ подмостей или судовъ. Ящики постыдней категории собираются на подмостяхъ или на берегу, а затѣмъ приводятся къ мѣсту работъ и погружаются.

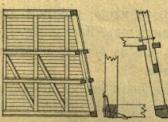
Избрание той или другой системы бездонного ящика зависитъ, главнымъ образомъ, отъ глубины воды и удобства забивки свай. При небольшихъ глубинахъ и легкой забивкѣ свай предпочтитаются ящики постоянные, въ противномъ случаѣ—опускные.

Постоянныя ящики устраиваются такимъ же образомъ, какъ и перемычки съ одною сплошною стѣнкою, а потому распространяться о нихъ не будемъ; замѣтимъ только, что въ употреблении шпунтовыхъ свай въ данномъ случаѣ пѣть никакой надобности, такъ какъ для отливки бетона полная водонепроницаемость формы вовсе не нужна; даже полезно въ предѣлахъ ящика оставлять небольшое движеніе воды, достаточное для удаленія *молока*, то есть сильно разжиженаго раствора. Тѣмъ не менѣе употребляютъ для отливки бетона и шпунтовые ящики, но это обусловливается уже другими соображеніями, какъ, напримѣръ, желаніемъ предохранить самыи материкъ отъ подмытия.

Опускныя бездонные ящики состоятъ изъ скелета и обшивки. Скелеты дѣлаются преимущественно деревянными, хотя были случаи устройства ихъ и изъ чугуна. Деревянные скелеты образуются изъ стоечъ и парныхъ схватокъ. Для достиженія большей жесткости всего скелета, между стойками и схватками полезно располагать

кресты. Обшивка въ большинствѣ случаевъ дѣлается деревянная, изъѣдка же гіздана, толщиною около 3 миллиметровъ.

Выше было замѣчено, что при устройствѣ бетонныхъ фундаментовъ материкъ можетъ быть спланированъ довольно грубо, то есть на немъ могутъ оставаться сравнительно большия впадины и возвышенія, и, наконецъ, поверхность его можетъ имѣть пѣкоторой уклонъ. Вышу этихъ обстоятельствъ нижняя грани ящика можетъ быть въ пѣкоторыхъ случаяхъ не горизонтальна, причемъ она должна до пѣкоторой степени сгѣдѣть за изгибами дна. Такъ какъ въ большинствѣ случаевъ обшивка скелета дѣлается изъ отдѣльныхъ горизонтальныхъ досокъ, то устройство сплошной обшивки съ неправильными очертаніями нижней грани ящика становится неудобнымъ. Поэтому, при незначительныхъ изгибахъ дна, нижнее звено обшивки дѣлается изъ щита, образованаго сообразно профилю дна; при болѣе же величествѣ дна, стойки скелета дѣлаются сообразно съ профилемъ дна, съ тѣмъ чтобы ящики плотно стоять на материкѣ, а обшивку ведутъ вертикальными досками во всю высоту



Черт. 154.

ящика или только въ нижней его части, или же, наконецъ, нижняя ящика оставляютъ совсѣмъ безъ обшивки. Въ послѣднемъ случаѣ для образования стѣнки прибиваются къ скелету ящика смоленую нарусыну, которая частью ложилась бы на дно водоема вокругъ ящика, или обкладываютъ его мѣшками съ глиниго или бетономъ, или, наконецъ, просто обсыпаютъ камнемъ. При постройкѣ Алжирскихъ доковъ бездонный ящикъ съ горизонтальною нижнею гранию былъ поставленъ на бетонную стѣнку, возвѣденную при посредствѣ водолазовъ.

На чертежѣ 154 показанъ примѣръ устройства опускныхъ бездонныхъ ящиковъ. Для большихъ глубинъ стойки дѣлаются болѣе сложной конструкціи. Чтобы ящикъ при опускании не измѣнилъ своей формы, его стягиваютъ болтами, проходящими отъ одной стѣнки до другой. Болты эти остаются потомъ въ массѣ бетона. Боковыя стѣнки ящика обыкновенно дѣлаются наклонными, съ цѣлью образования фундаментовъ, уширивающихся книзу.

Деревянные ящики, будучи легче воды, требуютъ нагрузки для возможности опускания ихъ на дно. Нагрузка можетъ быть доставлена подѣлькою къ стойкамъ скелета особыхъ ящиковъ, наполненныхъ камнемъ.

Опусканіе ящиковъ производится помошью домкратовъ и цѣпей, прикрепляемыхъ кънизу стоеекъ. Цѣпи эти слѣдуетъ прикреплять къ стойкамъ такимъ образомъ, чтобы не было надобности для снятія ихъ, послѣ установки ящика на мѣсто, спускать водолазовъ. Это можетъ быть достигнуто употребленіемъ крючьевъ. Въ такомъ случаѣ къ стойкамъ прикрепляютъ проушину, въ отверстіе которой и проѣзываютъ крюкъ, которымъ оканчивается цѣпь. Спусканіе домкратовъ дѣлается одновременно, по командаѣ.

Послѣ установки ящика на дно, чтобы удержать его отъ сдвига течениемъ (обшивка сильно этому способствуетъ), внутри ящика или снаружи забиваются пѣколькою отдѣльныхъ свай, которыми бы удерживали его на мѣстѣ. Вмѣсто свай употребляютъ каменные отсыпки вокругъ ящика, которая, по мѣрѣ погруженія бетона, возвышается. Такъ какъ болѣе или менѣе прочная обшивка ящика можетъ сопротивляться пѣкоторому боковому давленію, то ею можно пользоваться какъ подпорной стѣнкой, что даетъ возможность уменьшить объемъ отрывки наносного слоя. Дѣйствительно, опустивъ ящика на дно водоема, покрытаго насыпью, можно производить землечерпаніе только внутри ящика и по мѣрѣ углубленія выемки, опускать въ нее самий ящикъ; при этомъ стѣнки подводного котлована будутъ поддерживаться въ отѣсномъ положеніи обшивкою ящика.

Изъ предыдущаго извѣстно, что въ подводныхъ фундаментахъ обыкновенно стараются опустить правильную кладку ниже самаго низкаго горизонта воды, хотя бы и на незначительную глубину; съ другой стороны мы знаемъ, что сила фильтрацій въ перемычкахъ зависитъ отъ разности горизонтовъ воды снаружи и внутри перемычки; поэтому, при небольшой разности горизонтовъ и достаточной плотности перемычки, всегда можно достигнуть сравнительной ея непроницаемости.

При употреблении опускныхъ бездонныхъ ящиковъ является возможность верхнюю часть обшивки слѣдѣть водонепроницаемою изъ толстыхъ инундировальныхъ досокъ, хорошо прокопонченыхъ и просмоленныхъ. Работа эта можетъ быть выполнена съ достаточнoю тщательностью.

тельностью въ то время, когда верхняя часть ящика еще не успѣла погрузиться въ воду. Когда погрузка бетона дойдетъ до верхнихъ рядовъ обшивки, и бетонъ затвердѣеть, вдоль линій соприкасанія бетона съ обшивкою можно уложить парусинную кишку, набитую глиной, для задѣлки возможной щели между бетономъ и обшивкою. Устроенный такимъ образомъ ящикъ съ бетоннымъ дномъ и шпунтовыми досчатыми стѣнками будеъ достаточно водонепроницаемъ, а потому вода изъ него можетъ быть отлита и въ немъ можно вести обыкновенную праильную кладку насухо.

На чертежѣ 155 показанъ примеръ устройства такого ящика.

Когда бетонированіе закончено, стѣнки ящика спускаются ниже самаго низкаго горизонта воды.

Приготовленіе бетона и способы его погрузки въ воду излагаются въ курсѣ «Строительныхъ работъ», а потому здесь ограничимся нѣсколькими только общими замѣчаніями.

1) Бетонъ для самого ниж资料а слѣдуетъ приготовлять съ болѣе количествомъ раствора, чѣмъ для вышеизложенныхъ слоевъ, съ тѣмъ чтобы онъ былъ

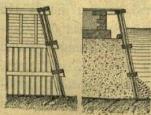
болѣе пластичнымъ и лучше заполнялъ всѣ переносныя ды.

2) Погруженіе бетона воронками предпочтительнее погруженія отдельными ящиками, такъ какъ давленіе столба бетона, находящагося въ воронкѣ, производить пѣкоторое уплотненіе отливаемаго слоя; при использованіи воронокъ происходитъ менѣе вышелачиванія бетона.

3) Слѣдуетъ стремиться къ образованію въ одинъ приемъ болѣе толстыхъ слоевъ бетона. Это легко достигается при одновременномъ использованіи двумя и даже тремя рядомъ поставленными воронками разной высоты. При этомъ выходящий изъ воронокъ бетонъ ложится по откосу слоя.

4) При образованіи смежныхъ слоевъ бетона воронки слѣдуетъ перемѣщать по взаимно перпендикулярнымъ направлениямъ.

Если бетонный фундаментъ можетъ подвергаться изгибающимъ усилиямъ (напр. подъ плоскими камерами), то отливку верхнаго слоя бетона рекомендуется производить радиами, перпендикулярными



Черт. 155.

къ длинѣ сооруженія, и пользоваться для приготовленія бетона болѣе жирнымъ растворомъ. Съ цѣлью увеличенія сопротивляемости бетонного слоя изгибающимъ усилиямъ, полезно затапливать въ него по соответствующему направлению полосы двутавроваго желѣза или полосового, поставленного на ребро.

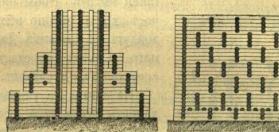
Ряжевые фундаменты. Фундаменты изъ накидной кладки, какъ сказано выше, имѣютъ толь недостатокъ, что требуютъ очень пологихъ откосовъ или черезъ-турь крупнаго камня, который бы при бѣгу кромкѣ откоса могъ оставаться неподвижнымъ; но при этомъ они имѣютъ за собою преимущество въ отношеніи ихъ стоимости, благодаря простотѣ работы, тѣмъ большей, чѣмъ мельче камень.

Употребленіе рабжей или деревянныхъ срубовъ въ значительной степени ослабляетъ вышеупомянутый недостатокъ: откосы каменной наброски внутри рабж могутъ быть совершенно вертикальными, но при этомъ является новая затрата на самыи рабжи, которая, впрочемъ, возмѣщается экономией на количествѣ камня.

Рабжи служатъ формою, въ которой каменная наброска сохраняетъ разъ данный ей видъ.

Рабжи употребляются въ видѣ ящиковъ съ дномъ, причемъ стѣнки ихъ бываютъ или вертикальныи или наклонныи, для приданія ящикамъ большей устойчивости. Съ послѣднеи цѣлью рабжи дѣлаются также уступчатыми (черт. 156).

Въ планѣ ящики имѣютъ форму прямогоугольниковъ, причемъ короткія стороны дѣлаются сообразно длинѣ цѣльныхъ бревенъ, которыми можно располагать въ данной мѣстности, длина же стороны могутъ быть и изъ сращенныхъ бревенъ. Для большей жесткости и прочности ящиковъ, поперекъ ихъ дѣлаются стѣнки, высотою въ пѣколько вѣнцовъ, расположенные въ шахматномъ порядке (черт. 157). Рабжи рубятся изъ бревенъ или пластинъ съ остаткомъ, и одинъ вѣ-



Черт. 156. Черт. 157.

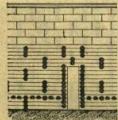
шель укладывается на другой или вплотную или с зазором, приблизительно въ поль-дерева. Этим достигается некоторая экономия въ материалѣ, мало предъящая прочности рижеваго фундамента, если сдѣлано достаточное число поперечныхъ стѣночкъ и если камень довольно крупенъ. Рижъ изъ вѣнцовъ, нарубленныхъ вплотную, конечно, нѣсколько жестче рижей съ зазорами. Отдельные вѣнцы рижка соединяются между собою помощью ершей, проходящихъ черезъ 2—3 вѣнца. Такіе ерши забиваются по длине вѣнца черезъ каждыи $1\frac{1}{2}$ —2 саж., а въ смежныхъ вѣнцахъ въ шахматномъ порядке.

Дно рижей дѣлается изъ бревенъ или пластинъ, которыя кладутся или вплотную, или съ промежутками, смотря по круности камня. Дно располагается на высотѣ 2-го—4-го вѣнца, вообще на таѣ, чтобы оно лежало на скатомъ наѣсѣ, когда нижніе вѣнцы вѣрнутся въ него и дойдутъ до материка. Давленіе камни, нагруженное въ рижъ, передается материку черезъ посредство дна и стѣночекъ.

Несмотря на ширину рижей къ низу, фундаменты этого типа, особенно если они высоки, нельзя признать достаточно устойчивыми въ томъ случаѣ, если они будутъ подвергены сильному прибою волнъ; поэтому въ открытомъ морѣ, для образования моловъ, рижки не всегда могутъ быть употребляемы.

Рижевые фундаменты очень часто примѣняются для устройства набережныхъ, т. е. сооружений, имѣющихъ большии размѣры въ длину. Въ этомъ случаѣ фундаментъ состоится изъ отдѣльныхъ ящиковъ, питъмы не связанныхъ другъ съ другомъ или же устроенныхъ такимъ образомъ, что только верхніе вѣнцы у нихъ сплошны по длине всѣхъ ящиковъ (черт. 158).

Такъ какъ въ составъ рижевыхъ фундаментовъ входитъ дерево, то этимъ обусловливается возможность ихъ употребления въ томъ или другомъ мѣстѣ и ихъ размѣры въ высоту. Дѣйствительно, въ моряхъ, въ которыхъ водится червь, истребляющій дерево, очевидно, рижевые фундаменты употреблять нельзя. Чтобы дерево не гнило, оно должно оставаться постоянно подъ водою, сгѣдовательно, высота рижевыхъ фундаментовъ опредѣляется положениемъ самого низкаго горизонта воды, во время волненій.



Черт. 158.

Не останавливаясь на болѣе подробномъ описаніи простой конструкціи рижей, ясно видной на приведенныхъ чертежахъ, перейдемъ къ описанию производства работы.

Самая конструкція рижей указываетъ на необходимость предварительной планировки дна, если постѣдно имѣть значительными неровностями или углонъ. Планировка же въ смыслѣ снятія напоса, если постѣдный не особенно толсты, не нужна; даже полезно имѣть небольшой слой напоса, въ который рижъ можетъ врѣзаться нижнимъ вѣнцами, причемъ дно рижка будетъ лежать на уплотненномъ напосѣ. Если напосъ толсты, рижъ будетъ сдѣлаться по мѣрѣ нагрузки его камнемъ, причемъ осадка можетъ быть неравномерна, и рижъ будетъ коробиться.

Наиболѣе удобное время для устройства рижевыхъ фундаментовъ—зима, если мѣсто работъ покрывается льдомъ. Исследование дна и планировка дѣлаются до замерзанія воды. Когда вода замерзнетъ, на льду производить разбивку работъ и приступаютъ къ рубке рижей. Рижъ рубятъ около того мѣста, съ которого они должны быть спущены. Чтобы удобнѣе сдвинуть рижъ, подъ нимъ кладутъ нѣсколько брусьевъ (салазки). Срубивши нѣсколько вѣнцовъ выше для рижка, дѣлаютъ прорубь, удаляютъ изъ нея ледъ, и рижъ стаскиваютъ въ прорубь. Рижъ частью погружаются въ воду; на выступающей изъ воды части продолжаютъ рубку. Если дно имѣетъ небольшой скатъ, рубку рижъ ведутъ такимъ образомъ, что бы коми бревенъ были обращены въ одну сторону, если дно горизонтально — то коми кладутъ попрѣмѣнно въ обѣ стороны. По мѣрѣ рубки рижъ онъ погружается въ воду, по гораздо медленѣѣ, чѣмъ растетъ въ высоту отъ нарубки вѣнцовъ. Когда дольнѣйшая рубка вѣнцовъ становится неудобною, вслѣдствіе большаго возвышенія надъ поверхностью льда, рижъ начинаютъ наполнять камнемъ и этимъ его погружаютъ въ воду на столько, чтобы было удобно работать плотникамъ. Для равнѣмѣрной погрузки рижка нужно сдѣлать за правильностью заполненія его камнемъ. Надо быть особенно осторожными въ то время, когда рижъ близокъ къ дну. Чтобы можно было исправить положеніе рижка, къ постѣднему привязываютъ канаты, дѣйствуя которыми, можно замедлить погруженіе того или другого угла ящика. Рубку рижка продолжаютъ до проектной высоты, держа верхніе вѣнцы надъ водою. Когда рубка кончена, весь рижъ загружаютъ камнемъ, и онъ принимаетъ окончательную осадку.

Погрузку камня зимою слѣдует производить по возможности быстрѣе, съ тѣмъ чтобы съ камнемъ не погружалася образуемыйся внутри ряжа ледь, который, тая въ водѣ, дадъ бы мѣсто для движенья камня внутри ряжа.

Лѣтомъ работа ведется такимъ же образомъ, съ тою только разницей, что рубка первыхъ вѣнцовъ производится на берегу, а по томъ ящики буксируются къ назначенному для него мѣсту. Около ряжа ставятъ суда, на которыхъ привозятъ лѣсъ и камень. Если бываетъ волненіе, тѣ баржи ставятъ на якорахъ и тѣмъ даютъ возможность держать ряжъ въ назначенному для него мѣстѣ, или же забибаютъ нѣсколько свай около ряжа.

Ряжъ образуетъ только нижнюю часть фундамента, верхняя же опускается на него въ поинточномъ ящикѣ или возводится инымъ какимъ-либо способомъ.

Хотя рапажевые фундаменты и предназначаются для тѣхъ только случаевъ, когда мѣстность покрыта водою, а работы желательно вести безъ водоотлива, тѣмъ не менѣе ими пользуются иногда и въ томъ случаѣ, когда мѣстность водою не покрыта. Такъ, напр., при устройствѣ бассейна порта на Гутуевскомъ островѣ въ Петербургѣ ряжи были установлены и заграждены камнемъ въ то время, когда бассейнъ былъ только что выкопанъ, но еще не заполненъ водою. Въ этомъ случаѣ употребление ряжей объясняется исключительно желаніемъ уძешевить постройку.

Водолазныя работы. Фундаменты описанныхъ выше системъ хотятъ и возводятся безъ водоотлива, но для производства нѣкоторыхъ простѣйшихъ работъ, связанныхъ съ ихъ устройствомъ, а также для осмотра и ремонта подводныхъ сооружений во времена ихъ службы, является необходимость опускать подъ воду людей, которые могли бы оставаться тамъ нѣкоторое время для исполненія этихъ работъ.

Съ цѣлью достиженія возможности болѣе или менѣе продолжительного пребыванія человѣка подъ водою, еще въ XVII вѣкѣ былъ построенъ *водолазный колоколь*, идея которого была, впрочемъ, извѣстна Аристотелю. Этотъ водолазный приборъ (черт. 159), въ общемъ, состоитъ изъ металлическаго (по большей части чугуннаго) колокола *A*, подвѣшенаго на цѣпяхъ къ крану или лебедкѣ, помощьюъ которыхъ колоколь спускаютъ въ воду. Внутри колокола,

на скамейкахъ, помѣщаются одинъ или нѣсколько рабочихъ; колоколь снабжается воздухомъ, накачивающимъ сверху насосомъ по трубѣ *B*, входящей въ потолокъ колокола. Давленіе этого воздуха, соответствующее глубинѣ погруженія колокола, препятствуетъ водѣ наполнять его внутренность, давая выѣѣтъ съ тѣмъ возможность людямъ работать на мѣстѣ погруженія колокола. До послѣдн资料的 времени водолазные колокола были въ большомъ употреблении при производствѣ подводныхъ работъ, и ими пользовались даже при возведеніи цѣльыхъ фундаментовъ; при помощи ихъ, между прочими, были построены доки Викторій въ Лондонѣ, молъ изъ бетонныхъ массивовъ въ Дуврѣ и многія другія сооруженія.

Тѣмъ не менѣе, колокола обладаютъ существенными недостатками, къ числу которыхъ необходимо отнести: 1) малое количество людей—до 4-хъ человѣкъ—помѣщающихся въ колоколѣ; 2) затрудненіе въ передвиженіи колокола съ мѣста на мѣсто (для этого нужны: лѣса, вороты, суда и проч.); 3) неудобство и опасность прыганія ими при быстрыхъ теченіяхъ и волненіяхъ.

Хотя второй изъ указанныхъ недостатковъ отчасти устраненъ въ самодвижущемся колоколѣ *Nutilus* Галле и Вилліамсона, но другія неудобства этихъ приборовъ—ихъ дорогоизна, громоздкость и необходимость для всѣхъ рабочихъ въ колоколѣ работать одновременно на незначительномъ пространствѣ для колокола заставили обратиться къ такого рода водолазнымъ приспособленіямъ, которая давали бы возможность каждому рабочему производить свою работу независимо и отдельно отъ прочихъ и, при томъ, въ приборѣ болѣе легкому и удобоподвижному, чѣмъ колоколъ. Всѣмъ этимъ условіямъ удовлетворяютъ такъ называемыя *скафандры*.

Скафандры состоятъ изъ металлическаго шлема, закрывающаго голову и часть груди водолаза, и непромокаемой одежды, облекающей всю остальную часть его тѣла. Шлемъ соединенъ гуттаперчевою трубкою съ насосомъ, доставляющимъ необходимый для дыханія воздухъ. Равновѣсие и устойчивость водолаза подъ водою поддерживается тяжестями, привѣшиваемыми къ его груди и ногамъ. Движенія рабочаго подъ водою въ скафандрѣ довольно свободны, и онъ можетъ дѣйствовать киркой, ломомъ, пилю и т. д.



Черт. 159.

Ввиду большого распространения, какое въ послѣднее время получили скафандры при всѣхъ подводныхъ работахъ, остановимся на нѣкоторыхъ подробностяхъ устройства и употребленія этихъ приборовъ.

Изъ различныхъ системъ скафандровъ наиболѣе извѣстны системы Зибѣ, Гейнке и Денѣргаза. Въ скафандрѣ Зибѣ шлемъ, покрывающій голову, плечи и часть груди водолаза (черт. 160), сдѣланъ изъ луженой мѣди и снабженъ спереди и съ боковъ головы стеклами, защищеннными отъ ударовъ металлической решеткой. Для того чтобы водолазъ тотчасъ по выходѣ изъ воды могъ дышать свѣжимъ воздухомъ и разговаривать съ окружающими, переднее стекло шлема двинется съемнымъ (на винтѣ). Для возможности же

быстро освободить водолаза отъ тяжести шлема, послѣдний устраивается составными изъ двухъ частей, соединяемыхъ герметически противъ горла особыми винтами, требующими для полнаго своего завинчиванія лишь $\frac{1}{4}$ оборота. Верхняя непромокаемая одежда водолаза приготовляется изъ суттаперии, подбитой фланеллю; подъ нее, во избѣженіе сильного охлажденія подъ водой, водолазъ надѣяетъ еще 2 теплыхъ фланелевыхъ одѣжды; поверхъ же гуттаперчевой одежды, съ цѣлью ея сохраненія, надѣвается куртка и брюки изъ толстаго подотка. Шлемъ герметически соединяется съ гуттаперчевою одеждой помошной кожанаго ремня, пристегнутаго къ одѣждѣ, и 12 небольшихъ винтовъ, которыми ремень плотно привинчивается къ нижнему краю шлема.

Приводящая воздухъ труба (шлангъ) примыкаетъ къ задней части шлема и снабжена клапаномъ *a*, открывющимся во внутрь шлема. Труба эта имѣть наружный диаметръ около $1\frac{1}{2}$ дюйма и дѣлается изъ вулканизированной гуттаперчи. Въ предупрежденіе разрыва ея отъ внутрен资料 давленія воздуха или какихъ-либо внѣннихъ препятствій, она заключается во внутрь мѣдной спиральной провоночка, которая сверху обтягивается толстой парусиной.

Испорченіемъ дыханіемъ воздухъ удаляется изъ шлема черезъ отверстіе, снабженное клапаномъ *b*, отворяющимся внаружку и пропитывающимъ воду, вѣйти во внутрь шлема. Въ скафандрахъ системы Гейнке водолазъ можетъ по произволу увеличивать или уменьшать



Черт. 160.

отверстіе этого клапана; закрывая нѣсколько клапанъ, онъ заставляетъ постоянно накачиваемый во шлемъ воздухъ надувать гуттаперчевую одежду и, такимъ образомъ, имѣть возможность подниматься и опускаться въ водѣ, независимо отъ подъема его людьми, находящимися на верху.

Такъ какъ шлемъ водолаза представляетъ довольно значительную тяжесть, то, для уравновѣщенія ея, на ноги водолаза надѣваются гуттаперчевые башмаки съ тяжелыми свинцовыми подошвами; сверхъ того, къ груди и спинѣ также подѣливаются тяжести (около 25 фунт.).

Для накачивания воздуха употребляется обыкновенно насосъ съ 3-мя цилиндрами, стержни поршней которыхъ прикреплены къ колѣничному валу, приводимому въ движение двумя рукотками на концахъ. Для того чтобы воздухъ, посыпаемый водолазу, не нагревался въ насосѣ отъ сжатія и тренія частей, цилиндры заключены въ ящики, содержащіе воду. Сверхъ того, ради чистоты воздуха, поршни никогда не смазываются масломъ, а лишь смачиваются водой. Для сохраненія необходимаго равенства внутреннаго и наружнаго давлений на тѣло водолаза, во шлемъ, а слѣдовательно и на поясѣ, должно поддерживаться давленіе воздуха, соотвѣтствующее глубинѣ погруженія водолаза. Такъ, если водолазъ работаетъ на глубинѣ 10 саж., то онъ испытываетъ давленіе около 3-хъ атмосферъ, для поддержанія котораго у насоса должны работать 4 человека, мѣняясь съ двумя другими сменами приблизительно черезъ $\frac{1}{4}$ часа. При весьма глубокихъ погруженіяхъ (180 фут.) употреблялись паровые двигатели у насосовъ. По правиламъ нашего морскаго вѣдомства, принятію считать предѣльную глубину для подготовленнаго школя водолаза — въ 12 саж., и ни въ какомъ случаѣ не опускать людей глубже 22 саж.

Дыханіе водолаза въ только что описанномъ скафандрѣ Зибѣ довольно свободно, такъ какъ голова рабочаго находится въ по-стоянно освѣжаемой атмосфѣрѣ. Главный недостатокъ аппарата Зибѣ и Гейнке заключается въ томъ, что въ выходной трубѣ выдувается изъ шлема вѣтѣсъ съ испорченымъ много сѣбѣго воздуха и что, при длинномъ и затруднительномъ пути водолаза, приводящемъ воздухъ труба можетъ потерпѣть поврежденія, подвергающіе жизнь водолаза большой опасности. Бывали, между прочимъ, случаи прокусыванія шланга рыбами. Указанные недостатки устраниены въ ска-

фандрѣ Денэйруза посредством присоединения къ водолазному аппарату металлическаго резервуара *A* (черт. 161), со скатыми до 30—40 атмосферъ воздухомъ. Резервуаръ этотъ привыкается ремнями на плечи водолаза и посредствомъ особаго регулятора *B* и трубки *C* со мундштукомъ, вставляемымъ въ ротъ, спабжаетъ водолаза вполнѣ сѣбѣкимъ воздухомъ соответствующаго глубинѣ давленія, причемъ устраивается необходимость воздухопроводного шланга *), но за то черезъ каждыя 30—40 минутъ водолаз долженъ подниматься для перемѣны резервуара.

Каждый скафандръ снабжается веревочною лѣстницей съ деревянными перекладинами, по которой водолазъ сходитъ въ воду и выходитъ изъ нея. Опусканіе и подъемъ водолаза въ водѣ производится особою веревкою или такъ наз. *сигнальными концами*, толщиной 2 $\frac{1}{2}$ дюйма, обхватывающими водолаза по срединѣ груди и протянутыми наверхъ къ людямъ, управляющимъ спускомъ водолаза. Какъ спускъ, такъ и особыни и подъемъ производится медленно, не скорѣе одной минуты на каждую сажень глубины, съ тѣмъ чтобы быстрое измѣненіе давленія не привело вреднаго дѣйствія на организмъ.



Черт. 161.

Сигнальный конецъ служитъ также для простиныхъ переговоровъ водолаза съ людьми, находящимися наверху, помошью условныхъ сигналовъ—дерганий и качаний веревки.

При работахъ въ очень мутной водѣ употребляются подводныя лампы разныхъ системъ. Воздухъ, необходимый для горѣнія, доставляется къ нимъ насосомъ.

Въ послѣднее время какъ для переговоровъ съ водолазомъ, такъ и для освѣщенія подводныхъ работъ, стали примѣнять электричество (телефонъ и замочки).

Производство водолазныхъ работъ поручается обыкновенно водолазной артели, которая, по числу имѣющихся въ ней скафандроў,

* Существуютъ аппараты Денэйруза и со шлангомъ; въ такомъ случаѣ резервуаръ съ регуляторомъ служитъ лишь для отѣлки стѣнаго вдыхаемаго воздуха отъ испорченаго выдыхаемаго, а также, какъ запасное имѣніе вдыхающаго воздуха, въ случаѣ порчи шланга, на время, необходимое для подъема водолаза.

раздѣляется на такъ наз. *водолазныя единицы*. На одномъ *водолазномъ баркасѣ* помѣщаются двѣ такихъ единицы, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ: 1) трехъ водолазовъ, чередующихся въ работѣ (черезъ 2—3 часа), причемъ, если одинъ водолазъ работаетъ въ скафандрѣ, то другой стоять у шланга, а третій у сигнального конца и онъ же руководить вообще дѣятельностіи водолаза и рабочихъ; и 2) отъ 8 до 15 (смотри по глубинѣ опускания) людей, работающихъ по смѣнамъ у насоса. Сверхъ того, на баркасѣ должна находиться команда для управления имъ.

Слѣдѣтъ водолазныхъ работъ и, въ особенности, безопасность водолаза требуютъ болѣйщіи тщательности въ содержаніи и употреблѣніи водолазныхъ приборовъ, а также строгой дисциплины при самой работѣ. Водолазы выбираются изъ здоровыхъ людей и подготавливаются къ водолазнымъ работамъ, для чего, напр., у насъ въ Кронштадтѣ имѣется школа водолазовъ. При опусканіи людей подъ воду строго соблюдаются извѣстныя гигиеническія правила. О вліяніи сущестнаго воздуха на организмъ человѣка и о разныхъ мѣрахъ предосторожности при работахъ подъ болѣйшимъ давленіемъ будетъ сказано ниже, въ статьѣ о кессонахъ.

ГЛАВА IX.

Ростверкъ на сваяхъ *). Когда материкъ залегаетъ глубоко, въ 3—5 саж. отъ поверхности земли, то закладывать фундаментъ въ открытому котлованѣ или перемѣнѣ и дорого и крайне затруднительно, иногда же просто невозможно, напр., вслѣдствіе сильнаго притока воды; поэтому въ такихъ случаяхъ прибегаютъ къ опусканнымъ фундаментамъ. Ростверкъ на сваяхъ и представляетъ собой одинъ изъ простѣйшихъ видовъ такихъ фундаментовъ.

Ростверкъ принимаетъ непосредственно давленіе кладки фундамента и распредѣляетъ его между отдѣльными сваями, сваи же принимаемые ими давленіе передаютъ материку. Такимъ образомъ, основаниемъ сооруженія служитъ собственно материкъ, ростверкъ же со

*). Болѣе подробныя свѣдѣнія о сваяхъ, копрахъ, забивкѣ и завинчиваніи снай изложеніи въ отдельной книжѣ „Свайныя работы“.

сваями только участвуют в передаче давлений сооружения материку, а потому в этом случае ростверк и сваи должны быть разматриваются не как особый вид основания, а как часть фундамента, состоящая из отдельных столбов. Такие же свайные ростверки употребляются и при возведении сооружений на сравнительно слабых грунтах, причем сваи не доходят до материка, а держатся в слабом же грунте силой трения их боковой поверхности о грунт и тяжестью сопротивления, которое грунт оказывает дальнейшему прониканию в него свай. И в этом случае сваи и ростверки представляют собой часть фундамента.

Сваи по всей своей высоте поддерживаются слабым грунтом, почему и остаются в вертикальном положении; для возможности же правильной передачи давлений материку достаточно, чтобы сваи хотя немного углублялись в него. Если же слабый грунт очень недоступен, или можно опасаться за его размытие, то, для обеспечения за сваами достаточной устойчивости, следует глубже погружать их в материки, конечно, если только это возможно. В склоне, например, сваи не могут быть забиты. Чтобы предохранить слабый грунт от размыва грунтовыми или текучими речными водами, сваи фундамента окружают шпунтовыми стынками. Если же нельзя предполагать такого размытия, то шпунтовые стены не нужны. Вообще следует заметить, что шпунтовые стены не составляют необходимой принадлежности свайного фундамента.

Отдельные сваи располагаются правильными рядами в простом или шахматном порядке, причем расстояния между рядами бывают от 0,33 до 0,60 саж., а расстояние между сваами в ряду 0,33—0,50 саж. В шахматном порядке располагаются сваи при забивке их в слабый грунт. При этом грунт сильно уплотняется, а с уплотнением грунта возрастает его трение о сваи. При малом расстоянии между рядами и сваами в рядах затрудняется самая забивка, так как грунт сильно уплотняется. При больших расстояниях затруднительно равномерно распределить давление между отдельными сваами. Число и толщина свай определяются расчетом по величине давления, производимого сооружением, которое нужно передать материку. Толщина деревянных свай колеблется в пределах 5—8 вершков, толщина свай железных может быть и больше. Тонкие сваи легко гнутся, а

толстые слишком дороги и трудно идуть в грунт при обычных вибрациях бабы. Что касается величины допускаемой нагрузки на сваи, то высший предел ее, очевидно, не должен превосходить безопасной нагрузки стояка соответственной длины, такую нагрузку и можно бывать допустить, если сваи опираются на склон. Если же материки служат иной вид грунта, то нагрузка сваи должна быть меньше, сообразно качествам грунта. Одна часть давления сваи передается материку комлем сваи, другая же трением боковой поверхности той части сваи, которая вошла в материки. Поэтому, при более слабых материках, полезно сваи глубже забивать в материки, так как одни комлем передать большое давление нельзя. Выше замечено уже, что часть давления сваи, путем силы трения, передается и слабому грунту, но, при наличии материка, принимать в расчет участок слабого грунта в воспринятии давления фундамента не следует, хотя в действительности оно и существует. На это трение следует в таких случаях смотреть только как на источник дополнительного запаса прочности.

Деревянные сваи употребляются исключительно забивными, металлический же как забивные, так и винтовые. При забивывании свай в материки, пользуются винтовыми наконечниками малого диаметра, а при завинчивании в слабый грунт—наконечниками большого диаметра, до 1 метра.

При деревянных сваях пользуются ростверками деревянными или бетонными, а при сваях металлических ростверки делаются из бетона или двутаврового железа, были примеры устройства ростверков чугунных.

Пользование деревом возможно только на глубине ниже горизонта грунтовых вод.

У нас в России при устройстве ростверков пользуются исключительно деревянными сваями и только недавно были сделаны опыты применения свай бетонных.

Если местность не покрыта водою, то сваи забиваются в котлован, вырытый на соответственную глубину; если же местность покрыта водою, то работу можно вести съ водогодливом в деревяных или же без водогодлива, забивая сваи съ поверхности воды. При этом полезно землечерпанием удалить верхний слой напоса и забивать сваи въ выемкѣ. Водоотлив нужен главным образомъ

для устройства ростверка, а потому, работая въ перемычкѣ, забивку свай можно производить и безъ водостолпа. При этомъ сваи забиваются ниже уровня воды, ползаясь подбакомъ, или же сваи, сперва забиты до уровня воды, добиваются до проектной глубины при водоотливѣ. Разбивка свай на дѣлъ котлована дѣлается очень просто: назначаются колыемъ крайнія сваи рядовъ, и натягивается прічалка, по направлѣнію которой назначаются остальные сваи ряда.



Черт. 162.

Если сваи забиваются безъ водостолпа, то разбивка производится на подмостахъ. Забить дѣлъ крайнія сваи ряда, къ нимъ прикрепляютъ дѣлъ схватки, между которыми уже и забиваются остальные сваи; этимъ достигается прямолинейность рядовъ свай (черт. 162). Чтобы точнѣе сохранить разстояніе между отдѣльными сваями въ рядахъ и чтобы сваи шли вертикально, особенно если коперь стоитъ на верху котлована или фундаментного ряда, свао слѣдуетъ зажимать, какъ показано на чертежѣ 163.



Черт. 163.

Черт. 164.

Когда всѣ сваи забиты; ихъ надо срѣдить подъ одну горизонтальную плоскость. Если сваи забиты въ котлованѣ или перемычкѣ, то назначаютъ на одной изъ свай нужную высоту и въ

доотливѣ понижаютъ горизонтъ воды до этой высоты. По положенію горизонта воды дѣлаютъ отмѣтки на возможно большемъ числѣ свай. По этимъ отмѣткамъ при помощи ватерпаса можно правильно спилить головы всѣхъ остальныхъ свай. При большихъ рабо-тахъ высота спилки свай назначается и повѣртывается нивелиромъ.

Когда всѣ сваи спилены, на крайніхъ назначаютъ ширину шиповъ, располагая последнюю симметрично относительно средины свай. По этимъ отмѣткамъ натягиваютъ прічалки, патерны мѣломъ или углемъ, и отбиваютъ ширину шиповъ на промежуточныхъ сваяхъ. Очень часто, несмотря на тщательность забивки, сваи отклоняются отъ назначеннаго имъ положенія въ сторону, причемъ,

очевидно, шипы придется не на всѣхъ сваяхъ симметрично относительно средины (черт. 164). Если шина приходится у самаго края сваи, его не нарубаютъ вовсе, а голову сваи спиливаютъ на высоту шипа. Если сваи совершенно вышли изъ ряда, такъ что шина на ней вовсе нельзя нарубить, то, чтобы нагрузить такую сваю ростверкомъ, къ ней прикладываютъ подставку. Иногда шипы нарушаютъ не на всѣхъ сваяхъ, стъ пѣлю менѣе ослаблять ростверкъ. Въ такомъ случаѣ сваи, оставленныя безъ шиповъ, спиливаютъ на высоту шиповъ другихъ свай.

Если ростверкъ можетъ быть подверженъ напору воды снизу, напримѣръ, въ плювахъ, докахъ, то шипы дѣлаются сквозные и сверху расклиниваются, или ростверкъ связывается со сваями помощью скобъ.

Когда шипы нарублены, въ приготовленыхъ для ростверка брусьяхъ выбираютъ гнѣзы, тщательно промѣбираютъ разстоянія между сваями. На ряды свай укладываютъ продольные брусья ростверка и осаживаютъ ихъ трамбовками, пока шипы совсѣмъ не войдутъ въ гнѣзы. Если гдѣ-либо ростверкъ не опирается на сваю, загоняютъ клины. При длинныхъ рядахъ продольные брусья ростверка приходится сращивать; стыки располагаются непосредственно надъ сваями, на которыхъ шипы дѣлаются во всю ширину сваи. Стыкъ иногда укрѣпляютъ жгѣзомъ. Въ смежныхъ рядахъ стыки брусьевъ ростверка располагаютъ въ перекъзку.

На продольные брусья нарубаютъ поперечные. Чтобы менѣе ослаблять ростверкъ, врубка дѣлается не глубокая, напримѣръ, въ продольныхъ брусьяхъ въ четверть дерева, а въ поперечныхъ въ полъ или четверть дерева. Иногда продольныхъ брусьевъ вовсе не ослабляютъ врубками, а поперечинами прикрѣпляютъ ершами или шурупами. Пересячки продольныхъ брусьевъ съ поперечными дѣлаются надъ сваями. Часто промежутки между поперечинами перекрываются толстыми досками ($2-2\frac{1}{2}$, вершка), прибываемыми гвоздями.

При устройствѣ ростверковъ подъ длинныя стѣны, на сваи кладутся поперечины, а уже на нихъ нарубаются продольные брусья, или же обходятся вовсе безъ поперечинъ, нарубая на сваи продольные брусья и покрывая ихъ сплошнымъ досчатымъ настиломъ. При пересѣченіи двухъ стѣнъ ростверки кладутся на различныхъ высотахъ, такъ что продольные брусья одного приходятся на высотѣ поперечныхъ брусьевъ другого (черт. 165).

Брусья для ростверка берутся не тоньше 6 вершковъ въ сто-
ронъ, отесанные на 4 или 2 канта. Лѣсъ для свай и ростверка упо-
требляется дубовый или, болыше частью, сосновый, сырой.

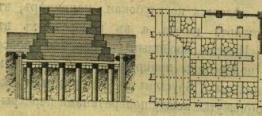
Грунтъ между сваями вынимается на сколько возможно, и пустоты заполняются щебнемъ, камнемъ, бетономъ или кладкою.



Черт. 165.

Если свайный ростверкъ, во избѣженіе размытия слабаго грунта, окружаютъ шпунтовою стѣнкою, то постѣйно дѣлаются или совершенно независимо, причемъ необходимо, чтобы свахки стѣнокъ были выше ростверка, иначе онъ будуть препятствовать правильной осадкѣ его (черт. 166).—или же стѣнки дѣлаются въ связи съ ростверкомъ. Въ послѣднемъ случаѣ пользуются краинными рядами свай и краинными сваями промежуточныхъ рядовъ, какъ направляющими, въ нихъ выбираютъ пазы, въ которые и входятъ шпунтовые стѣнки (черт. 167).

При равнотмѣрности давленія, производимаго сооруженіемъ, шпунтовыя стѣнки слѣдуетъ дѣлать отдаленно отъ ростверка, ввиду неравнотмѣрности его сопротивленія. Если же давленіе передается неравнотмѣрно, напр. стѣнками набережныхъ, поддерживающими земляную засыпку, то шпунтовую стѣнку полезно лагржать ростверкомъ, съ цѣлью увеличенія его сопротивленія въ мѣстѣ большей нагрузки. Шпунтовыя стѣнки слѣдуетъ забивать ранне, чѣмъ сваи ростверка.



Черт. 166.

Черт. 167.

Когда ростверкъ оконченъ и пустоты между сваями заполнены, начинаютъ кладку сперва въ кѣлтакахъ между брусьями ростверка; а потомъ и на нихъ, стараясь располагать на брусьяхъ возможно болыше камни и хорошошенько расшебенивать пустоты между этими камнями и кладкою въ кѣлтакахъ.

Если горизонтъ грунтовыхъ водъ сравнительно низокъ, то, во избѣженіе излишней глубины котлована, деревянный ростверкъ замыняютъ бетономъ. Въ этомъ случаѣ сваи спиливаются на горизонтъ грунтовыхъ водъ; земля между сваями уплотняется втрамбовываніемъ въ нее щебна; на выровненой на высотѣ головъ свай плоскости кладется слой бетона, толщиною около 0,5 сажени, на которомъ затѣмъ и возводится правильная кладка фундамента.

Если мѣстность покрыта водою и работы производятся безъ водотлива, забивку свай ведутъ съ подмосткой или зимою со льда. И въ этомъ случаѣ сперва забиваются крайній сваи рядовъ, къ которымъ припрѣняютъ пары свахокъ для направления забивки постѣйующихъ свай. Располагая двумя копрами, крайній сваи рядовъ можно забивать одновременно и воспользоваться этимъ для помѣщенія линіи пары свахокъ на нѣкоторой глубинѣ отъ поверхности воды.

Когда сваи забиты, ихъ спиливаютъ подъ водою, пользуясь мѣхомъющимися для тогъ особыми нилами.

Въ зависимости отъ того, на какой высотѣ отъ дна спиливаются сваи, ростверкъ дѣлать на высокие и низкие *).

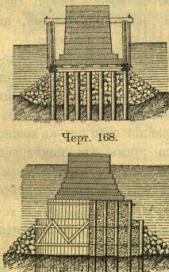
Нарушеніе шпунта подъ водою крайній затруднительно, да и возможно только при малой глубинѣ, если не пользоваться водолазными колоколами или скафандрами, а потому обыкновенно обходится безъ нихъ. Положеніе ростверка на сваи подъ водою также сопряжено съ большими трудностями, увеличивающимися еще тѣмъ обстоятельствомъ, что ряды свай при этомъ бываютъ далѣко не правильны. Ввиду этого, работа безъ водотлива, описанную конструкцію деревянныхъ ростверковъ вовсе не подразумевается, замѣняя ихъ сплошными диаметромъ понтоновъ или слоями бетона.

При малой глубинѣ воды и небольшой глубинѣ залеганія материка, высокий ростверкъ въ большинствѣ случаевъ можно бывать

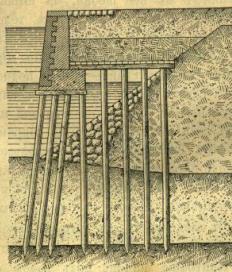
* Ростверки, устраиваемые изъ котлованахъ, обыкновенно бываютъ низкие устраиваемые же въ перемычкахъ могутъ быть и высокими.

поднять до такого уровня, до которого еще можно опустить понтоны, а потому при таких местных условиях пользуются почти исключительно понтонами.

При устройстве высоких ростверков промежутки между сваями обыкновенно заполняются каменной наброской съ больше или менѣе пологими откосами (черт. 168); иногда, однако, обходится и без наброски (черт. 169). Въ этихъ же случаяхъ зачастую сваи ростверка окружаетъ шпунтовую или сплошную стѣнкою, внутри которой погружается бетонъ, а снаружи дѣлается каменная отсыпь



Черт. 168.



Черт. 169.

(черт. 170). При болѣе значительной глубинѣ воды или залеганіи материка, сама длина свай сплошной и рядомъ не допускает устройства достаточно высокаго ростверка, а вѣтъ съ тѣмъ и употребленія понтоновъ. Въ такихъ случаяхъ пользуются бетонными фундаментами, отливаемыми на низко спущенныхъ сваяхъ. При спиливаніи свай на большой глубинѣ подъ водой трудно ручаться за то, что всѣ онѣ будутъ спущены подъ одну плоскость. Очевидно, при употреблѣніи бетоннаго фундамента некоторая неправильность въ спиливаніи свай не можетъ имѣть никакого существеннаго значенія.

До сихъ поръ предполагалось, что сваи ростверка располагаются вертикально, между тѣмъ какъ очень часто или отдельные только

ряды свай (черт. 171) или всѣ сваи (черт. 172) располагаютъ на склонѣ, съѣзжая увеличенія устойчивости возведенного на ростверкѣ сооруженій, если послѣднее испытываетъ боковое давленіе, каковы напр., набережныя.

Забивка наклонныхъ свай вообще затруднительна, особенно же подъ водой; тѣмъ не менѣе въ указанномъ выше случаѣ, въ особенности же если сваи довольно длинны, т. е. высоко поднимаются надъ дномъ или всѣ или хотя бы только крайнѣе ряды свай необходимо забивать наклонно для достижения устойчивости самого свайного фундамента. При наклонной забивкѣ свай очень часто и ростверкѣ располагаютъ тоже наклонно.

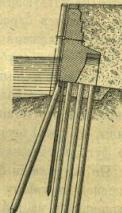
Съ расширениемъ употребленія бетона стали дѣлать попытки примѣнять его и къ изготавленію свай, которыми можно было бы давленіе бетоннаго ростверка передавать ниже лежащимъ слоямъ грунта *).

Идея замѣнить деревянными сваями бетонными заслуживаетъ полнаго вниманія: пользуясь бетономъ, можно придавать сваямъ любые размѣры какъ въ длину, такъ и въ толщину, тогда какъ, пользуясь деревомъ, мы сильно стѣснены въ этомъ отношеніи; цѣна деревянныхъ свай весьма быстро возрастаетъ съ ихъ размѣрами, тогда какъ цѣна свай бетонныхъ должна быть строго пропорциональна ихъ объему; лѣсной материалъ изъ года въ годъ дорожаетъ, тогда какъ цементъ, наоборотъ, дешевѣетъ; бетонные сваи примѣнимы какъ въ сырыхъ, такъ и въ сухихъ грунтахъ, тогда какъ деревянные сваи въ сухихъ грунтахъ употреблять нельзя. Какъ увидимъ ниже, бетонные сваи могутъ имѣть и другія преимущества не только передъ сваями деревянными, но и металлическими.

Первоначально бетонными сваи представляли собою сплошные бетонные цилиндры съ затонченіемъ иногда въ ихъ массу желѣз-



Черт. 171.



Черт. 172.

*.) Раньше бетонными сваи пользовались только для уплотненія слабаго грунта.

нымъ каркасомъ. Погружение такихъ свай, за невозможностью пользоваться ударами бабы, производилось путемъ размыка изъ-подъ нихъ грунта струею воды и дѣйствіемъ покойной нагрузки. Такая конструкція свай оказалась, однако, непрактична, потому и не вошла въ употребленіе.

Въ послѣднее время была сдѣлана новая попытка примѣненія бетона для образованія свай, которая, судя по исполненнымъ уже работамъ, обещаетъ привести къ вполнѣ удовлетворительному разрешенію этого серьезного вопроса. Сущность нового способа заключается въ слѣдующемъ. На мѣстѣ, где нужно расположить бетонную сваю, дѣлается буровая скважина нужной глубины. Въ случаѣ надобности, скважина бурится подъ защитой осадкой трубы. При наличии такой трубы, въ нее непосредственно опускается при помощи ведра съ открываемымъ дномъ такое количество бетона, какого достаточно для заполненія трубы на высоту 3—4 футъ отъ низкаго ее конца. При отсутствіи силошной осадкой трубы во всю глубину скважины въ послѣднюю опускается кусокъ такой трубы, длиною около 10 футъ, предназначаемый специально для помѣщенія въ нее бетона.

По погруженіи бетона, начинается его трамбование помошью подѣленной въ канату чугунной трамбовки, вѣсомъ около 6 пудовъ, поднимаемой на высоту 4—5 футъ. По мѣрѣ утрамбовыванія, бетонъ уплотняется и выдавливается изъ ниж资料 of the bottom of the tube. При этомъ уровень бетона въ трубѣ постепенно понижается. Когда высота слоя бетона въ трубѣ уменьшится до 1 фута, въ трубу опускается новая порция бетона и продолжается трамбование. Когда, наконецъ, уровень бетона въ трубѣ перестанетъ опускаться, что можетъ быть замѣчено по длины каната, привязанаго къ трамбовке, трубу пѣсколько приподнимаютъ, послѣ чего бетонъ начинаетъ снова выходить изъ трубы въ грунтъ. Погружение и трамбование бетона и постепенное подниманіе трубы продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока вся скважина не наполнится утрамбованымъ бетономъ, а труба не будетъ совершенно вытащена изъ земли.

Впервые только что описанный способъ образованія набивныхъ бетонныхъ свай былъ употребленъ въ Кіевѣ, при подведеніи ростверка подъ существующее уже зданіе Управления Юго-Западныхъ жел. дор.*).

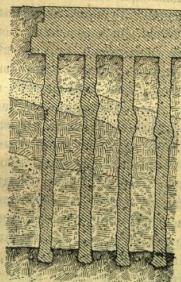
*). См. Труды XVIII Съѣзда инженеровъ службы путей русскихъ железнодорогъ. Докладъ инж. А. Киха.

Скважины бурились на глубину до 6,5 саж., имѣли диаметръ 10 дюймовъ; бетонъ приготавлялся изъ одной части цементнаго раствора (1:2) и двухъ частей гранитнаго щебня крупностью въ $\frac{3}{4}$ дюйма. Стоимость одной сваи колебалась въ предѣлахъ 30—35 руб. при стоимости бетона въ 120 руб. за кубическую сажень.

При этихъ работахъ выяснилось, что количество бетона, которое можно выдавать изъ трубы въ грунтъ, зависитъ отъ плотности послѣдн资料. Такъ какъ плотность различныхъ слоевъ грунта, проходимыхъ скважиной, вообще неодинакова, то и количество бетона, выходящаго изъ трубы на разныхъ глубинахъ тоже различное. Количество бетона, выходящаго изъ трубы, опредѣляется мѣстной толщиной бетонной набивной сваи. При неодинаковости же количества бетона, выходящаго изъ трубы на разныхъ глубинахъ и толщины сваи по высотѣ должна измѣняться.

Этотъ неодинаковость толщины бетонныхъ набивныхъ свай по ихъ высотѣ, въ связи съ общимъ неровностью, широковатостью ихъ боковой поверхности должно обусловливаться огромное ихъ сопротивление прониканию въ землю подъ вліяніемъ внешней нагрузки. Въ виду этого, набивные бетонны сваи должны быть особенно пригодными въ тѣхъ случаяхъ, когда, при недостаточности материка, приходится утилизировать силу тренія свай о слабый грунтъ. Въ Кіевѣ была допущена нагрузка въ 10 пуд. на кв. дюймъ сбечены сваи.

При условіи пользованія бетономъ для образованія свай и ростверка, фундаментъ можетъ иметь видъ, показанный на черт. 173.



Черт. 173.

ГЛАВА X.

Опусканіе колодцы и цилиндры. При заложеніи на значительной глубинѣ фундаментовъ, состоящихъ изъ отдельныхъ опоръ,

неизбѣжно возникаетъ вопросъ о возможномъ сокращеніи размѣровъ котлована поверху и непосредственно вытекающій изъ него—о предохраненіи стѣнокъ котлована отъ обрушенийъ. Оба эти вопроса вполнѣ удовлетворительно разрѣшаются примѣненiemъ опускныхъ колодцевъ и цилиндровъ. Какъ тѣ, такъ и другіе представляютъ себѣ, въ сущности, не что иное какъ перемычки, погружаляемыя въ котлованъ по мѣрѣ его отрывки. По окончаніи погружения колодцы и цилиндры заполняются глиной или бетономъ. Колодцы дѣляются каменные (бутовые, кирпичные или бетонные), а цилиндры—металлическими или деревянными. Поэтому колодцы послѣ ихъ окончательнаго погружения входятъ въ составъ самихъ фундаментовъ, цилиндры же служатъ только вѣнцемъ ихъ оболочкою, при чьемъ деревянные, какъ подверженны гнилію, только временною. Не смотря на эту существенную разницу между колодцами и цилиндрами, послѣдніе очень часто называются тоже опускными колодцами—металлическими или деревянными.

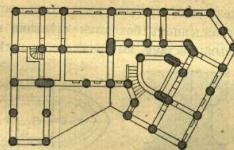
Каменные опускные колодцы впервые появились въ Индіи нѣсколько столѣтій тому назадъ. Развитию тамъ этого способа устройствъ фундаментовъ способствовали: съ одной стороны, — большое распространеніе слабыхъ наносныхъ, легкоподвижныхъ грунтовъ, съ другой стороны,—религиозная вѣрованія Индуистовъ, боготворящихъ Индъ и вообще большой рѣки. Благодаря обожанію рѣкъ, индуисты строили свои храмы на берегахъ, а частью и въ ложѣ рѣкъ. Эти обстоятельства и побудили ихъ искать способъ заложенія фундаментовъ, гарантирующихъ устойчивость сооруженій при большой глубинѣ залеганія материка. Разработанный индуистами способъ опускныхъ колодцевъ, сталъ общимъ достояніемъ, послѣ того какъ англичане воспользовались имъ для постройки мостовъ на Ост-Индскихъ желѣзныхъ дорогахъ.

Въ Европѣ способъ этотъ сталъ распространяться только послѣ 1846 года, когда опускные колодцы въ обширныхъ размѣрахъ и съ большими успѣхомъ были применены въ Берлинѣ при постройкѣ станціонныхъ зданій Берлинъ-Гамбургской желѣзной дороги.

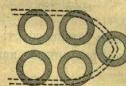
Удобство и экономичность этого нового способа заложенія фундаментовъ вскорѣ повели къ тому, что имъ стали пользоваться не только для устройства фундаментовъ въ видѣ отдельныхъ столбовъ, но и для сплошныхъ фундаментовъ болѣе или менѣе значительныхъ

размѣровъ въ планѣ. Въ послѣднемъ случаѣ сплошной фундаментъ разбиваются иногда на нѣсколько отдельныхъ частей, которая и воздвигается по способу опускныхъ колодцевъ, поставленныхъ одинъ возлѣ другого. Этимъ устраняютъ нѣкоторыя неудобства опускания очень большихъ колодцевъ.

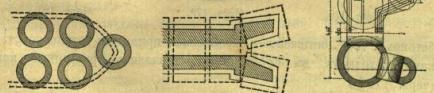
Сообразно своему назначенію, каменные опускные колодцы имѣютъ различную форму въ планѣ: отдельно стоящіе колодцы лѣжаютъ по преимуществу круглые; колодцы для сплошныхъ фундаментовъ имѣютъ форму или вписаны соответствующую формѣ соору-



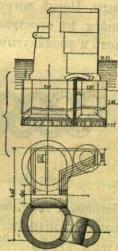
Черт. 174.



Черт. 176.



Черт. 177.



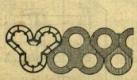
Черт. 175.

женія въ планѣ, или близко къ нему подходящую, напримѣръ, эллиптическую при прямоугольномъ бѣкѣ съ закругленными концами. Если колодцы располагаются рядомъ одинъ возлѣ другого, то въ планѣ имъ придаютъ прямоугольную, круглую или иную форму.

На чертежѣ 174-мъ показано расположение круглыхъ и прямыхъ съ закругленіями колодцевъ подъ стѣнами одного дома въ Парижѣ; на чертежѣ 175 показаны круглые колодцы подъ устоемъ моста черезъ р. Кубань на Новороссийской вѣтви Владикавказской желѣзной дороги; на чертежѣ 176 показано расположение круглыхъ колодцевъ подъ быками моста на одной изъ Ост-Индскихъ желѣзныхъ дорогъ; на чертежѣ 177 показанъ примѣръ расположенія колодцевъ

подъ стѣнами каменныхъ трубъ; на чертежѣ 178 показана форма бетонныхъ колодцевъ, да которыхъ устроена набережная въ Глазго.

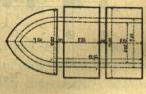
При расположении колодцевъ одинъ возлѣ другого, стѣнки ихъ или совершенно соприкасаются, или же между колодцами оставляются небольшіе промежутки, которые послѣ окончания опускания колодцевъ заполняются бетономъ или кладкою. Такъ, при возведеніи набережныхъ въ новой гавани въ Калѣ, прямоугольные колодцы опускались съ промежутками въ 40 сантиметровъ. Послѣ погружения этихъ колодцевъ, промежутки между ними перекрывались листами котельного желѣза, которые погружались въ землю при помощи струи воды. Послѣ погружения желѣзныхъ листовъ, весь песокъ, оставшийся въ пространствѣ, огражденномъ боковыми стѣнками колодцевъ и упомянутыми желѣзными листами, вычерпывался и замѣнялся



Черт. 178.



Черт. 179.



Черт. 180.

бетономъ. Для достижения лучшей связи прилитого бетона со стѣнками колодцевъ, въ послѣднихъ оставлялись триганные пазы (черт. 179).

Металлические цилиндры дѣлаются преимущественно кругового сечения и весьма часто примыкаются въ качествѣ желѣзодорожныхъ мостовыхъ устоевъ и бывоў; такій опоры встрѣчаются, напр., на Закавказской, Владикавказской, Полѣсскихъ и другихъ желѣзныхъ дорогахъ. Существуютъ примѣры устройства цилиндровъ и другой формы. Такъ, на чертежѣ 180-мъ показана фигура въ планѣ желѣзныхъ опускныхъ колодцевъ, употребленныхъ при постройкѣ бывоў Blackfriarsкаго моста въ Лондонѣ. Изъ нихъ четыре прямоугольного сечения и два треугольныхъ съ кривыми сторонами.

Деревяннымъ колодцамъ придаютъ обыкновенно прямоугольную форму въ планѣ.

Боковые стѣнки колодцевъ и цилиндровъ испытываютъ значительное боковое давленіе земли и притомъ тѣмъ большее, чѣмъ слѣ-

бѣ и легкоподвижнѣе грунты, въ который они погружаются. Поэтому стѣнки колодцевъ должны обладать достаточною жесткостью. Жесткость стѣнокъ обусловливается, съ одной стороны, самою формою колодца въ планѣ, съ другой,—толщиной стѣнокъ. Совершеннѣе формою колодцевъ и цилиндровъ, въ смыслѣ наибольшей одинаковой по всѣмъ направлениямъ жесткости, является круглая, почему ею и стараются пользоваться по преимуществу. Дальѣ слѣдуетъ эллиптическая форма колодцевъ, жесткость которыхъ не одинакова по разнымъ направлениямъ. Наименѣе жесткостью обладаютъ прямолинейныя стѣнки колодцевъ и цилиндровъ квадратныхъ, прямоугольныхъ, триугольныхъ и т. п.

Съ цѣлью увеличенія жесткости стѣнокъ такихъ колодцевъ, применяются разныя мѣры; такъ, напр., прямолинейныя стѣнки выгибаютъ пѣсколько внаружу, замѣняютъ прямой уголъ колодецъ такимъ, какой показанъ на черт. 181; длинные прямоугольные колодцы перегораживаютъ пѣсколькими попечными стѣнками (черт. 182) и т. п.

Форма колодцевъ въ планѣ отражается на степени правильности погружения ихъ въ землю. Наиыгоднѣе въ этомъ смыслѣ формою является круглая. Объясняется это тѣмъ, что, во-первыхъ, при круглой формѣ колодца легче достичмо равномѣрное по всему периметру подрываніе грунта, особенно въ случаѣ пользованія механическими приспособленіями, расположеными по оси колодца, а во-вторыхъ, тѣмъ, что только при круглой формѣ вѣсь и боковая поверхность колодца равномѣрно распределются по всему ихъ периметру. При погруженіи круглыхъ колодцевъ въ землю иногда наблюдается вращеніе ихъ около вертикальной оси. Въ пѣкоторыхъ случаяхъ возможность такого вращенія можетъ быть отнесена къ недостаткамъ круглыхъ колодцевъ. Но, зная о существованіи такого недостатка, всегда можно принять мѣры къ устраненію вредныхъ отъ него последствій для сооруженія.

Наименѣе выгодныи въ смыслѣ правильности погруженія въ землю формами колодцевъ являются такія, въ которыхъ стѣнки ихъ пере-

съются подъ прямыми или острыми углами. Съ цѣлью достиженія большей правильности погруженія такихъ колодцевъ, принимаются разныя мѣры: закругляютъ вѣшніе углы или, если это потому либо невозможно (например, если цѣлый рядъ колодцевъ долженъ образовать непрерывную стѣнку), то усиливаютъ эти углы, какъ части колодца наиболѣе страдающія при погруженіи. Усиленіе это достигается тѣмъ, что соотвѣтственныя внутренніе входящіе углы колодца закругляютъ или притупляютъ (черт. 182), благодаря чему въ этихъ углахъ увеличивается объемъ кладки, а слѣдовательно и вѣсъ. О томъ что стѣнки колодцевъ будетъ сказано ниже.

Размѣры колодцевъ въ планѣ варьируютъ въ довольно широкихъ предѣлахъ. Наименѣйший предѣлъ опредѣляется возможностью работать внутри колодца. Такими минимальными размѣрамъ можно считать 0,50 сажени. Наибольшій размѣръ опредѣляется возможностью держать колодцы на подмосткахъ въ подвѣшенномъ состояніи, имѣющимися механическими средствами для подрывки земли въ колодѣ, наконецъ, степенью опасности линъ, руководящихъ работой и т. п. Въ Россіи по настоящее время самыми большими колодцами слѣдуетъ признать залитическіе, опущенные на Вологодско-Архангельской ж. д. Большая ось этихъ колодцевъ доходила до 7 саж., а малая—до 4 саж. Заграницую какъ на одни изъ крупнѣйшихъ можно указать на правоугольные колодцы, опущенные въ Бордо. Размѣры ихъ были 9×15 и 6×17 до 6×35 метр.

Ввиду выясненнѣйшихъ此刻ъ возможностей опускать колодцы, имѣющихъ въ планѣ достаточно большие размѣры, является вопросъ, что же лучше: опускать ли одинъ большой колодецъ подъ все сооруженіе или нѣсколько малыхъ. Дѣлать видѣній опредѣленій отвѣтъ на этотъ вопросъ нѣсколько трудно, а потому ограничимся приведеніемъ только нѣкоторыхъ соображеній, могущихъ вліять на то иное рѣшеніе задачи. Примененіе большихъ колодцевъ представляетъ сълѣдующія преимущества:

- 1) Осадка сооруженія, поставленаго на одномъ колодѣ, совершаются равномѣрно, тѣмъ поставленаго на нѣсколькихъ.
- 2) Чѣмъ больше колодецъ, тѣмъ менѣе отношеніе площади боковой его поверхности къ вѣсу, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сопротивленіе погружению такого колодца менѣе.
- 3) Большия колодцы трудаче отклоняются отъ правильнаго положенія во время ихъ погружения.

4) Площадь вѣшней поверхности одного большого колодца менѣе общей площади поверхностей ряда малыхъ колодцевъ, а потому является возможность достигнуть нѣкоторой экономіи на облицовочномъ матеріалѣ, въ случаѣ возвышенія кладки выше поверхности воды.

5) Нѣть надобности устраивать ряда арокъ для распределенія давленія между отдельными колодцами.

Къ недостаткамъ большихъ колодцевъ относится:

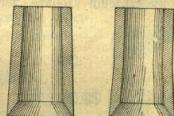
1) затруднительность разномѣрной подрывки земли вдоль всего периметра колодца, если только онъ не круглый.

2) сравнительная легкость разрыва кладки, въ случаѣ неравномѣрной осадки колодца во время его погруженія.

3) затруднительность погружения колодца на большую глубину подъ воду, такъ какъ до установки его на дно рѣки онъ долженъ висѣть на подмостяхъ.

Глубина, на которую можно опускать колодцы, вообще довольно значительна, ввиду того, что въ сухихъ грунтахъ рабочіе, несмотря на большую глубину опускания колодца, работаютъ при нормальномъ атмосферномъ давленіи; въ грунтахъ же, сильно пропитанныхъ водой, отрывка грунта легко производится механическими приспособленіями безъ водоотливъ. Наибольшая глубина, на которую по настоящее время пришлося опускать колодцы,—185 фут.

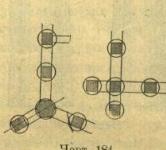
Съ цѣлью облегченія прониканія колодцевъ въ землю, иногда ихъ упираютъ книзу, придавая стѣнкамъ ихъ уклонъ въ $1/12$ — $1/10$ или по всей ихъ высотѣ, или только въ нижней части. Такъ, кругловы колодцы дѣлаются не цилиндрическими, а коническими, или въ верхней части цилиндрическими, а въ нижней коническими (черт. 183). Однако, въ мягкихъ подвижныхъ грунтахъ эта мѣра не достигаетъ цѣли. Въ каменныхъ колодцахъ, у которыхъ уширение дѣлалось только въ нижней части, очень часто замѣчались трещины и происходили даже полные разрывы кладки въ местахъ сопряженія цилиндрической части съ конической. Поэтому, осторожнѣе дѣлать постепенное уширение колодца по всей его высотѣ или отказываться совсѣмъ



Черт. 183.

оть уширения, чмъ дѣлать послѣднее въ одной только нижней части колодца.

Способъ опускныхъ колодцевъ совершенствовался одновременно съ усовершенствованіемъ кессонного способа, а потому въ конструкціи нѣкоторыхъ колодцевъ замѣтно вліяніе одного на другой. Такъ, каменные опускные колодцы положили начало употребленію каменныхъ кессоновъ, которые, въ свою очередь, повлияли на конструкцію колодцевъ; послѣдніе въ нѣкоторыхъ случаяхъ мало отличаются по конструкціи отъ кессоновъ, и разница состоить только въ способѣ производства работъ: съ помощью скатаго воздуха или при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Работа при атмосферномъ давленіи удобѣлье, легче и дешевле, чмъ въ скатомъ воздухѣ,



Черт. 184.

почему въ послѣднее время стали пользоваться смѣшаннымъ способомъ производства работъ, а именно: пока возможенъ водоглинистъ — работаютъ въ открытомъ колодѣ, а затѣмъ обращаются къ помощи скатаго воздуха, для чего каменные колодцы устраиваются такимъ образомъ, чтобы, въ случаѣ надобности, они легко могли быть приспособлены къ веденію

работы со скатымъ воздухомъ, то есть обрасшены въ кессоны.

Что касается числа и размѣровъ колодцевъ въ планѣ, то таковы разсчитаны, какъ и вообще фундаменты, по величинѣ воспринимаемаго ими давленія и допускаемой нагрузки на матрицы. Если колодцы опускаются на очень большую глубину въ слабомъ-группѣ (матрицы не найдены), то иногда тренѣй стѣнокъ ихъ о грунтѣ бываетъ уже достаточно для возможности расположить на такихъ колодцахъ болѣе или менѣе грузное сооруженіе.

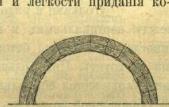
При расположженіи отдельныхъ колодцевъ подъ сооруженіемъ руководствуются правиломъ, чтобы колодцы приходились въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сосредоточивается наибольшій грузъ, такъ, напримѣръ, въ гражданскихъ сооруженіяхъ — подъ линіями простыньковъ, подъ углами и пересѣченіями стѣнъ. Для увеличенія устойчивости всей системы фундамента изъ нѣсколькоихъ колодцевъ, опускаютъ иногда добавочные, располагая ихъ въ углахъ, какъ показано на чертежѣ 184. Эти добавочные колодцы соединяются арками со смѣжными.

Конструкція каменныхъ опускныхъ колодцевъ. Материаломъ для устройства каменныхъ колодцевъ служитъ бутовый камень, кирпичъ или бетонъ. Бутовая кладка обладаетъ сравнительно большою водопроницаемостью, а потому непрѣбѣгнѣ въ тѣхъ случаяхъ когда ожидается большой притокъ грунтовыхъ водъ. Для приданія виѣшнѣй поверхности колодца большей гладкости необходимо тщательно окальывать камни и штукатурить колодцы цементнымъ растворомъ. Кирпичная кладка въ этомъ отношеніи значительно усовершенствована, а потому употребленіе еї значительно шире. При маломъ диаметрѣ круглыхъ колодцевъ необходимо прибѣгать къ притескѣ кирпича, что конечно удорожаетъ работу.

Бетонъ, въ отношеніи водопроницаемости, гладкости виѣшнѣй поверхности и легкости приданія колодцу любой формы въ планѣ является наиболѣе подходящимъ материаломъ для постройки опускныхъ колодцевъ. Единственнымъ его недостаткомъ является то, что при возведеніи кладки необходимо давать ей гораздо больше времени для затвердѣванія, чмъ кладкѣ кирпичной, а это задерживаетъ работу.

Кладка колодца небольшаго размѣра основывается на колымахъ, обыкновенно деревянныхъ, состоящемъ изъ двухъ рядовъ досчатыхъ косыковъ, швы которыхъ располагаются въ перевязку (черт. 185). Ряды досокъ связываются между собою деревянными нагелеми или желѣзными гвоздями.

При большихъ размѣрахъ колодца, колыко замѣняется рѣзцомъ, сдѣланымъ изъ брусьевъ, досокъ или тѣхъ и другихъ вмѣстѣ, связанныхъ между собою гвоздями и болтами. Съ цѣлью облегченія прониканія такого рѣзца въ землю, его снабжаютъ ножечемъ. Ножи дѣлаютъ или изъ полосового или угловаго жгѣза. На чертежѣ 186 показаны примѣры конструкцій рѣзцовъ досчатыхъ и бруссатыхъ, изъ которыхъ дѣлъ — съ ножечемъ. Иногда выше рѣзца дѣлается еще невысокая деревянная стѣнка, состоящая изъ вертикальныхъ досокъ, стянутыхъ обручемъ.



Черт. 185.

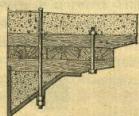


Черт. 186.

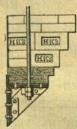
Для больших колодцев, особенно опускаемых на значительную глубину, резец делается чугунный или, предпочтительнее, железный. На чертеже 187 показан чугунный резец, употребляемый для опускания бетонных колодцев на Ромны-Кременчугской жел. дороге. Чугунные резцы состоят из отдельных трехгранных сечений ящиков, связываемых один с другим помощью болтона, пропускаемых через соприкасающиеся поперечные стойки. Ящики эти заполняются бетоном.

На черт. 188—190 показаны типы железных резцов. Железные резцы состоят из вертикального и горизонтального листов, соединенных между собой одним или двумя уголками и рядом жестких кронштейнов.

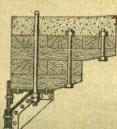
Пространство между вертикальным и горизонтальными листами и кронштейнами иногда заполняется бетоном, с целью облегчения проникания резца в грунт. При большой ширине резца горизонтальный его лист укрепляется еще одним уголком, прикрепляемым со стороны, обращенной во внутрь колодца (черт. 190). Верти-



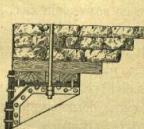
Черт. 187.



Черт. 188.



Черт. 189.



Черт. 190.

кальный лист резца обыкновенно выступает выше горизонтального с тем целью, чтобы оказывать сопротивление сдвигу колодца с резцом. В нижней части вертикальный лист усиливается ножем, который делает заостренным, с тем чтобы он мог разрезать не только землю, но и корни деревьев, карчи и т. п. На горизонтальной полке резца кладется деревянное кольцо, состоящее из пысковых рядов досок, положенных по одному или по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Ширина гори-

зонтальных полок резца делается обыкновенно значительно уже толщиной стыков колодца; досчатое кольцо, по мере приближения к этим стыкам, постепенно уширяется.

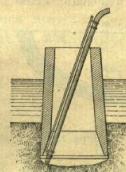
Если ширина досчатого кольца поверху меньше нормальной толщины стыков колодца, то углопление кладки стыков от ширины досчатого кольца на резце до нормальной их толщины делается вапсом камней. Первые ряды кладки зачастую ведутся из кирпича на ребро, чередуясь с рядами кирпича, положенного плашмя (черт. 188).

Постепенное углопление стыков колодца делается с тем целью, чтобы внутренняя поверхность нижней части колодца имела коническую форму. Эта коничность придается низу колодца для того, чтобы было удобнее поджимать землю под стыками колодца, и чтобы она легче врывалась в землю под влиянием своей тяжести.

Угол, под которым производится постепенный напуск досок и кладки в нижней части колодца, зависит от предполагаемого способа ведения подсыпики земли. Если предполагается работать насухо, подрывать землю рабочими, то угол этот делается равным приблизительно 45° , если же предполагается воспользоваться механическим подрывом земли, то угол этот должен быть значительно меньше, в зависимости от диаметра колодца и его глубины, как это показано на черт. 191.

Для колодцев, имеющих примолинейные стены, рекомендуются резцы не с прямолинейными режущими ребром, а криволинейными, выпуклыми книзу, так как при такой форме резца количество грунта, попадающего в колодец извне, бывает меньше.

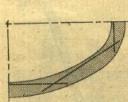
Придавая полную полезность снабжать каменным опусканием колодцы жесткими металлическими резцами, нельзя, однако, настаивать на безусловной необходимости, так как существуют примеры вполне удачного опускания каменных колодцев без таких резцов. Действительно, при устройстве набережных в новой гавани в Казани прямогольные колодцы, имеющие размеры в плане 7 на 8 метров и погружавшиеся на глубину свыше 10 метров,



Черт. 191.

вместо резца имели одно только бетонное кольцо, высотою 0,5 и шириной 1 метръ, при толщинѣ бутовыхъ стыкъ колодца въ 1,75 и 2 метра. Равнымъ образомъ имѣть особой необходимости на металлический резецъ класть деревянное кольцо; переходъ толщины кладки отъ минимальной на резцѣ до нормальной можно дѣлать однимъ только напускомъ камней. Употребленіе дерева можно оправдать однимъ только желаніемъ имѣть между резцомъ и клязмою упрругую прокладку, которая могла бы смягчать случайные удары.

Когда колодецъ врѣзается въ землю, то послѣдняя, поднимаясь въ немъ, благодаря коничности низкой части колодца, уплотняется, а потому являются усилия, стремящіеся разорвать резецъ и колодецъ. Если колодецъ круглый, то резецъ представляеть во всѣхъ своихъ точкахъ одинаковое сопротивление распиранію его землею; если же, наоборотъ, колодецъ прямогульной или эллиптической формы, то резецъ долженъ быть усиленъ въ болѣе слабыхъ мѣстахъ: по срединѣ прямолинейныхъ сторонъ или по направлению малой оси эллипса. Такое усиленіе можно дѣлать помошью желѣзныхъ по-



Черт. 192.

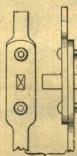
перечныхъ связей. Такъ какъ эти связи съ погружениемъ колодца тоже врѣзаются въ землю, то они должны быть достаточно жестки, чтобы не прогибаться, такъ какъ въ противномъ случаѣ вместо пользы могутъ принести вредъ: будуть стремиться изогнуть стыки резца во внутрь. При ручномъ подкашиваніи земли изъ-подъ колодца связи резца еще не представляютъ большаго неудобства и опасны только при внезапныхъ быстрыхъ погруженіяхъ колодца; если же приходится подрывку земли производить механически, напр., черпаками, то связи резца представляютъ уже серьезное препятствіе; при работѣ же экскаваторомъ связи допускать совершенно нельзя. Ввиду этого въ послѣднее время, съ развитіемъ механическихъ способовъ отрывки земли въ опускныхъ колодцахъ, стали отказываться отъ связей неперечныхъ, замѣнивъ ихъ связями, расположеными въ толщѣ стыкъ колодца. На черт. 192 показанъ примеръ расположения такихъ связей въ планѣ. Связи разныхъ направленій располагаются на разныхъ высотахъ; связи одного и того же направленія повторяются нѣсколько разъ по высотѣ. Нижняя

часть колодца, непосредственно прокладывающая путь верхней его части при погружении, должна быть возможно прочна и жестка; а потому въ нижней части стыкъ колодца связи кладутся чаще и дѣлаются ихъ болѣе сильными и жесткими. Связи дѣлаются изъ угловаго или полосового жалѣза и кладутся плашмя между слоями кладки. Концы связей слабжаются проушиною, черезъ которую и пропускаются вертикальные штыри (черт. 193).

Если верхняя часть колодца проходитъ въ плотномъ грунѣ, а нижняя начинаетъ прорѣзать слабый, разжиженный грунтъ, то треніе стыкъ резца о такой грунтъ можетъ быть настолько малымъ, что резецъ можетъ отдѣлиться отъ кладки колодца. Чтобы этого не могло произойти, резецъ связывается съ кладкою помощью желѣзныхъ тяжей. Тяжи оканчиваются проушинами, въ которыхъ загоняются штыри (черт. 194), или винтового нарезкю, на которую на-винчивается гайка съ болѣшимъ подгачникомъ или шайбою. Связываніемъ резца съ нижнею частью кладки колодца по изѣкѣ стѣнки увеличивается опасность разрыва самаго колодца въ томъ случаѣ, когда нижняя часть его будетъ проходить чрезъ разжиженный грунтъ, тогда какъ верхняя будетъ зажата въ плотномъ грунѣ. Дѣйствительно: если въ нижней части колодца, неподдерживаемой снизу и съ боковъ, превозойдетъ величину сопротивленія разрыва раствора, связывающаго ряды кладки колодца, то послѣдний можетъ разорваться, нижня его часть, при слабомъ сопротивленіи разжиженаго грунта, станетъ погружаться, а верхняя, облегченная вслѣдствіе обрыва отъ нея нижней, задержится въ плотномъ грунѣ. Во изѣкѣ подобной случайности, если по исѣкѣданію грунта можно ожидать разрыва, тяжи, соединяющіе резецъ съ кладкою, слѣдуетъ пропускать по возможности выше и, для лучшей связи ихъ съ кладкою, дѣлать по высотѣ ихъ нѣсколько проушины, въ которыхъ и загонять штыри. Тяжи дѣлаются не менѣе 4, обыкновенно же 8—12. Если слабый грунтъ начинается у самой поверхности земли или слой его очень толсты, то при опусканіи колодца, какъ уви-димъ ниже, ихъ подгашиваются къ подмостямъ на тяжахъ, закрѣп-
Черт. 193. Черт. 194.



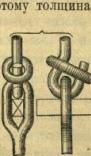
ляемых в резьбе. Тяжи эти при погружении колодца в землю не позволяют ему опускаться внезапно и вместо с тяже устраивают возможность разрыва. Тяжи, или вертикальные связи, проходящие от резца до самого верха колодца, делятся или из полосового или круглого железа; отдельные звенья их сопрягаются между собою так, как показано на черт. 195 — 197-м. Встыках звеньев помешаются штифты, служащие для установления связи между тяжами и кладкою. Толщина тяжей определяется съ такимъ расчетомъ, чтобы тяжи могли держать на себѣ всю ту часть колодца, которая находится ниже рассматриваемаго сечения. Поэтому толщина тяжей, по мѣрѣ удаления отъ резца, постепенно возрастаетъ.



Черт. 195.



Черт. 196.



Черт. 197.

Для того чтобы каменный колодец при своемъ погружении могъ сопротивляться всѣмъ усилиямъ на него действующимъ, а равно преодолѣвать всѣ препятствія, которыми встрѣчаются ему на пути, онъ долженъ имѣть соответственную толщину стѣнокъ. Толщина эта, а равно и разныи горизонтальныи связы, помѣщаемыи въ толѣѣ кладки, не поддаются вполнѣ точному разсчету *), такъ какъ въ каждомъ частномъ случаѣ весьма трудно определить всѣхъ тѣхъ обстоятельствъ, отъ которыхъ зависятъ величина и направленіе давленій, испытываемыхъ колодцемъ. Поэтому при определеніи толщины стѣнокъ колодецъ приходится руководствоваться главнымъ образомъ опытомъ существующихъ уже сооружений и рядомъ общихъ соображеній.

*.) При разсчетѣ приближеніемъ, колодецъ разсматриваются какъ совокупность двухъ или четырехъ сводовъ, опирающихся одинъ на другой сводами пятыми. Такъ, напр., эллиптический колодецъ дѣлать его осми на четыре колонны сектора и проверять его прочность въ трехъ слѣдующихъ предположеніяхъ: 1) что колодецъ состоять изъ четырехъ отдельныхъ сводовъ, 2) что колодецъ состоять изъ двухъ половиныхъ сводовъ, соприкасающихся по большой оси эллипса, и 3) что колодецъ состоять изъ двухъ подъемистыхъ сводовъ, соприкасающихся по малой оси эллипса.

Въ болѣе плотныхъ грунтахъ стѣнки колодца могутъ быть тоньше чѣмъ въ грунтахъ мягкихъ, легкоподвижныхъ, пропитанныхъ водою, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ колодецъ при погружении можетъ испытывать болѣе боковое давленіе, чѣмъ въ грунтахъ плотныхъ, и притомъ иногда не однаково по разнымъ направлениямъ. Съ другой стороны, стѣнки колодцевъ, погружаемыхъ въ плотный грунтъ, должны быть толще стѣнокъ колодцевъ, опускаемыхъ въ грунтъ слабый, такъ какъ съ толщиною стѣнокъ возрастаетъ вѣсъ колодцевъ, болѣе же вѣсъ необходимъ для преодолѣнія большаго со противленія, оказываемаго погружению колодца со стороны плотнаго грунта. Толщина стѣнокъ колодцевъ должна, очевидно, зависѣть и отъ фигуры ихъ въ планѣ; такъ, стѣнки прямоугольныхъ колодцевъ должны быть толще, чѣмъ круглыхъ и т. д.

Такъ какъ единичная стоимость стѣнокъ каменного колодца мало или даже вовсе не отличается отъ такой же стоимости его заполненій, то, съ экономической точки зрѣнія, нѣтъ повода дѣлать эти стѣнки особенно тонкими, а потому во избѣженіе всѣхъ случайностей, лучше придавать имъ большую толщину. При этомъ слѣдуетъ только имѣть въ виду, что внутреннее пространство колодца должно быть достаточно просторно, для производства въ немъ работы по отрывѣ земли и заполненію его кладкою.

Вотъ нѣкоторыя практическія данныи относительно толщины стѣнокъ колодцевъ. Во сѣверной Германіи, где способъ опускания колодцевъ очень распространенъ, небольшіе колодцы, имѣющіе не свыше 4 квадратныхъ метровъ (около 1 квадратной сажени) площади подошвы, дѣлаются со стѣнками толщиной въ одинъ кирпичъ — 0,25 мт. (немного менѣе кирпича нашей мѣры). Стѣнки толщиной въ $1\frac{1}{2}$ кирпича дѣлаются при колодцахъ прямугольной формы, имѣющихъ въ планѣ до $3,6 \times 3,0$ мт. ($1,70 \times 1,50$ саж.), и только при наиболѣе трудныхъ обстоятельствахъ стѣнки такихъ колодцевъ доводятся до 2 кирпичей. Круглые колодцы до $4,5$ мт. ($2,10$ саж.) въ наружномъ диаметрѣ, прямугольные до $6,7 \times 4,5$ мт. ($3,15 \times 2,10$ саж.) и квадратные до 4 мт. ($2,35$ саж.) въ сторонѣ имѣютъ стѣнки толщиной въ $2\frac{1}{2}$ кирпича. За максимальную толщину стѣнокъ колодцевъ, опускавшихся до послѣднія времени, слѣдуетъ принять 2 мт. или 1 саж.

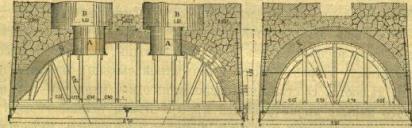
Толщина стѣнокъ колодца, вполнѣ достаточная для его жест-

кости, сплошь и рядом оказывается недостаточно для достижения такого вида колодца, при котором он мог бы погружаться в землю без всякой добавочной нагрузки, крайне нежелательной уже по одному тому, что она может значительно сократить место работы. Поэтому, вообще говоря, выходит стычки колодцев делять толще, хотя это иметь и свою неудобства. Такъ, какъ сопротивление погружению колодца въ землю очень часто возрастаетъ далеко не пропорционально глубинѣ, то можетъ оказаться выгоднымъ измѣнить по высотѣ толщину стыковъ колодца. Такъ, при опускании колоденъ на р. Сухонѣ начальница толщина стыковъ изъ 0,66 саж. была увеличена до 1,00 саж. въ верхней части колодца.

Черт. 198.

Объ употребительныхъ толщинахъ стыковъ колодцевъ можно судить по величинѣ отношеній площадей, занимаемыхъ изъ плана всѣмъ колоденемъ и свободными въ немъ пространствами. Отношеніе это колеблется въ предѣлахъ 2:1 — 4:1. Съ увеличеніемъ абсолютной величины площади занимаемой колоденемъ отношеніе это приближается ко второму предѣлу.

Для лучшаго сопряженія кладки колодца съ его заполненіемъ,



Черт. 199.

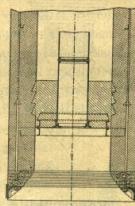
внутренняя поверхность колодца дѣлается иногда не гладкая, а уступчатая (черт. 198).

Выше было упомянуто о новѣйшей конструкціи опускныхъ колоденъ, допускающей примѣненіе къ ней ската воздуха. Примѣрами такихъ колодецъ могутъ служить колодцы, употребленные при постройкѣ моста черезъ р. Быкъ на Бессарабскомъ участкѣ Юго-Западныхъ желѣзныхъ дорогъ (черт. 199) и черезъ р. Десну на Либаво-Роменской ж. д. (черт. 200).

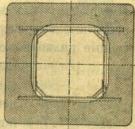
Нижняя часть первого колодца есть не что иное, какъ рабочая камера каменныхъ кессоновъ, образованная купольнымъ сводчатымъ покрытиемъ. Въ куполь вставлена двѣ желѣзныя трубы *A*, которыми могутъ быть паро-щены и служить шахтами. Шахты эти проходятъ въ двухъ цилиндрическихъ каналахъ *B*, оставленныхъ въ кладкѣ колодца. Эти каналы сдѣланы съ целью облегченія всего колодца. Когда послѣдний былъ опущенъ, каналы эти были заполнены кла�кою, равно какъ и камера. Стычки этого колодца были сдѣланы изъ бутовой кладки, а купольный сводъ — изъ кирпича.

Во второмъ колодѣ всѣ предварительныя затраты по приспособленію его къ работе скатомъ воздухомъ заключались въ закладкѣ въ стыки колодца рамы изъ корытообразнаго желѣза, которая, въ случаѣ надобности, могла бы служить для поддержания потолка. Если бы надобности этой не явилось, потеря отъ сдѣланной затраты была бы не велика. Въ действительности же рама эта понадобилась. На нее были положены желѣзныя листы (потолочная обшивка), а на нихъ 4 попечныхъ и 2 продольныхъ балочки корытообразнаго желѣза, склепанныя между собой. На этихъ балочкахъ была укрѣплена желѣзная шахта и расположены слой бетона, толщину въ одну саж. Для лучшаго сопряженія этого бетона съ бетонными же стыками колодца, въ послѣднихъ были пробиты борозды. Образованная такимъ образомъ изъ нижней части колодца рабочая камера кессона оказалась достаточно воздухо-проницаемою.

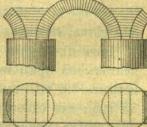
Отдельные каменные колодцы, а также и столбы, выводимые въ деревянныхъ колодцахъ, поверхъ сопрягаются арками (черт. 201). Подъ арки на колодцахъ кладутъ круп-



Черт. 200.



Черт. 201.



ные постелистые камни. Арки располагаются или выше поверхности земли или воды, или ниже.

Если круглые цилиндры небольшого диаметра располагаются очень близко один возле другого, то для поддержания верхней, сплошной части фундамента можно арокъ не дѣлать, замѣнивъ ихъ соответственными утолщениемъ колодца, образуемымъ постепеннымъ напускомъ стены кладки, какъ это показано на черт. 202.

Въ послѣднее время сопряженіе отдельныхъ колодцовъ стали дѣлать при помощи желѣзныхъ балокъ, укладываемыхъ по пѣскольку штуки въ рядъ.

Конструкція металлическихъ опускныхъ колодцевъ. Матеріаломъ для такихъ колодцевъ въ настоящее время служитъ исключительно желѣзо; раньше же пользовались и чугуномъ. Чугунные цилиндры собирались изъ отдельныхъ колецъ, которыхъ отли-

вались цѣлкомъ или бывали раздѣлены на пѣсколько отдельныхъ сегментовъ (черт. 203). Соединеніе сегментовъ и колецъ между собою дѣлялось помощью фланцевъ и болтовъ. Фланцы располагались съ внутренней стороны цилиндра, съ тѣмъ чтобы не затруднить погруженія цилиндра въ землю. Для большей жесткости чугунныхъ колецъ усиливались приливами. Для достиженія водонепроницаемости стыковъ фланцы обстранивались, между ними прокладывалась резина или проволочная скѣтка, смазаная металлической замазкою и т. п.

Вотъ пѣвѣстория данія о размѣрахъ чугунныхъ колецъ и сегментовъ на Архангельскомъ мосту отливались цѣлыми кольца діаметромъ 3,6 пт., высотою 1 пт., при толщинѣ стѣнокъ отъ 38 до 55 шп.; для одного моста въ Австралии были заготовлены сплошные колца діаметромъ 2,44 пт., но многихъ изъ нихъ разбились; на Нѣманскомъ мосту, въ Ковно, колца діаметромъ 3,5 пт. и высотою 1,33 пт. были раздѣлены на четыре части.

Нижнее кольцо чугунныхъ цилиндръ заканчивалось заостреннымъ рѣзцомъ. Рѣзецъ обыкновенно дѣлался немножко большаго діаметра, чѣмъ остальныхъ колецъ, съ тѣмъ чтобы облегчить прониканіе цилиндра въ землю. Ввиду хрупкости чугуна, рѣзецъ чугунныхъ цилинровъ иногда дѣлался изъ желѣза.

— 207 —

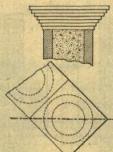
метра, чѣмъ остальныхъ колецъ, съ тѣмъ чтобы облегчить прониканіе цилиндра въ землю. Ввиду хрупкости чугуна, рѣзецъ чугунныхъ цилинровъ иногда дѣлался изъ желѣза.

Въ Сѣверной Америкѣ были слухи разрыва чугунныхъ сегментовъ подъ вѣтромъ мороза. Объяснить себѣ подобное явленіе можно слѣдующимъ образомъ: вертикальные фланцы плотно закрыты бетономъ, а потому, при скатіи чугунныхъ сегментовъ отъ мороза, они должны отъ нихъ отрываться. Въ Россіи подобныхъ случаевъ, несмотря на суровыя зимы, замѣчено не было. Въ Ость-Ильи чугунные сегменты лопались отъ жары или, лучше сказать, отъ неправильнаго нагреванія разныхъ сегментовъ, входившихъ въ составъ колца, и фланцевъ, заточенныхъ въ бетонъ.

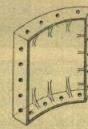
Желѣзные цилинды не имѣютъ недостатковъ, свойственныхъ чугуннымъ, и обходится: хотя стоимость вѣсовой единицы желѣза и больше такой же стоимости чугуна, но жесть идетъ меньше, благодаря болѣе тонкимъ стѣнкамъ. Значительную влѣтъ на дешевизну желѣзныхъ цилинровъ отсутствіе боя, удобство перевозки

Черт. 204.

отдельныхъ листовъ и т. п. Желѣзные цилинды устраивается изъ котельного желѣза, при чемъ высота колецъ сообразуется съ шириной имеющихся въ продажѣ листовъ. Стыки дѣляются въ нахлестку и съ накладками одиночными (одними внутренними), или двойными. Для большей жесткости желѣзные цилинды усиливаются съ внутренней стороны угольниками, которыми иногда пользуются и для сопряженія отдельныхъ колецъ (черт. 204). Наружные головки закленыкъ иногда дѣляются потайными. Желѣзные цилинды въ большинствѣ случаевъ имѣютъ не одинаковый діаметръ по всей ихъ высотѣ, а различный, причемъ для перехода отъ одного діаметра къ другому употребляются коническая части. На чертежѣ 205 показаны цилинды, примѣненные при постройкѣ мостовъ черезъ рр. Ріонъ и Сунису на Батумскомъ участкѣ Закавказской желѣзной дороги. Ввиду того, что глубина, на которую приходится опускать цилинды, не всегда бываетъ точно опредѣлена заранѣе, необходимо имѣть запасныя колца. Такъ какъ цилинды во своей высотѣ бываютъ различнаго діаметра, то, ввиду возможности увеличенія цилиндра запасными колцами, обыкновенно верхній и нижній діаметръ сохраняютъ на заранѣе опредѣленной



Черт. 202.



Черт. 203.



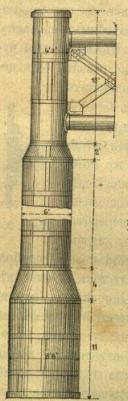
Черт. 204.

длинѣ и только среднюю часть удлиняютъ, почему и является возможность иметь изъ запаса колыца одного только диаметра, соотвѣтствующаго средней части. Нижнее колыцо желѣзного цилиндра углубляется приклѣкою одного или пѣсколькихъ листовъ желѣза для образования рѣза (черт. 206).

Если имѣется въ виду работу вести съ водоотливомъ, то, для достиженія возможной водонепроницаемости стыковъ, послѣдніе расчеканываются, равно какъ и заклепки; въ стыкахъ прокладывается просмоленая парусина, проволочное полотно, смазанное суринаковою замазкою, или просто мѣдная проволока, раслюпывающаяся при скленѣ стыка и дѣлающая его непроницаемымъ. Вообще водоотливъ изъ желѣзныхъ цилиндроў, когда они врѣзались въ водонепроницаемый слой грунта, или дно ихъ заполнено достаточно толстымъ слоемъ бетона, не представляетъ затрудненій.

Желѣзные цилинды удобнѣе дѣлать круглого сечения, такъ какъ они жестче и лучше сопротивляются давленію земли, но есть примѣры употребленія такихъ цилиндроў прямоугольнаго и другихъ сеченийъ въ планѣ. Для достиженія жесткости подобныхъ цилиндроў приходится принимать особы мѣры. Такъ, цилинды Blackfriars'скаго моста были укрѣплены рядами вертикальныхъ тавровъ и горизонтальныхъ съемныхъ распорныхъ рамъ. При постройкѣ Тайскаго моста употреблялись цилинды, одѣтые изнутри кирпичною кладкою. Послѣдній способъ имѣетъ за собою то преимущество, что цилиндръ дѣлается не только жестче но и тяжелѣ, а потому легче погружается въ землю.

Конструкція деревянныхъ опускныхъ колодцевъ. Каменный опускной колодецъ играетъ роль одѣжды котлована, подъ защитою которой роется самъ котлованъ и возводится кладка



Черт. 206.

внутреннаго заполненія его. Одѣжда эта входить въ составъ фундаментныхъ столбовъ, а потому и является экономія въ работѣ и матеріалахъ на одѣжду котлована. Однако, для производства такой работы нужно изъ некоторой плавки, иначе работа можетъ быть испорчена; исправленіе же, ввиду тѣжести и хрупкости каменнаго колодца, довольно затруднително и дорого. Въ простѣйшихъ случаяхъ можно возводить фундаменты въ видѣ отдельныхъ столбовъ подъ защитою деревянной одѣжды котлована. Такую одѣжду служатъ вертикально поставленныя и укрѣпленныя распорками доски или срубы: досчатый или брускатый (черт. 58 и 59). Въ болѣе плотномъ грунте и при небольшомъ притокѣ воды наращиваніе одѣжды котлована производится снизу, по мѣрѣ углубленія котлована; если же грунтъ легкій, можно наращивать досчатую обшивку или срубъ сверху и осаживать ею ударами трамбовокъ или нагружкою.

Колодцы этого рода дѣлаются прямоугольнаго сечения, не менѣе 0,5 саж. въ стороны въ сѣльѣ.

Когда колодецъ опущенъ до материка, послѣдній выравниваютъ и возводятъ на немъ кладку—кирпичную или бетонную, если размѣры колодца малы; въ противномъ случаѣ можно дѣлать и бутовую. Кирпичную и бетонную кладку отдаютъ предпочтение ввиду того, что при большой высотѣ такихъ столбовъ и сравнительно малыхъ размѣрѣахъ въ планѣ на кирпичную кладку и бетонъ можно допускать большую нагрузку, чѣмъ на бутовую.

Производство работъ по опусканію колодцевъ и цилиндроў. Работы эти можно раздѣлить на три категории: 1-я—кладка колодца или сборка цилиндра, 2-я—подъемъ и вытаскиваніе грунта и самое опусканіе колодца или цилиндра въ землю, и, наконецъ, 3-я—заполненіе ихъ кладкою или бетономъ. Разсмотримъ каждую изъ этихъ работъ въ отдельности.

На мѣстности не покрытой водою, при болѣе или менѣе плотномъ грунте, работа можетъ вестись безъ всякихъ подмостей. Рѣзецъ каменнаго или бетоннаго колодца собирается на выровненной поверхности земли или на дѣлѣ не глубокаго котлована, вырытаго на мѣстѣ погруженія колодца. Если предполагается пространство между вертикальными и горизонтальными листомъ рѣза заполнить бетономъ, то, въ случаѣ небольшихъ размѣръ колодца въ планѣ,

рѣзецъ удобнѣе собрать въ перевернутомъ положеніи, произвести бетонное заполненіе, дать ему отвердѣть, а затѣмъ перевернуть рѣзецъ въ нормальное его положеніе.

По установкѣ рѣзца на назначенное по проекту мѣсто, производится укладка составныхъ частей деревянного колодца, причемъ отдельные брусья скрѣпляются между собою болтами.

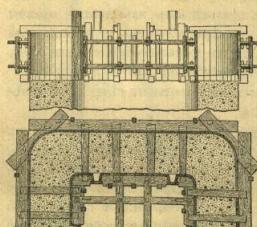
На этомъ колыбѣ, по проѣзду его горизонтальности, начинается кладка стѣночекъ колодца. Если колоденья кладется изъ камня или кирпича, то въ одинъ приемъ стѣнки выводятся на высоту не болѣе

$1 - 1\frac{1}{2}$ саж. *). Послѣ этого можно приступить непосредственно къ опусканию колодца въ землю, однако, осторожнѣе дать сперва кладкѣ пѣсколько окрынѣть.

Если колоденья кладутся изъ бетона, то, по установкѣ рѣзца и сборкѣ деревянного колодца, послѣднее окружается деревянною разборной формой, въ которой и производится кладка стѣночекъ тонкими

слоями съ тщательною ихъ утрамбовкою. На черт. 207-мъ показана конструкція деревянныхъ разборныхъ формъ, въ которыхъ производилась кладка бетонныхъ колодцевъ ($2,5 \times 2,35$ саж. притолщинѣ стѣночекъ въ 0,5 саж.) подъ опоры моста черезъ р. Суду на Ромны Кременчугской ж. д. Формы дѣлаются высотою около полуслажени, а потому, по укладкѣ первого слоя бетона, для черезъ два формы снимаютъ, устанавливаютъ ихъ выше, и образовываютъ еще одинъ или два слоя бетона, толщиною по полслажени. Послѣ укладки 2—3 слоевъ, т. е. послѣ образования стѣночекъ высотою

*). Были примѣры кладки стѣночекъ колодца заразъ на всю проектную его высоту, но этого приема введенія работы рекомендовать нельзя, такъ какъ опусканіе слишкомъ высокихъ колодцевъ сопряжено съ излишними трудностями.

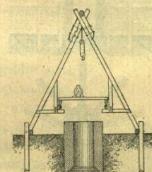


Черт. 207.

свыше одной сажени, кладку прекращаютъ. По прошествії нѣсколькихъ дней, когда бетонъ достаточно окрѣпнетъ, приступаютъ къ подрывкѣ земли внутри колодца.

Подрывка земли и ея вытаскиваніе производится различными способами, въ зависимости отъ свойствъ грунта и обилья воды. Если воды въ грунѣ неѣтъ, или ея мало, а потому можно откачивать, то подрывку земли производятъ вручную, складывая землю въ бады, которыми и поднимаютъ ее наверхъ. По мѣрѣ подрывки земли, колодецъ силой своей тяжести постепенно погружается въ грунтъ. При ручной отрывкѣ и подъемѣ земли бадыми, достаточно надъ колодцемъ поставить треногу для подвѣски блока, черезъ который перекидывается канатъ отъ бадей. Если, вслѣдствіе большаго притока грунтовыхъ водъ, подрывку приходится производить механически, то надъ колодцемъ устраиваютъ легкіе подмости для расположения на нихъ механическихъ приспособленій для отрывки земли и помѣщенія рабочихъ, управляющихъ этими приспособленіями. На чертежѣ 208 показанъ прѣмѣръ такихъ подмостей. Иногда случается, что колодень или цилиндръ, пройдя обильный водой слой, врѣзается въ водонепроницаемый; при этомъ, хотя вода вдоль стѣночекъ и проникается во внутрь колодца, но ее бываетъ на столько мало, что стъ нею можно бороться водоотливомъ и перейти снова къ ручной работе, если до тѣхъ поръ приходилось пользоваться механическимъ землечерапіемъ.

Если грунтъ слабъ и можно опасаться неравномѣрного погруженія колодца, то послѣдний подвѣшиваютъ на тяжахъ къ подмостямъ. Для этого верхняя звеня тяжей, задѣлываются въ кладку стѣночекъ колодца съ цѣлью препятствовать имъ разорваться, снабжаются винтовою парѣзкой и пропускаются черезъ гайки, укладываются на особыя чугунныя чашки или, просто, на болѣе подглажечники, помошью которыхъ грузъ колодца и передается подмостямъ. Вращая гайки въ ту или другую сторону, можно подтянуть или опустить колодень. Для равномѣрности опускания, необходимо все гайки вращать одновременно. Подглаживая и опуская гайки въ

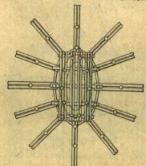
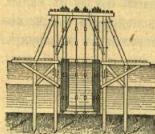


Черт. 208.

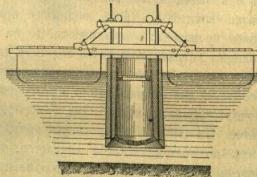
одной какой-либо части колодца, можно нѣсколько уменьшить или увеличить давленіе, производимое этой частью на грунтъ.

Если мѣстность покрыта водою, опусканіе производится съ по-стоянныхъ или плавучихъ подмостей. На чертежѣ 209 показаны подмости, употреблявшися при опусканіи колодца для опоръ моста черезъ р. Парду на Рязанско-Казанской желѣзной дорогѣ.

На чертежѣ 210 показаны плавучія подмости для подвѣски колодца. Для помѣщенія каменщикомъ служитъ подвѣсная платформа, расположаемая внутри колодца. На этомъ же чертежѣ внизу колодца показано временное брускатое дно, которое



Черт. 209.



Черт. 210.

предлагаютъ дѣлать съ цѣлью временнаго обращенія колодца въ закрытый снизу сосудъ и достиженія этимъ путемъ большаго водонизмѣнія или, другими словами, уменьшенія вѣса колодца во время прохождения имъ слоя воды. Послѣ постановки колодца на землю, временное дно можетъ быть сперва просверлено для заполненія колодца водою, а затѣмъ и уничтожено. Въ Индіи, откуда заимствованъ способъ опускныхъ колодцевъ, вместо употребленія подмостей или судовъ устраиваютъ искусственные острова, съ которыхъ и опускаютъ колодцы, какъ съ поверхности земли. Способъ этотъ употребляется и у насъ при небольшой глубинѣ воды и оказывается зачастую болѣе выгоднымъ, тѣмъ устройство соотвѣтственной прочности подмостей.

Опуская колодцы съ подмостями, кладку начинаютъ на подвѣшенномъ рѣзѣ, который постепенно погружаютъ въ воду.

Чтобы не расходовать работу на излишній подъемъ грунта, кладку колодца слѣдуетъ держать не особенно высоко надъ поверхностью земли или воды.

Цилиндры доставляются къ мѣсту ихъ опускания отдельными кольцами, где послѣднія склеиваются въ такомъ числѣ, чтобы собраная часть, достигшая дна, выходила изъ воды. Самъ по себѣ цилиндръ, по своей легкости, мало врѣзается въ грунтъ, а потому для опускания его употребляютъ нагрузку. Цилиндры къ подмостямъ подѣливаются только на первое время, пока они не врѣзутся въ землю, такъ что подмости въ этомъ случаѣ нужны собственно для установки землечерпалательныхъ приборовъ и т. п., а также для исправленія случайныхъ отклоненій цилиндра отъ вертикальнаго направления при началѣ его опускания.

При значительномъ притокѣ воды водоотливъ обходится дорого; вслѣдствіе постояннаго движенія воды, грунтъ склонно разрыхляется и притекаетъ къ колодцу, изъ котораго приходится его вытаскивать, въ значительномъ количествѣ, тѣмъ казадось бы необходимымъ, судя по размѣрамъ колодца, для его погруженія; поэтому выгодѣе бываетъ отказатьться отъ сравнительно дешевої ручной работы и перейти къ выемкѣ земли безъ водоотлива при помощи разнаго рода механическихъ приспособленій.

Выемка земли при посредствѣ водолазовъ по своей дороговизнѣ почти не употребляется; къ содѣствию ихъ прибѣгаютъ только въ исключительныхъ случаяхъ, напримѣръ, если колодецъ наткнется на камень, карты или иное препятствіе.

Простѣйшимъ приборомъ для подводной отрывки служить *бурусь мышкомъ* (черт. 211), состоящій изъ острого желѣзного стержня и заостренаго кольца, къ которому прикрепленъ кожаный или холщевый мѣшокъ. При надавливаніи и вращеніи этого бура, колыцо, дѣйствуя какъ пожъ, срѣзаетъ грунтъ, который и попадаетъ въ мѣшокъ. Когда мѣшокъ наполняется, буръ вытаскиваютъ. Кольцо дѣлается диаметромъ 0,25—0,35 саж. При 4—6 рабочихъ, съ глубины до 2,5 сажелъ, можно въ день поднять до 0,5 куб. саж. мягкаго грунта. На чертежѣ 212 показанъ такой же буръ съ двумя кольцами и мѣшками, причемъ послѣдніе прикреплены къ особой, надѣ-

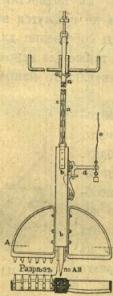


Черт. 211.

той на буровой стержень *a*, рамы *b*, которую можно поднимать вблизи *c*, оставляя бур *a* на месте; рычажек *d* служить для сопротивления рамы *b* со стержнем *a* на время вращения бура. Разъединение рамы производится натяжением веревки *e*.

На чертежах 213, 214, 215 показана весьма удобная конструкция черпака: на длинном деревянном шесте *A* укреплена вилка, оканчивающаяся шарниром *a*, около которого вращается черпак *B*.

Черпак этот помощью колодца *C* подвешивается также к канату *D*. Помощью крючка *E* черпак *B* может быть закрыт в положении, указанном на чертеже 213; поднимая веревкою *d* крючек *E*, освобождаем черпак, который в таком случае может



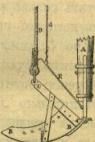
Черт. 212.



Черт. 213.



Черт. 214.



Черт. 215.

вращаться около шарнира *a*. Работа черпаком производится следующим образом: черпак закрывают крючком *E* и весь прибор опускают в колодец; надавливая на шест, заставляют черпак врезаться в грунт; затем дергают за веревку *d* и продолжают надавливать на шест; черпак начинает вращаться около шарнира *a* и приходит в положение, указанное на чертеже 215, причем он наполняется грунтом. Натянув канат *D*, прибор поднимают, выбрасывают из черпака грунт, застегивают крючок *E* и снова опускают в колодец. Этим черпаком тroe рабочих съ глубины до 2,5 саж. могут поднять в день около 1 кубической сажени грунта.

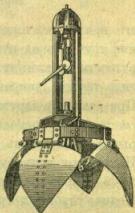
Если приходится опускать несколько колодцев и на большую глубину, то съ выгодою можно пользоваться сравнительно дорогими

экскаваторами. Экскаватором называется прибор, состоящий из двух, трех, четырех черпаков, связанных между собою и приводимых в движение помошью системы рычагов и цепей. Черпаки закрытого экскаватора образуют свою совокупностью полуцилиндр (черт. 216) или полумягие (черт. 217). Черпаки открытого экскаватора обращены своими заостренными концами вертикально вниз. Экскаватор подвешивается цепью к подъемному крану. Работа ведется таким образом: быстро спускаясь съ подъемного крана, позволяют раскрытым экскаваторам со большой скоростью опуститься на дно колодца, при чем острые черпаки благодаря тяжести экскаватора, врезаются въ грунты; послѣ этого натягивают цепь, экскаватор закрывается, и грунт, захваченный черпаками, оказывается внутри экскаватора; въ такомъ состояніи экскаваторы, наполненные грунтомъ, поднимаются изъ колодца, отводятъ въ сторону, подхватываются особыми крючкомъ колодца, къ которому подвешены всѣ черпаки, и освобождаютъ цепь; при этомъ экскаватор раскрывается, и находящійся въ немъ грунтъ высыпается. Опускание и подъемъ экскаватора при небольшой глубинѣ длится около 2 минутъ, при чемъ поднимается, смотря по роду грунта и размѣрамъ черпаковъ, отъ 10 до 20 куб. футовъ земли.

Описанные приборы работаютъ не непрерывно, такъ какъ на время подъема грунта прекращается его подъемъ. Для непрерывной работы можно пользоваться вертикальной норией, приводя ее въ движение паровою машиной, или людьми помошью канатовъ съ крючками, которыми захватываются за отдельные звенья нори и поднимаютъ ихъ, наворачивая канатъ на лебедку, какъ это имѣло мѣсто при опускании цилиндровъ при постройкѣ моста чрезъ р. Лань на Липинець-Гомельской железнодорогѣ (черт. 218).



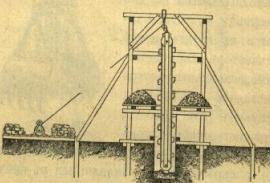
Черт. 216.



Черт. 217.

Подрывка земли может быть производима также путем размыва ея струею воды. Образование струи воды достигается различными способами.

При постройке одного моста в Румынии, инженер Лесли употребил следующий способ извлечения земли из цилиндра. Цилиндр значительно возвышался над горизонтом воды в реке, и при склонении его были приняты меры для достижения водонепроницаемости стыков, так что можно было в цилиндр накачивать воду и уровень ее держать на 1,5—2,5 м. выше, чтобы в реке. Самый прибор для подъема грунта состоял из двух труб, вставленных одна в другую; при этом наружная служила стержнем особого вида бура, вращением которого разрывалась грунт, а внутренняя, открытая снизу и спаянная гибким рукавом сверху, служила для подъема и отвода разрыхленного грунта. Гибкий рукав внутренней трубы выбрасывался из цилиндра, при чем конец



Черт. 218.

его находился ниже горизонта воды в цилиндре, так что внутренняя труба с ее рукавом представляла собою сифон. Вследствие разности горизонтов в цилиндре и спаружи, в сифоне происходило течение, направленное в сторону гибкого рукава, т. е. вверх. При вращении наружной трубы с буром, грунт разрывался и упирался по внутренней трубе. Этим же способом производилась подрывка земли под цилиндрами моста через реку Богаис в Ост-Индии, при чем бур имел диаметр в 2,75 м. В среднем, от 1—2 оборотов бура цилиндр погружался на 0,03 м. в землю. Полная глубина погружения была 30 м. ниже горизонта низких вод.

При постройке моста через р. Гвадалкивири употреблялся следующий способ размыва грунта. В цилиндр наполненный водою, опускалась железная труба *A* диаметром 0,23 м., открытая снизу, близъ нижняго ее конца в нее входила другая труба *B*, меньшаго

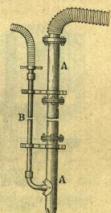
диаметра. По трубе *B* нагнетался воздухъ въ трубу *A*, по которой вслѣдствіе этого поднималась съ большою скоростью струя воды, уносившая песокъ, храны и даже булыжники. Дѣйствіе этого прибора объясняется слѣдующимъ образомъ: вслѣдствіе притока воздуха, въ трубѣ *A* образуется смѣсь воздуха и воды, общая плотность которой меньше плотности воды въ цилиндрѣ. Вслѣдствіе разности плотностей, а следовательно и высоты столба воды спаружи трубы и смѣси внутри трубы, является движение воды въ трубѣ, т. е. теченіе, которое и увлекаетъ за собою грунтъ. Убыль воды въ цилиндрѣ постоянно пополнялась специально для этого поставленнымъ насосомъ.

На Гвадалкивири такой приборъ работалъ на глубинѣ до 10,6 мт. Управляли имъ всего 2 человека, такъ какъ приборъ былъ уравновешенъ противовѣсомъ.

Только что описанный способъ подрывки земли въ опускныхъ колодахъ былъ примененъ инженеромъ Н. И. Голенищевымъ при постройкѣ опоръ нѣкоторыхъ мостовъ на Рязанско-Казанской и Вологодско-Архангельской ж. д. и, какъ и следовало ожидать, оказался весьма практичнымъ. Ввиду этого, считаемъ не липинческимъ остановиться на избранныхъ подработкахъ.

Инженер Голенищевъ даетъ следующіе размѣры своимъ экскаторамъ (черт. 219). Диаметръ *D* трубы *A* — 6", диаметръ *d* трубы *B* — 1½", длину трубы *A* онъ дѣлаетъ на 0,5—1,0 саж. болѣе глубины колодца, трубу *B* вводить въ трубу *A* на разстояніи *L* = 12" отъ свободного нижняго ее конца. Величина *L*, какъ оказывается, имѣетъ существенное видѣніе на полезное дѣйствіе прибора: при *L* < 2*D* часть воздуха, нагнетаемаго по трубѣ *B*, выходитъ черезъ нижний конецъ трубы *A* и экскторъ плохо работаетъ, при *L* > 2*D* уменьшается его подъемная сила. Нижний конецъ трубы *A* снабжается зубчатымъ наконечникомъ, помоюю которого можно разрыхлить песчаникъ или пистистый грунтъ. Для того чтобы въ приборъ не попадали камни большого размѣра, не могущіе свободно пройти черезъ трубу, зубцы нѣсколько загибаются по направлению во внутрь трубы.

Въ грунтахъ глинистыхъ разрыхленіе зубчатыми наконечниками оказалось недостаточнымъ, почему пришлось прибѣгнуть къ осо-



Черт. 219.

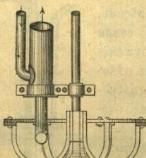
бымъ разрыхлителямъ. Постѣ ряда опытовъ инженеръ Голиневичъ остановился на типѣ разрыхлителя, показанномъ схематически на чертежѣ 220. Разрыхлитель этотъ, помѣщаемый непосредственно подъ трубой *A*, состоять изъ ряда изогнутыхъ ножей, однимъ концомъ прикрепленныхъ къ вертикальному валу, а другимъ — къ круглому горизонтальному колычу, для достижения болѣеющей жесткости всей системы. Валъ помошь мутфы привѣрбляется къ трубѣ *A* эжектора чрезъ посредство гибкаго вала приводится во вращательное движение паровою машиной. Разрыхлитель дѣлаетъ 60 и болѣе оборотовъ въ минуту. При этомъ происходитъ собственно склоненіе грунта. Труба *A* при такомъ разрыхлителе оканчивается наконечникомъ,

представляющимъ собою трубу диаметромъ 4", изогнутую по дугѣ круга на 90° и отверстiemъ своимъ обращенную на встрѣчу вращенію разрыхлителя.

Смѣсь воды съ грунтомъ, поднимаемая по трубѣ эжектора, отводится въ сторону помошь гибкаго рукава. Въ среднемъ, смѣсь, поднимаемая эжекторомъ, заключаетъ въ себѣ 30 и болѣе процентовъ песка или илы и только 20—10 процентовъ глины. Высота подъема смѣси по трубѣ *A* надъ горизонтомъ воды въ колодцахъ можетъ доходить до 65—70% глубины воды въ колодцахъ. Съ возрастаниемъ подъема смѣси или съ понижениемъ горизонта воды въ колодцахъ процентное отношеніе грунта въ смѣси замѣтно понижается. Одинъ эжекторъ можетъ поднимать до 8 саж. грунта въ сутки. При проходеніи водопроницаемыхъ групповыхъ убыль воды въ колодцахъ отъ работы эжектора пополняется однѣмы фильтраціями, въ другихъ же группахъ необходимо эту убыль пополнять напачиваніемъ.

Для работы однимъ эжекторомъ надо пять человекъ: 1—при лебедкѣ или противовѣсѣ для подъема или опускания эжектора, 3—при веревкахъ, привязанныхъ къ нижнему концу эжектора для направления ближайшаго его конца, и 1—для наблюдения за вытекающею изъ эжектора смѣстью. Если смѣсь слишкомъ густа, эжекторъ приходится немнго приподнимать, если жидкa—опускать.

Кромѣ описанныхъ, пользуются и иными способами подрывки и



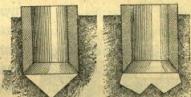
Черт. 220.

извлечения грунта изъ опускныхъ колодцевъ. Такъ, при устройствѣ набережныхъ новой гавани въ Кале, для опускания квадратныхъ колодцевъ пользовались разрывомъ грунта подъ ихъ ножемъ струею воды, которая нагнеталась насосами въ тонкія желѣзныя трубы, опускавшіеся по три вдоль каждой стороны колодца. Размытый водою грунтъ удалялся изъ колодца при помощи земесоса.

Огнительно общаго хода работъ по подрывѣ земли въ колодцахъ или цилиндрахъ можно сдѣлать слѣдующій указанія.

При первомъ дѣлѣ рѣки подрывку грунта слѣдуетъ начинать съ того момента, когда колодецъ своимъ рѣзцомъ коснется дна, и продолжать ее съ такимъ разсчетомъ, чтобы колодецъ могъ стать на дно всѣми точками своего рѣзца.

Въ грунтахъ иллистомъ и песчаномъ, если колодецъ круглый, можно производить подрывку только въ центрѣ колодца (черт. 221), расчитывая на то, что откосы отрываемаго углубленія будутъ равномерно обсыпаться подъ нагрузкою колодца. При иныхъ формахъ колодцевъ отрывку можно начинать въ центрѣ, а затѣмъ надо удирать начатое углубленіе съ такимъ расчетомъ, чтобы откосы его были по возможности одинаково удалены отъ ближайшихъ къ нимъ точекъ рѣзца.



Черт. 221. Черт. 222.

Въ группахъ болѣе плотныхъ, въ которыхъ выработанное углубленіе можетъ держаться даже съ вертикальными откосами, выгоднѣе подрывку производить по возможності равномерно по всей плошади колодца.

Если проходимый грунтъ настолько плотенъ, что колодецъ можетъ держаться въ немъ почти что однимъ тренемъ боковой своей поверхности, то давленіе, передаваемое грунту рѣзцомъ, можетъ быть настолько мало, что грунтъ можетъ его выдерживать не разрушаясь. Въ этомъ случаѣ необходимо устранитъ сопротивленіе, оказываемое погружению колодца со стороны дна, а это можетъ быть достигнуто подрывкою грунта подъ самимъ рѣзцомъ (черт. 222).

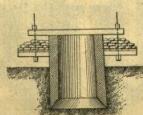
Этого, однако, часто оказывается недостаточно; въ такихъ случаяхъ для облегченія прониканія колодцевъ и цилиндроў въ плотный грунтъ ихъ нагружаютъ (черт. 223). Для увеличенія вѣса ци-

линировь полезно часть ихъ одѣвать кладкою, какъ это было сдѣлано, напримѣръ, на Гвадалкивицкомъ мосту.

Если колодецъ, несмотря на его нагрузку и подрывку рѣца, не погружается, можно помочь дѣлу размывомъ грунта вдоль его стѣнокъ. Для этого можно пользоваться тѣмъ же приспособленіями, какія употребляются для погруженія струю воды деревянныхъ и металлическихъ свай.

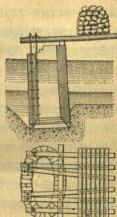
Если замѣчено, что колодецъ начинаетъ коситься,—усиливаютъ подрывку земли въ той части, которая оказывается выше.

Если колодецъ проходитъ слабый грунтъ, особенно водопроницаемый, то, при болѣе или менѣе значительной разности горизонтовъ воды внутри и сна-



Черт. 223.

ружи колодца, грунтъ около рѣца подъ напоромъ вѣтшайшей воды самъ поглѣзть въ колодецъ, который при этомъ, если онъ не подвѣшены къ подмо-
стямъ, часто даетъ большія и обыкно-



Черт. 224.

венно неравномѣрны осадки; если же колодецъ былъ подвѣшенъ, то иногда при этомъ рѣвутся даже тяжіе и осадка колодца дѣлается еще болѣе неравномѣрною. Въ подобныхъ случаѣахъ для исправленія отклоненій цилиндровъ отъ вертикального направлѣнія, кроме подрывки, можно пользоваться оттяжками, прикрытными къ якорямъ или постоянными точкамъ на берегу, а главнымъ образомъ одностороннею нагрузкою колодца. Въ простѣйшихъ случаѣахъ такая односторонняя нагрузка можетъ состоять въ неравномѣрномъ возвышеніи кладки стѣнокъ колодца; въ болѣе же трудныхъ случаѣахъ, когда требуется значительное перемѣщеніе въ сторону центра тяжести всего колодца, приходится прибѣгать къ устройству противовѣсона.

На чертежѣ 224 показанъ противовѣсъ, устроенный для выправленія колодца, опускавшагося на р. Парпѣ. Вѣсь камня въ противовѣсъ доходилъ до 840 пудовъ. Этимъ противовѣсомъ удалось исправить отклоненіе средины верхней части колодца въ сторону на 0,27 саж.

При опусканіи двухъ колодцевъ, одного въозлѣ другого, очень часто работаютъ въ нихъ поочередно, т. е. пока подрываютъ землю въ одному—другой наращиваютъ. Способъ этотъ, обусловливаемый соображеніями чисто экономического характера, изъ нѣкоторыхъ случаѣахъ оказывается, однако, весьма неудобнымъ, а именно: во изѣжаніе, въ силу тѣхъ же экономическихъ соображеній, частыхъ перестановокъ механическихъ приспособленій съ одного колодца на другой, разность глубинъ погруженій колодцевъ допускаютъ сравнительно большую, а при этомъ происходит постоянное обрушеніе грунта то подъ однимъ колодцемъ, то подъ другимъ, сопровождающеся имъ сползаніемъ. Результатомъ такихъ непрерывныхъ сползаній бываетъ вовсе не желательное сближеніе колодцевъ, вращеніе около вертикальной оси и отклоненіе ихъ осей отъ вертикаліи. Правильные парные колодцы опускаютъ одновременно и по возможности равномѣрно, хотя при этомъ и не исключается возможность ихъ сближенія, въ крайнемъ случаѣ—сползатъ одинъ послѣ другого.

При погружении цѣлаго ряда колодцевъ обыкновенно сперва погружаютъ всѣ нечетные, одинъ за другимъ или по нѣсколько сразу, а затѣмъ всѣ четные.

Если сравнять объемъ грунта, вырытаго при опусканіи колодца, съ объемомъ самого колодца, то окажется, что первый объемъ въ нѣсколько разъ больше второго. Объясняется это разрыхленіемъ грунта вокругъ колодца, тѣмъ болѣе, чѣмъ рыхлѣ грунтъ. Замѣчено, что въ колодцахъ прямоугольныхъ объемъ вырытаго изъ нихъ грунта больше, тѣмъ вырытаго изъ колодца круглыхъ.

Разрыхленіе грунта, очевидно, крайне нежелательно, а потому слѣдуетъ принимать противъ него возможныя мѣры. Одно изъ первыхъ такихъ мѣръ слѣдуетъ признать — заполненіе колодца водою, во изѣжаніе образования разности горизонтовъ ея внутри колодца и вѣтъ его, какъ причины, побуждающей вѣтшайшую воду стремиться въ колодецъ и увлекать за собою грунтъ. Сообразно съ этимъ, не слѣдуетъ пользоваться фильтраціонною водою для работы эжекторомъ и т. п.

Въ водоносныхъ слояхъ зачастую происходитъ быстрый осадки колодца и заполненіе почти всѣго внутренности разжиженымъ грунтомъ. Иногда вода изъ водоносныхъ слоевъ поднимается въ колодцѣ выше горизонта воды въ рѣкѣ и переливается черезъ верхъ

колодца. Въ такихъ случаяхъ приходится усиленно работою экскаваторовъ или эжекторовъ стараться по возможности скорѣе пройти водоносный слой, такъ какъ въ противномъ случаѣ можетъ происходить обрушение дна рѣки вокругъ колодца, порта подмостей и перекашивание самаго колодца.

Если, по прохожденіи водоносныхъ слоевъ, колодецъ врѣзается въ клинъ, то дальнѣйшій притокъ воды прекращается; это даетъ возможность откачивать воду, оставшуюся въ колодце, продолжать работу на сухо.

Если борьба съ водой становится затруднительной, то обыкновенно оказывается болѣе выгоднымъ обратиться къ содѣйствию скажаго воздуха, обративъ колодецъ въ кессонъ, если конструкція его это допускаетъ.

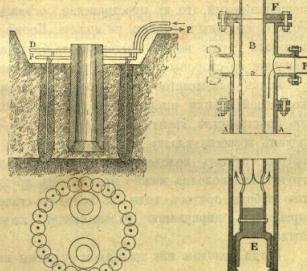
Колодцы при своемъ погруженіи зачастую натыкаются своимъ рѣзцомъ на камни или корчи. Если камни не велики, ихъ можно заставить опрокинуться во внутрь колодца размываніемъ около нихъ грунта при помощи эжектора или при помощи струи воды, нагнетаемой по трубѣ во внутрь колодца. Если камни велики, то ихъ необходимо сперва расколоть. Для такого раскалыванія вдоль вѣтвѣй поверхности колодца опускаютъ пѣсколько осадныхъ трубъ и подъ ихъ защитою производятъ рядъ буровыхъ скважинъ въ камни. Затѣмъ скважины эти зарожаютъ порохомъ или динамитомъ и производятъ взрывъ. Одну изъ отковавшихся частей камня, путемъ подъема около него грунта, опрокидываютъ въ колодецъ. Имѣя камень внутри колодца, его нетрудно уже вытащить, захвативъ его храпомъ или инымъ какимъ-либо приспособленіемъ. Для устраненія корчъ также пользуются рядомъ осадныхъ трубъ, подъ защитою которыхъ въ корчъ просверливаютъ пѣсколько дыръ, которыми его и ослаблюютъ настолько, чтобы колодецъ могъ такой корчъ перерѣзать своимъ рѣзцомъ. Для извлеченія корча изъ колодца его приходится еще перерубить или перепилить внутри колодца.

Въ послѣдніе времена, для борьбы съ водой при отрывкѣ грунта изъ глубокихъ шахтъ, былъ предложенъ Poetsch'емъ особый способъ — замораживание грунта. Способъ этотъ оказался вполнѣ примѣнимымъ и къ опусканию колодцевъ.

Способъ Poetsch'a, въ примѣненіи его къ опусканию колодцевъ, заключается въ слѣдующемъ. Со дна котлована, вырытаго до поверх-

ности водонесаго слоя или на меньшую глубину, погружается рядъ охладителей (черт. 225). Каждый такой охладитель (черт. 226) состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ трубъ *A* и *B*, вставленныхъ одна въ другую, причемъ нижний конецъ трубы *A* закрытъ пробкой *E*. Въ нижней части трубы *B* сделано два отверстія, черезъ которые жидкость, опускающаяся по *B*, можетъ переходить въ трубку *A*. Верхніе концы трубокъ *B* соединяются съ магистралью *D*; а верхніе концы трубъ *A* — съ магистралью *F*. По магистрали *D* нагнетается охлаждающая жидкость.

Охлажденіе производится машинною системою Карре, основаною на поглощении тепла аммиакомъ при переходѣ его изъ жидкаго состояния въ газообразное. Изъ магистрали *D* охлаждающая жидкость поступаетъ въ трубку *B*, опускается по нимъ до дна, выходитъ изъ нихъ въ трубку *A*, поднимается по нимъ и, наконецъ, по магистрали *F*озвращается къ охлаждающей машинѣ. Вследствіе циркуляціи охлаждающей жидкости, температура грунта вокругъ трубъ *A* постепенно понижается и, наконецъ, наступаетъ замерзаніе заключающейся въ грунѣ воды. При дальнѣйшей циркуляціи жидкости замерзаніе воды въ грунѣ распространяется дальше и дальше. Въ концѣ концовъ около каждой трубы *A* образуется пѣсколько угольщающихся къ срединѣ глыбъ мерзлаго грунта. Опытъ показываетъ, что при температурѣ охлаждающей жидкости между -15° и -20° С. диаметръ замерзшей глыбы можетъ доходить до 2 штг. Разность температуръ охлаждающей жидкости въ магистраляхъ *D* и *F*, значительная въ



Черт. 225.

Черт. 226.

началъ работать, постепенно понижается и, наконецъ, дойдя до 2—3°, становится постояннаго. Наступленіе постоянства разности температуръ указываетъ на прекращеніе распространенія замерзанія.

Расположить трубы *A* въ шлагѣ по кругу и на такомъ разстояніи одна отъ другой, при которомъ глыбы грунта, замерзшаго около смежныхъ трубъ, могли бы заходить одна въ другую, можно образовать сплошную колычевую стѣнку грунта, обращенного въ твердое состояніе. Морозный грунтъ водонепроницаемъ и обладаетъ достаточнотою твердостью. Поэтому, если колычевая стѣнка морозлого грунта упирается нижнимъ концомъ въ грунтъ тоже водонепроницаемый, то въ пространствѣ, огражденномъ такою стѣнкою, вода со стороны проникать не можетъ. Кромѣ того, колычевая стѣнка морозлого грунта можетъ выдерживать болѣе или менѣе значительное давленіе со стороны грунта не успѣвшаго замерзнуть. При такихъ условіяхъ оказывается возможнымъ: подъ защитою затвердѣвшей колычевой стѣнки выбрать весь заключающій въ огражденномъ ею пространствѣ грунтъ и въ образованномъ такимъ образомъ, колодѣвъ возвести кладку фундамента или же въ незамерзшую часть грунта опустить колодецъ. Не опасаясь за притокъ воды, отрывку грунта изъ колодца можно производить вручную. Когда по состоянію работы притокъ воды къ колодцу станетъ безвреденъ, можно прекратить прікапливаніе охлаждающей жидкости и дать грунту оттаѣть.

Когда колодцы или цилиндры опущены на достаточную глубину, можно приступить къ ихъ заполненію. Если колодцы врѣзались въ слой материка, то послѣдній иногда выравниваютъ, съ тѣмъ чтобы заполняющий колодцы бетонъ имѣлъ горизонтальную постель. Если колодецъ доспѣлъ одною стороною до скалистаго материка, а другую стоить на иной грунты, то приходится принять мѣры къ устраненію неравномѣрной осадки колодца послѣ его заполненія. Достигнути этого можно различными способами, смотря по мѣстнымъ условіямъ. Такъ, если притокъ воды въ колодецъ не великъ, можно при водоотливѣ обнажить скалу и подъ стѣнкою колодца, недопущеною до материка, подвести кладку; слабую скалу можно разбить взрывами и безъ водоотлива, и поставить колодецъ всею подошвою на скалу. Были случаи, когда внутри колодца забивали сваи для уплотненія нижележащихъ слоевъ грунта.

Колодцы заполняются или на всю свою высоту бетономъ, или же только въ нижней части, причемъ верхняя заполняется бутовою или кирпичною кладкою. Если колодецъ погружается въ водонесный слой, то, для возможности откачивать изъ него воду, бетонное заполненіе должно иметь толщину не менѣе трети высоты напора.

Бетонъ погружается въ ящикихъ или по трубѣ. Бросанія бетона сверху прямо въ воду допускать нельзя, такъ какъ онъ при этомъ можетъ выщелачиваться. До полнаго затвердѣнія бетона воды изъ колодцевъ не откачиваются.

Послѣ затвердѣнія бетона и отлива воды слѣдуетъ убѣдиться, пѣтъ ли фильтрація чрезъ слой бетона или вдоль стѣнокъ колодца и, въ случаѣ обнаруженія таковыхъ, положить новый слой бетона и хорошошко его утрамбовать.

Бутовая или кирпичная кладка въ колодѣ должна вестись очень тщательно, съ хорошей расшивкою, для того чтобы довести до минимума возможную въ неї осадку, которая очень вредна для прочности колодца, такъ какъ можетъ повредить за собою трещины между стѣнками колодца и его заполненіемъ, причемъ стѣнки или кладка могутъ быть перегружены, вслѣдствіе неправильнаго распределенія давленія между ними.

ГЛАВА XI.

Исторический очеркъ развитія подводныхъ работъ.
Необходимость производства строительныхъ работъ подъ водой ощущалась еще въ глубокой древности, но подобныя работы представляли въ то время болѣй затруднений, такъ какъ производились безъ всякихъ приспособленій: человѣкъ запасался возможно большимъ количествомъ воздуха, нырялъ на дно рѣки или моря и весьма скоро, едва приступивъ къ исполненію какой-либо работы, долженъ былъ снова подниматься на поверхность воды, чтобы перевести дыханіе. Пребываніе подъ водой могло продолжаться не болѣе одной минуты, чѣмъ крайне затруднялось производство подводныхъ работъ. Поэтому вполнѣ понятны многочисленныя и давно возникшія попытки облегчить такую работу, сдѣлавъ возможнымъ болѣе долгое пребываніе человѣка подъ водой.

Еще у Аристотеля упоминается о томъ, что греки, занимавшися добывкою губки, пользовались опрокинутыми бочками, въ которыхъ брали съ собою на дно моря воздухъ.

Усовершенствованій въ способѣ подводныхъ работъ шли, однако, очень тихими шагами, о чьемъ можно судить, напр., по тому, что, по свидѣтельству Taisnier, въ 1538 году, въ присутствіи Карла V и десятитысячной толпы зрителей, два грека опускались подъ воду въ большихъ, опрокинутыхъ вверхъ дномъ котлахъ, подвѣшеныхъ на веревкахъ и снабженныхъ поломъ; греки эти выходили изъ воды совершенно сухими и огрыз, взятый ими съ собою, не потухалъ. Очевидно, что на продолжительное пребываніе человѣка подъ водою въ то время смотрѣли еще какъ на хитрый фокусъ.

Васон упоминаетъ (1620 г.) о металлическихъ бочкахъ, обращенныхъ дномъ кверху и снабженныхъ тремя ногами, высотою въ ростъ человѣка. Эти бочки опускались на дно и служили запасными резервуарами воздуха; водолазу не нужно было всыпывать на поверхность воды, чтобы запастись сѣжкимъ воздухомъ: онъ входилъ въ бочку, гдѣ могъ свободно подышать.

St.-Claire говоритъ, что въ 1655 году одинъ механикъ устроилъ водолазный колоколь съ скамьей внутри его, на которую садились водолазы при опусканіи его въ воду. Помощью этого колокола изобрѣтатель его поднялъ со дна моря три затонувшихъ орудія.

Эти водолазныя приборы были, конечно, далеко несовершенны, такъ какъ, по истеченіи нѣкотораго времени, ихъ надо было поднимать изъ воды для возобновленія испортвшагося въ нихъ воздуха.

Въ 1700 году Halley предложилъ способъ возводнолять воздухъ, не поднимая колокола, а пользуясь особыми бочечками со сѣжкимъ воздухомъ, которые опускались въ воду. Переизливаніе сѣжкаго воздуха изъ бочечекъ въ колоколь производилось помошью особыхъ трубъ.

Въ 1755 году Spalding ввелъ значительныя усовершенствованія въ конструкціи водолазного колокола и въ способахъ его опусканія и подниманія, и возобновленіи воздуха производилось все также помошью опусканія его въ сосудахъ.

Только въ 1778 году Smeaton устроилъ колоколь, изъ которому воздухъ возобновлялся накачиваніемъ его помошью насоса. Smeaton пользовался этимъ колоколомъ для подниманія камней, лежавшихъ подъ водою на глубинѣ до 10 футъ.

Въ томъ же году по предложенію Сочопонда были произведены взрывы скалы на днѣ рѣки Сены при помощи водолазного судна. Средняя часть этого судна представляла собою водолазный колоколь, своимъ потолкомъ выступавший изъ поверхности воды, а нижнимъ ребромъ опускавшійся на 10 футъ ниже этого уровня. Входить въ колоколь нужно было черезъ особую промежуточную камеру, напоминавшую собою имѣвшіе воздушные шлюзы кессоновъ.

Вотъ всѣ тѣ результаты, которыхъ достигла техника въ способѣ производства подводныхъ работъ до начала XIX вѣка.

Въ XIX вѣкѣ продолжались усовершенствованія водолазныхъ приборовъ, изъ которыхъ описаные выше скрафандры почти вытеснили всѣ прочіе. Но, независимо отъ развитія этихъ, собственно, водолазныхъ приспособленій, строительная техника въ сороковыхъ годахъ прошлаго столѣтія перешла въ новый фазисъ своего развитія въ отношеніи способовъ производства подводныхъ работъ, въ которыхъ обнаружилось особое направлѣніе, избѣжшее непосредственное отношеніе къ современному состоянію этого вопроса. Новымъ, своеобразнымъ попыткамъ утилизировать давленіе воздуха почалиться почти одновременно во Франціи и въ Англіи, хотя въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ.

Въ Англіи, въ декабрь 1843 года, была выдана привилегія Dr. Pott'у на способъ погружанія въ землю особаго вида полыхъ свай (трубъ, цилиндровъ) при помощи разжиганія воздуха.

Во Франціи, 25 февраля 1845 года, инженеръ Triger сообщилъ Парижской академіи наукъ объ удивившейся ему въ 1841 году попыткѣ провести, для разработки каменоугольныхъ коней близъ Chalonnes, въ долинѣ Луары, шахту чрезъ водоносный слой, на глубину до 20 шт., при помощи сжатаго воздуха.

Способъ Pott'a вскорѣ потерпѣлъ, однако, фiasco при постройкѣ инженеромъ Cubitt'омъ моста черезъ Madwey; но эта же неудача побудила строители воспользоваться идею Triger'a для устройства подводныхъ фундаментовъ, которая въ дальнѣйшемъ своемъ развитіи и привела къ современнымъ блестящимъ результатамъ. Какъ бы то ни было, изобрѣтеніе Pott'a заслуживаетъ упоминанія, а потому и скажемъ о немъ нѣсколько словъ.

Свайдъ Pott'a представляетъ собою чугунную трубу, нижній конецъ которой открытъ, а верхній снабженъ герметически закрывающимся

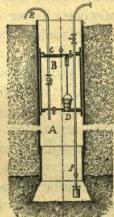
крышкою, въ которую вставлена кранъ. Свай, установленная въ определенномъ мѣстѣ на землю, отчасти врѣзается въ грунтъ подъ вліяніемъ собственного вѣса; затѣмъ кранъ сообщаютъ съ воздушнымъ насосомъ и начинаютъ разрѣзать воздухъ внутри сваи. Въ силу разности давлений наружного и внутреннего воздуха на крышку, свая начинаетъ погружаться въ грунтъ. Такому погружению сваи много способствуетъ то обстоятельство, что, вслѣдствіе разрѣзанія воздуха внутри сваи, въ нее устремляется грунтовая вода и размываетъ грунтъ подъ нижнимъ ея ребромъ. Въ песчаныхъ или стonyхъ грунтахъ такія сваи погружаются довольно успѣшио, особенно, если въ дополненіе къ атмосферному на нихъ давленію прибавить вспомогательную нагрузку. При погружении этихъ сваи является необходимымъ время отъ времени снимать крышку, выкачивать изъ сваи набравшуюся воду и выбирать попавшій въ нее грунтъ, а затѣмъ снова надѣватъ крышку, съ тѣмъ чтобы продолжать работу воздушнымъ насосомъ. Эти операции, требующія вообще довольно много времени, приходится повторять до тѣхъ поръ, пока свая не погрузится на достаточную глубину. Позидѣ способъ погружения такихъ сваи былъ усовершенствованъ слѣдующимъ образомъ: внутренность сваи сообщалась помошью трубы, снабженной краномъ, съ закрытымъ резервуаромъ, большей вместимости, чѣмъ внутренний объемъ сваи. Воздухъ разрѣзжался не въ самой сваѣ, а въ этомъ резервуарѣ при запиртъ кранъ на соединительной трубѣ. Когда давленіе воздуха въ резервуарѣ достигало возможного минимума, кранъ открывался, воздухъ внутри сваи быстро разрѣзжался, грунтовая вода устремлялась въ нее съ болѣею скоростю, сильно размывала грунтъ подъ ребромъ сваи и вдоль стѣнокъ, отчего сама свая садилася.

Способъ этотъ стаіло входить въ употребленіе, но скоро въ немъ были замѣчены нѣкоторые недостатки. Такъ, инженеръ Cubitt, при постройкѣ въ 1851 году моста черезъ Medway, расчитывалъ основать каждый изъ бѣковъ на 14 тутунныхъ сваяхъ Pott'a, диаметромъ 1,83 мѣ., опущенныхъ на глубину 6,1 мѣ. ниже дна рѣки, но вскорѣ убѣдился въ непримѣнности этихъ сваи въ данномъ случаѣ. Дѣйствительно, плотный грунтъ, оказавшійся подъ бѣками, совершенно не размывался, сваи не опускались, несмотря на значительную ихъ нагрузку; подъ устоями найдены были большие камни

и корчи, которые устраивали всякую возможность основать опоры моста на такихъ сваяхъ. Эта неудача и побудила Cubitt'a обратиться къ способу Triger'a, чѣмъ и было положено начало примѣненію къ устройству фундаментовъ скатаго воздуха.

Обратимся къ работамъ Triger'a.

Ввиду водоносности слоя грунта, чрезъ который нужно было пройти, чтобы достичнуть каменноугольного пласта, Triger рѣшился употребить вместо деревянной одѣжды шахты жѣлѣзную, для чего и была заготовлена труба, диаметромъ 1,03 мѣ. До глубины около 15 мѣ. труба погружалась по способу опускныхъ колодцевъ, съ водоотливомъ. Плавучій песокъ проходился очень легко; но когда появился крупный, то сопротивленіе прониканію трубы въ грунтъ сдѣлалось на столько велико, что она опускалась лишь на пѣсчаныѣ сантиметровъ, послѣ 200 ударовъ бабоно, вѣсомъ 2 тонны, падавшей съ высоты 1,5 мѣ. Къ этому присоединился такой сильный притокъ воды, что дальнѣйшее погруженіе трубы становилось невозможнымъ. Тогда Triger'у пришла мысль вытѣснить воду изъ шахты скатымъ воздухомъ и при его посредствѣ докончить опусканіе трубы. Этту смѣливую мысль онъ осуществилъ слѣдующимъ образомъ (черт. 227). Въ верхнѣй части шахты A онъ помѣстилъ жѣлѣзную камеру B, названную имъ *воздушнымъ шлюзомъ* и приходившую въилотную къ жѣлѣзной одѣждѣ шахты. Въ верхнѣй стѣнкѣ камеры была сдѣлана дверь C для входа въ нее спаружи, а въ нижней—двери D для входа въ нее изъ шахты. Конструкція этихъ дверей позволяла защищать ихъ герметически. Помощью показанного на чертежѣ воздухопровода E, скатый воздухъ направлялся въ шахту, а оттуда могъ быть впускаемъ и въ шлюз. Соответственно расположеннымъ кранами можно было уравнивать давленіе внутри шлюза или съ наружными воздухомъ, или съ воздухомъ внутри шахты. Когда давленіе воздуха въ шлюзе было сравлено съ атмосфернымъ, можно было открывать верхнюю дверь C и входить въ шлюз. Закрывъ верхнюю дверь и кранъ, сообщающій внутренность шлюза съ атмосферою, открывали кранъ, сообщающій внутренность шлюза съ шахтою; давленіе воз-



Черт. 227.

духа въ шлюзѣ сравнивалось съ давлениемъ въ шахтѣ, открывалась нижняя дверь *D*, и изъ шлюза можно было перейти въ шахту. Для выхода изъ шахты черезъ шлюзъ наружу, порядокъ дѣйствій былъ обратный. Когда вода изъ шахты была частью вытѣснена въ грунтъ, частично поднята давлениемъ внутрен资料о воздуха по особой трубѣ *P* (сифону), показанной на чертежѣ, въ шахту спустились рабочіе и стали подрывать грунтъ изъ-подъ трубы. Вырванный грунтъ накладывался въ бады, которыми поднимались въ шлюзъ, а потому изъ шлюза вытаскивались наружу. Переходъ людей или грунта изъ шахты черезъ шлюзъ наружу пришлось называть *шлюзованиемъ*. Этимъ способомъ Triger опустилъ трубу на глубину 6 мт. съ глубины.

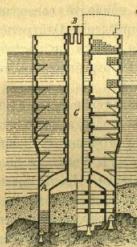
Когда инженеръ Cubitt принужденъ былъ отказаться отъ способа Poit'a, онъ зналъ уже о работѣ Triger'a и тѣмъ охотнѣе рѣшился испытать его способъ, что заготовлены для постройки моста цилиндры могли быть употреблены въ дѣло.

Прииспособленіе цилиндровъ къ работамъ помошью скатаго воздуха состояло въ томъ, что въ верхней ихъ крышкиѣ было установлено два воздушныхъ шлюза, входившихъ частично въ самыи цилиндры. Между шлюзами, внутри цилиндра, былъ расположенъ подъемный поворотный кранъ, помошью котораго можно было поднимать снизу бады съ землею и устанавливать ихъ непремѣнно то въ одинъ, то въ другой шлюзъ для ихъ шлюзованія. Сжатый воздухъ производилъ на крышу цилиндра большое давлениe снизу, а потому для усиленіи погруженія цилиндра пришлось употребить нагрузку, которая состояла изъ двухъ ящиковъ съ камнемъ, подвѣшенныхъ къ толстой балкѣ, лежавшей на крышкѣ цилиндра. Въ плотномъ грунѣ не удавалось вытѣснить воду въ грунтъ, а потому пользовались сифономъ, длинныи конецъ котораго опускался до самого низа цилиндра, а верхній былъ расположенъ выше поверхности воды. Сифонъ этотъ снабжался краномъ. Когда уровень воды въ цилиндрѣ подходилъ къ нижнemu отверстію сифона, кранъ запирался, такъ какъ иначе черезъ сифонъ выходилъ скатый воздухъ цилиндра, въ которомъ давленіе быстро падало, температура понижалась и образовывалась до такой степени сильный туманъ, что, несмотря на освѣщеніе, въ цилиндрѣ воцарялся мракъ.

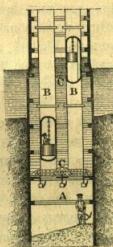
Одновременно съ Cubitt'омъ идею Triger'a воспользовался английскій инженеръ Brunel при постройкѣ двухъ мостовъ. Для опоръ

одного изъ нихъ были употреблены цилиндры, диаметромъ 11,0 мт. и высотою 30,0 мт. Но въ то время еще, повидимому, съ недовѣріемъ относились къ методу Triger'a, такъ какъ Brunel не рѣшался весь цилиндръ основать по этому способу, а предполагалъ воспользоваться имъ только для устройства подводной каменной перемычки, изъ которой думалъ выкачать воду и работать при атмосферномъ давлениі. Цилиндры Brunel'а въ нижней ихъ части состояли изъ двухъ концентрическихъ стѣнокъ (черт. 228) и двойного потолка, вслѣдствіе чего внизу получалось колыцеобразное пространство *A*, сообщающееся съ воздушными шлюзами *B* помошью шахтовой трубы *C*. Когда цилиндръ былъ погруженъ на достаточную глубину при посредствѣ скатаго воздуха, и колыцеобразное пространство было заполнено кладкою, изъ средней части цилиндра стали выкачивать воду. Вслѣдствіе гористости дна, водоотливомъ нельзя было осушить цилиндръ, и тогда только рѣшено было въ средней части цилиндра работать также съ помошью скатаго воздуха. Послѣ этой работы недовѣріе къ способу Triger'a отчасти разсѣялось, и имъ стали пользоваться для устройства фундаментовъ при цилиндрахъ большихъ диаметровъ.

Въ 1857 году французскій инженеръ Сезаннъ, при постройкѣ моста черезъ рѣку Th閚is въ Венгріи, близъ Чегедина, употребилъ цилиндры, диаметромъ 3,00 мт. (черт. 229). Цилиндры этого моста имѣли уже некоторыя усовершенствованія. Во избѣженіе напрасныхъ тратъ скатаго воздуха, каждый цилиндръ былъ раздѣленъ потолкомъ на две части: нижняя *A* служила рабочему камерою и сообщалась помошью шахтовыхъ трубъ *B* съ воздушными шлюзами,



Черт. 228.



Черт. 229.

верхняя *C* служила резервуаром для воды, употреблявшейся въ видѣ нагрузки при погружении цилиндра. Когда было замѣчено, что, несмотря на значительную нагрузку, цилиндр погружается медленно, пробовали выпускать изъ рабочей камеры скатаго воздуха. Всѣдѣствіе этого въ рабочую камеру устремлялась изъ грунта вода и размывала его подъ низкимъ ребромъ цилиндра, который, встрѣчая меньшее сопротивление со стороны скатаго воздуха въ рабочей камерѣ, быстро садился въ грунт.

Способъ устройства фундаментовъ съ помощью скатаго воздуха, въ томъ видѣ какъ онъ выяснился при постройкѣ Чегединскаго моста, былъ для того времени наиболѣе совершеннымъ, а потому сталъ входить во всеобщее употребленіе. Слѣдуетъ замѣтить, что въ это же время въ Европѣ книга работъ по постройкѣ желѣзныхъ дорогъ, а вмѣстѣ съ нею явилась потребность въ сооруженіяхъ цѣлого ряда новыхъ мостовъ.

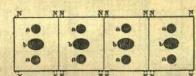
Къ той же эпохѣ относится и первый опытъ устройства фундаментовъ с помощью скатаго воздуха въ Россіи, а именно при сооруженіи моста черезъ рѣку Нѣманъ въ Коню на С.-Петербургско-Варшавской желѣзной дорогѣ. Работами по постройкѣ этого моста руководилъ инженеръ Сезаннъ. Постѣдъ Ковенскаго моста въ Россіи по тому же способу были построены мосты черезъ Вислу въ Варшавѣ, черезъ Двину въ Даугавпілсѣ, черезъ Бугъ, Наревъ и Ливецъ.

Въ 1859 году въ новомъ способѣ устройства фундаментовъ были сдѣланы дальниѣшія усовершенствованія. Инженеръ Fleur-Saint-Denis для устройства фундаментовъ Кельскаго моста черезъ р. Рейнъ спроектировалъ кессонъ. Работа была успѣшно выполнена извѣстнымъ въ то время строителемъ Castor'омъ.

Нельзя съ убѣренностью сказать, принадлежитъ ли идея употребленія кессоновъ лично Fleur-Saint-Denis, или была имъ замѣстована у Pfannm ller'a, который еще въ 1851 году составилъ проектъ кессоновъ для моста черезъ р. Рейнъ; во всякомъ случаѣ честь первого осуществленія этой идеи принадлежитъ безспорно Fleur-Saint-Denis.

Та же идея съ некоторыми варьациими примѣняется и генеръ, а потому съ работой Fleur-Saint-Denis слѣдуетъ познакомиться поближе. Fleur-Saint-Denis предполагалъ для устройства быковъ Кельскаго моста употребить кессоны, т. е. желѣзные ящики, обращенные дномъ въверхъ, которые служили бы рабочею камерою и соедини-

плялись бы шахтовыми трубами со шлюзами. Такой кессонъ долженъ быть иметь въ планѣ фигуру и размѣры самаго быка. Однако, ввиду новизны дѣла, предложеніе это было признано смѣльымъ вслѣдствіе опасенія, что равномѣрное опусканіе кессона, длиною 24, шириной 7 и высотою 3,8 шт., едва ли будетъ возможнымъ; а потому рѣшено было, вмѣсто одного силошного кессона, опустить четыре отдѣльныхъ, одинъ возлѣ другого. Для нагрузки такого кессона предположено было воспользоваться самимъ кладкаго быка, а чтобы ее производить съ меньшими затрудненіями, полагалось начать ее въ то время, когда кессонъ еще не будетъ опущенъ на дно, и самое опусканіе сообразовывать съ успѣхомъ каменной кладки, такъ чтобы всегда можно было работать выше поверхности воды; этимъ достигалась еще и экономія въ желѣзе на стѣнки выше потолка кессона. Для поддержания кессона съ кладкаго быка на соответственной высотѣ, рѣшено было подѣлиться имъ възвѣсью къ подмостямъ.



Черт. 230.

Каждый отдѣльный кессонъ представлялъ собою прямоугольный ящикъ, площадью 7×6 шт. и высотою 3,8 шт. Четыре кессона соединились между собою нѣсколькими болтами, которые можно было, въ случаѣ надобности,—если бы, напримѣръ, оказалось невозможнымъ вѣсъ отдѣльныхъ кессоновъ опускать одновременно,—вынуть и продолжать опусканіе кессоновъ независимо одинъ отъ другого. Однако, опусканіе серіи кессоновъ первого быка доказало полную возможность опускать ихъ одновременно, а потому, при устройствѣ слѣдующихъ быковъ кессоны были соединены между собою наглухо, и устроено сообщеніе между ними. Потолокъ кессона поддерживалась двумя рядами желѣзныхъ балокъ, толщиной 12 шт., и самъ избылъ такую же толщину; стѣнки кессона были сдѣланы изъ желѣза, толщиной 8 шт. Сопряженіе потолка со стѣнками сдѣлано помощью консолей или кронштейновъ.

Въ потолкѣ каждого отдѣльного кессона было по три отверстія (черт. 230 и 231). Изъ нихъ два *a*, *a*, диаметромъ 1,00 шт., служили для сообщенія внутренности кессона съ шахтовыми трубами *A*, на верху которыхъ расположены воздушные шлюзы *B*, а среднее *b*—для пропуска открытой, эллиптической формы, шахты

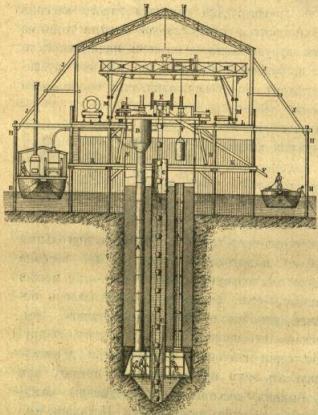
внутри которой помѣщалась порія *D*. Открытая шахта оканчивалась ниже нижней грани кессона *a*, а другій дѣл шахты—у самого потолка. Шахты *A*, *A* служили для входа и выхода рабочихъ, для чего въ нихъ были устроены лѣстницы; эти шахты особыми клапанами, расположеннымими у потолка кессона, могли запираться на то

время, когда снимались плюзы для парциализаціи шахты. Плюзы были цилиндрическіе съ плоскими днищами; диаметръ плюзовъ 2,00 шт, высота 2,5 шт. Входы въ плюзы и изъ плюзовъ въ шахты запирались особыми клапанами или дверями. Въ плюзѣ имѣлось два крана, помошью которыхъ можно было сообщать его внутренность съ шахтой или съ атмосферою и тѣль соответственно измѣнять давленіе заключающагося въ плюзѣ воздуха. Въ открытой шахтѣ воды стояла почти на одномъ уровне

нѣ съ водой въ рѣкѣ,

такъ что порія частично двигалась въ водѣ. Верхній щитъ *E* порія былъ расположены гораздо выше поверхности воды, такъ что земля изъ черпаковъ порія, попадая въ устроенные для этого желоба *F*, могла свою тяжесть спускаться въ шаханды *S*, предназначенные для отвозки земли и стоявшихъ около подмостей, окружавшихъ быкъ.

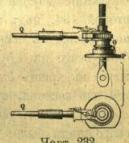
Подмости состояли изъ трехъ рядовъ свай, окружавшихъ быкъ со всѣхъ сторонъ. Наружный рядъ свай *H* служилъ для укрѣпле-



Черт. 231.

нія наклонныхъ подпорокъ *J*. На двухъ внутреннихъ рядахъ свай было расположено два половыи настила: одинъ *K* на высотѣ 2,8, другой *L* на высотѣ 8,5 метровъ надъ поверхностью воды. На верхнемъ настилѣ были положены решеты, по которымъ двигался подъемный кранъ *M*, служившій для подъема плюзовъ и парциализаціи шахты. Въ нижнемъ настилѣ было оставлено отверстіе, черезъ которое могъ бы свободно проходить собранный кессонъ (т. е. всѣ соединенныхъ между собою ящика). Отверстіе это перекрывалось балками, на которыхъ была насланы поль; на образованной такимъ образомъ платформѣ производилась сборка кессона. Полости были покрыты крышею. Близъ угловъ каждого отдельного ящика было укрѣплено по 2 цѣли *NN* (черт. 230), такъ что съ каждой длинной стороны было по 16 цѣлей. Цѣли эти оканчивались винтами, диаметромъ 8 см., при чёмъ длина винта одной цѣли была 2,00 шт., длина винта другой цѣли, 2,5 шт., такъ что, когда одинъ винтъ совсѣмъ уходилъ въ свою гайку, то другой еще выступалъ изъ нея на 0,5 шт. Освобождалась одинъ винтъ и оставляя кессонъ висѣть на другомъ, можно было нарости вѣнье у первого винта. Гайки *O* для этихъ винтовъ были сдѣланы бронзовыи, нижняя ихъ сторона имѣла шаровую поверхность, которую онѣ входили въ чугунныи подушки *P*, укрѣпленныи на подмостахъ (черт. 232). Вращеніе гаекъ, а съ ними и опусканіе кессона, производилось посредствомъ трещетокъ съ длинными рычагами *Q*. Для достиженія равномѣрности опусканія кессона, всѣ рычаги трещетокъ были соединены между собою желѣзными стержнями, которыми и сообщалось вращеніе всѣхъ гаекъ одновременно.

Когда кессонъ былъ собранъ и подвѣшены на цѣляхъ, ихъ подняли съ помощью домкратовъ, сняли поль и балки, перекрывающіе отверстіе въ полу нижнаго этажа подмостей, и затѣмъ спустили кессонъ до поверхности воды. На потолкѣ кессона былъложен слой бетона, а на немъ начата кладка. При дальнѣйшихъ бѣкахъ кладку начинали непосредственно на потолкѣ и наружными ея гранями давали незначительный уклонъ отъ периметра къ срединѣ, для облегченія прониканія въ грунтъ. Когда кладка поднималась на высоту



Черт. 232.

около 1 мт., кессонъ опускали глубже въ воду и кладку продолжали дальше, работал всегда выше воды. Когда кессонъ донесъ до дна рѣки, изъ рабочей камеры была вытѣснена вода, въ камеру спустились рабочіе и стали подкапывать землю сперва подъ открытою шахтою съ порѣю, а потомъ по всей площади кессона. Землю со всей площади кессона бросали въ яму подъ открытую шахтою, изъ которой порѣй поднимала землю вверхъ. Порѣй приводился въ движение паровой машиной. Сжатый воздухъ доставлялся сильными воздуховодными машинами въ количествѣ 400 куб. метр. въ часъ. Опустивъ кессонъ на глубину около 20 мт. ниже низкаго горизонта воды, прекратили дальнѣйшее его опускание, рабочую камеру заполнили кладкою, снимали шлюзы, а шахты заполнили бетономъ. Опускание кессона подъ первый бьеф продолжалось 85 дней, подъ второй—34, подъ третій—26 и подъ четвертый—22 дня. Кессонъ погружался въ песокъ на 10 см. въ часъ, при значительной же глубинѣ всего на 2,5 см., а въ среднемъ—на 8 см. въ часъ. Погружение въ хрипъ было болѣе медленнымъ. Количество земли, вынутой изъ кессона, въ $1\frac{1}{2}$ раза превысило объемъ кессона и бѣка.

Результатомъ усѣченнаго исполненія работъ по сооруженію Кельского моста было, такъ сказать, признаніе права гражданства способа устройства фундаментовъ помимо сжатаго воздуха; но самая форма кессоновъ вставки еще не заслужила полнаго довѣрія. Хотя подобного же рода кессоны, даже сплошные, во всю площадь бѣка, и были съ успѣхомъ употреблены при постройкѣ Buswylerскаго моста на Швѣціарской Центральной желѣзной дорогѣ и Pregelскаго моста въ Кенигсбергѣ, но эти удачныя работы не могли сразу вытѣснить употребленіе цилиндрическихъ опоръ. Отчасти это можетъ быть объяснено усѣченнымъ примѣненіемъ сжатаго воздуха къ распространенному въ то время способу опускныхъ колодиевъ.

Несмотря на хорошіе результаты, достигнутые употреблениемъ кессоновъ цилиндрическихъ, вскорѣ, однако, опять обратились къ кессонамъ во всю площадь бѣка, и въ настоящее время этотъ способъ употребляется почти исключительно.

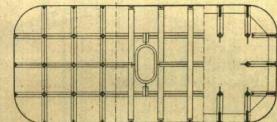
Въ дальнѣйшемъ изложений не будемъ болѣе слѣдить за историческимъ ходомъ развитія кессоннагоѣла, а познакомимся только съ современнымъ его состояніемъ, придерживаясь слѣдующаго порядка въ описаніи кессоновъ и способа производства кессонныхъ работъ:

рабочая камера;
понтонъ и обшивка
шлюзы и шахты;
приспособленія для подъема грунта и опускания материаловъ для заполненія камера;
способы производства кессонныхъ работъ;
снабженіе кессона сжатымъ воздухомъ;
освѣщеніе кессоновъ и
условія безопасности кессонныхъ работъ.

Рабочая камера. Кессонъ, въ тѣсномъ смыслѣ этого слова, есть апартъ, которымъ пользуются для подводной работы. Въ болѣе широкомъ смыслѣ кессономъ называются всю совокупность приспособленій, служащихъ для работы подъ водой, т. е. собственно кессонъ или рабочую камеру, шахты, шлюзы, понтонъ. Рабочая камера можетъ быть сдѣлана изъ желѣза, дерева или камня, и, въ зависимости отъ рода материала камера, кессонъ носитъ название желѣзныхъ, деревянныхъ и каменныхъ. Желѣзные кессоны употребляются по преимуществу, а потому главнымъ образомъ въ нихъ и остановимся.

Желѣзные кессоны. Очертанія кессоновъ въ планѣ обыкновенно строго согласуются съ очертаніями возведеныхъ на нихъ сооружений. Такъ, при устройствѣ доковъ, береговыхъ опоръ мостовъ, кессоны въ планѣ даютъ фигуру прямоугольниковъ съ закругленными углами (черт. 233), при устройствѣ рѣчныхъ опоръ—круговъ (толстый бьеф Троицкаго моста въ Петербургѣ) (черт. 234) и круговъ съ прямыми вставками; при устройствѣ баковъ съ ледорѣзами—болѣе сложную форму (черт. 235).

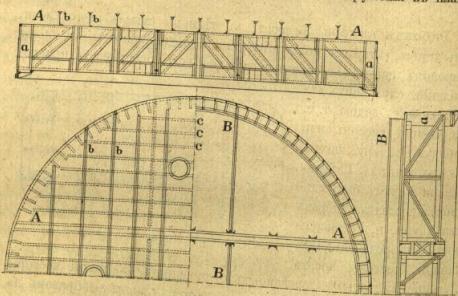
При постройкѣ Волжскаго моста на Оренбургской жел. дор., пришлось уширить площадь фундамента одного бака въ то время, когда кессонъ для него былъ уже опущенъ; достигнуто это было



Черт. 233.

опусканием дополнительного кессона рядом съ первымъ. Этому дополнительному кессону инж. Н. Бѣлебѣевскій придалъ весьма сложную форму (черт. 236), едвали не единственную въ своемъ родѣ. Хотя опускание этого кессона и было сопряжено со многими трудностями, тѣмъ не менѣе успѣшность выполненія этой работы можетъ служить доказательствомъ возможности приданія кессонамъ любыхъ очертаній въ пласти.

Кессоны обыкновенно делаются сплошные подъ все сооружение. Только въ случаѣ очень большихъ размѣровъ, какъ

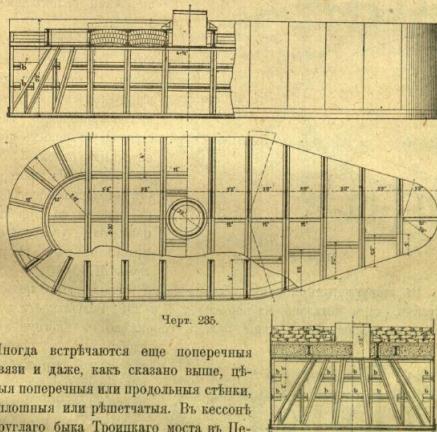


Черт. 284.

предпочитают один сплошной кессон заменить двумя. Так, наибольший сплошной кессон был опущен в Тулонѣ при постройкѣ сухого дока — 144×41 метръ. При опусканіи этого кессона выяснилась полная невозможность достиженія настолько равнѣмѣрного его погруженія, при которомъ не могло бы происходить изгиба кессола, сопровождающагося появленiemъ серьезныхъ трещинъ въ надлесковой кладкѣ. Ввиду этого, строитель Тулонскихъ доковъ, при производствѣ подобныхъ же работъ въ Сайгонѣ, вместо одного сплошного кессона въ $167,5 \times 30$ метровъ, воспользовался двумя кессонами въ 83×30 метровъ, опущенными со промежуткомъ въ 1,5 метра.

Большіе сплошные кессоны въ большинствѣ случаевъ раздѣляются перегородками на пѣсколько отдѣлений, между которыми обыкновенно существуетъ сообщеніе.

Каждый кессонъ состоять изъ слѣдующихъ частей: потолка, кон-
сольей или кронштейновъ и стѣночкъ оканчивающихся внизу након-

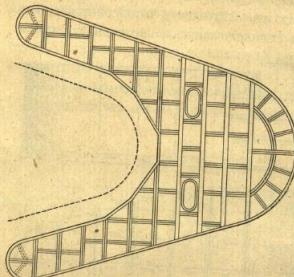


Черт. 285

Иногда встречаются еще попечерные связи и даже, как сказано выше, цвльи попечерные или продольные стеки, сплошные или решетчатые. У кессонов круглого быка Троицкого моста в Петербург расположены двѣ пары сквозных стволов: АА — представляющи собою раскосные фермы с криволинейными поясами и ВВ таих же фермы но съ тавровыми поясами.

Потолок состоит из системы поперечных и продольных двутавровых железнных балок, прогончатых или клепанных, и потолочной подшивки. Подшивку обильно распологают снизу балок, что гораздо удобнее и в отношении работы в камерах и в отношении сопротивления верхней каменной кладки с потолком кессона.

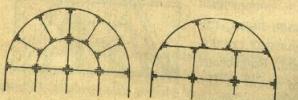
Продольные балки кладутся обыкновенно между поперечными и служить только распорками для ихъ. Весь грузъ кладки выдерживает поперечный балки, а потому размѣры ихъ гораздо больше, чѣмъ балокъ продольныхъ.



Черт. 236.

Въ кессонѣ круглого быка Троицкаго моста фермы *AA* играютъ роль продольныхъ балокъ, поддерживающихъ систему двутавровыхъ поперечныхъ балокъ *b*, *b*. Для увеличения жесткости потолочной обшивки, съ нижней ея стороны прикреплены уголки *c*, *c*, параллельные фермамъ *MM*.

Въ закругленныхъ концахъ кессона балки располагаются по радиусамъ, какъ показано на чертежѣ 237 и 238. Радиальное и вообще наклонное расположение балокъ сопряжено со многими недостатками, а потому некоторые строители предпочитаютъ кессоны прямоугольной формы, линии съ закругленными узлами (черт. 233).



Черт. 237.



Черт. 238.

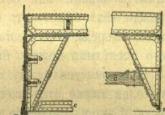
Поперечная балки концами своими опираются на консоли или кронштейны, имѣющіе фигуру треугольника. Консоли дѣлаются изъ котельного желѣза и усиливаются уголками. На чертежахъ 239—241 показанъ типъ консолей. Инж. Бреннеке, авторъ извѣстнаго сочиненія объ основаніяхъ и фундаментахъ, рекомендуетъ общепротребительную систему сопряженія поперечныхъ балокъ съ консолями замѣнить иною, въ которой консоли

составляли бы одно цѣлое съ балкою или, иными словами, балки съ примолинейными полосами онь рекомендуетъ замѣнить балками съ нижнимъ полсомъ, изогнутымъ по очертанію консолей. При этомъ измѣненіи устраивается рискъ разрыва связи между консолями и балками, наблюдавшагося при быстрыхъ осадкахъ кессона въ грунтъ.

Что касается величины угла наклоненія косой грани консоли къ горизонту, то его полезно доводить до 45° . Этимъ, какъ увидимъ ниже, облегчается выпрямленіе кессона, если онъ во время опускания отойдетъ отъ вертикального своего положенія. Консоли соединяются другъ съ другомъ помощью распорокъ или *полочекъ* *b*, причемъ послѣдній дѣлаютъ боѣжесткую самую стѣну кессона.

Между консолями, поддерживающими противоположные концы одной и той же поперечной балки, иногда располагаются же-лѣзны или деревян-

Черт. 239.



Черт. 241.

ны поперечные связи (съ черт. 240 и *d* черт. 241). Поперечные связи могутъ имѣть различное назначение: противодѣйствовать внутреннему давленію воздуха и распору грунта на пожъ кессона, когда онъ врѣзается въ землю, или же — сопротивляться внешнему давленію земли, стремящемуся смять кессонъ. Такія связи, однако, весьма неудобны и даже служатъ иногда причиной поврежденій стѣнокъ кессона при быстромъ погруженіи его въ грунтъ, такъ какъ при этомъ связи, расположенные обыкновенно у нижней части кронштейновъ или консолей, изгибаются входящими въ кессонъ грунтомъ, разрываются или тянутъ кронштейны во внутрь кессона, повреждая его стѣнки. Всѣдѣствіе этого иногда приходится вырубать такія связи, во избѣженіе дальнѣйшей порчи кессона. При опусканіи кессоновъ моста Императора Александра II въ С.-Петербургѣ (Литейнаго), наоборотъ, пришлось исправлять кессонъ установкою поперечныхъ связей, такъ какъ грунтъ, проникший въ рабочую камеру, началъ расширять ея стѣнки, и консоли стали отдѣляться отъ потолочныхъ балокъ.

Б. И. Курдюмовъ.—Основы въ фунд.

Въ кессонѣ быка Троицкаго моста консолямъ придана не обычная триугольная ферма, а прямоугольная—*a* (черт. 234). Консоли эти опираются нижними своими концами по горизонтальному листу, шириной 715 шт., расположенный на высотѣ 430 шт. отъ низа кессона. Листъ этотъ служитъ опорой для каменной кладки, заполняющей промежутки между кессонами, а также искольку затрудняетъ сливию быстрое погружение кессона въ грунтъ.

Стѣнка кессона оканчивается на высотѣ верхнаго пояса потолочныхъ балокъ, низъ же ея усиливается накладками и уголками, чѣмъ и образуется ножъ кессона *n* (черт. 239—241).

Промежутки между потолочными балками заполняются кирничными сводиками или бетономъ, которому даютъ время окрѣпнуть, прежде чѣмъ приступить къ кладкѣ надъ кессономъ. Этимъ устраивается передача давленія кладки потолочной обшивкѣ, вслѣдствіе чего послѣдняя можетъ быть сравнительно тонкѣ.

Пространство между стѣнкою, потолкомъ и наклонными гранями консолей также заполняется кладкою для придания кессону жесткости. Самое заполненіе лучше производить до погружения кессона на дно, такъ какъ при этомъ такое заполненіе можетъ быть сдѣлано стъ большою тщательностью и дешевле. Нѣкоторые строители предпочитаютъ, однако, опускать кессоны безъ заполненія кладкою промежутковъ между консолями, находя, что эта кладка мѣшаетъ работѣ по подсыпкѣ земли вдоль ножа кессона.

Толщина стѣнокъ кессона можетъ быть одинаковою съ толщиной потолочной обшивки, такъ какъ она служитъ только для водонепроницаемости рабочей камеры и не несетъ никакой нагрузки.

Что касается размѣровъ кессона и его частей, то они опредѣляются по выработаннымъ практикою нормамъ и теоретическимъ расчетомъ.

Размѣры кессона въ планѣ, какъ упомянуто выше, опредѣляются такими же размѣрами самого сооруженія. Первый силошный кессонъ подъ опорами Прогресскаго моста имѣлъ размѣры $14,75 \times 5,37 = 79,20$ кв. метр. ($6,94 \times 2,52 = 17,49$ кв. саж.). Кессонъ толстаго быка моста Императора Александра II въ С.-Петербургѣ при общей длини (съ закругленіями) въ 36,05 м. (16,90 саж.) и ширинѣ 16,63 м. (7,33 саж.) имѣть площадь 523 кв. метр. или 115 кв. саж. Кессонъ Тулонскихъ сухихъ доковъ при общей длини въ 144 м.

(67,67 саж.) и ширинѣ 41 м. (19,22 саж.) имѣть площадь 5800 кв. метр. (1276 кв. саж.).

Высота рабочей камеры въ среднемъ дѣлается въ 2,20 метр. (1,03 саж.). Прежде эту высоту дѣлали гораздо болѣе, но это не представляло никакихъ выгодъ, а лишь увеличивало количество же-лѣза въ кессонѣ. Меньшая высота, доходившая до 1,60 шт. (0,75 саж.) при постройкѣ моста черезъ Эльбу у Anssis на австрійской Nord-westbahn, становится уже неудобной, виду того что послѣ большой осады кессона въ грунтъ, работа въ такой камерѣ дѣлается крайне затруднительной.

Высота поперечныхъ блоковъ изъ потолка камеры берется въ $\frac{1}{10}—\frac{1}{12}$ ихъ длины, а разстояніе между ними 1,00—1,20 шт. (0,50—0,60 саж.). Если при пропуска пахтовыхъ трубъ нужно раздѣлить блоки на большее разстояніе, то послѣдний усиливается.

Толщина потолочной подшивки и стѣнокъ дѣлается не менѣе 5 мм.

Ширина же-лѣза, идущаго на потолочную подшивку и на стѣнки, берется равной разстоянію между поперечными балками и кронштейнами, съ тѣмъ чтобы стѣны листовъ не приходились на вѣсу, Стѣнки стѣнокъ обыкновенно перекрываются накладками.

Ножъ кессона дѣлается изъ одной или пѣсколькихъ полосъ же-лѣза, толщиной 15—25 шт., шириной 100—500 мм.

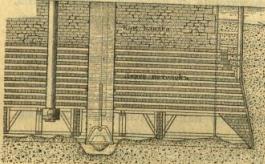
Деревянные кессоны впервые появились въ Америкѣ. Въ Западной Европѣ, где лѣзъ сравнительно дорогъ, они не употребляются. Съ началомъ постройки Сибирской ж. д. деревянные колоды появились и въ Россіи.

Примѣромъ примѣненія грандиозныхъ деревянныхъ кессоновъ могутъ служить кессоны опоръ East-Riverскаго моста между Нью-Йоркомъ и Бруклиномъ, построенаго Roblingомъ. Длина кессона 51,24 шт. (24 саж.), ширина 31,11 шт. (14,57 саж.) и площадь основания 1594 кв. метр. (350 кв. саж.). Толщина потолка 6,71 шт. (3,15 саж.). На устройство кессона израсходовано 250 тоннъ же-лѣза и 3140 куб. метровъ (323 куб. саж.) дерева. Половина продольного разрѣза этого кессона представлена на чертежѣ 242.

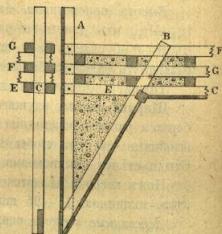
Стѣны и потолокъ этихъ кессоновъ были составлены изъ смолистыхъ сосновыхъ брусьевъ; стѣны сдѣланы наклонными, нижній конецъ укрѣпленъ же-лѣзомъ. Рабочая камера имѣла высоту 3,00 шт. и пятью перегородками была раздѣлена на 6 отдѣленій, сообщав-

шихся между собою посредствомъ дверей въ перегородкахъ. Всѣ швы были прокопочены. При погружениі первого кессона, онъ 7 разъ загорался, и огонь проникалъ во внутрь деревянной кладки. Тушение паромъ и углекислото не достигало цѣли, приходилось кессон затоплять водой и держать въ немъ воду по пѣсколько дней. Другіе кессоны того же моста, въ предупрежденіе пожара, были обиты внутри желѣзомъ.

Первоначальный типъ деревянного кессона въ настоящее время значительно усовершенствованъ, путемъ сокращенія количества лѣса на устройство потолка. Такъ, при постройкѣ моста Бисмарка черезъ р. Массури, потолокъ деревянного кес-



Черт. 242.



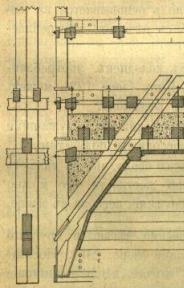
Черт. 243.

сона состоялъ всего изъ одного только сплошного ряда брусьевъ, въ остальныхъ же рядахъ брусы клались съ большими промежутками, которые и были залиты бетономъ.

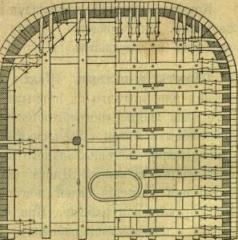
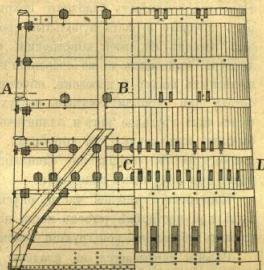
Инженеръ Бреннеке, въ своемъ сочиненіи рекомендуетъ слѣдующую конструкцію деревянныхъ кессоновъ (черт. 243). Вертикальная стѣнка состоитъ изъ консолей, образуемыхъ вертикальными стойками *A* и подкосами *B*. Между консолями заложены потолочные поперечные балки *E, F, G*, между которыми расположено два слоя балокъ продольныхъ. Пространство между балками *E* и *E*, обнимающими консоль *AB*, заполняется брускомъ *C*. Брусы *C* и *E*, непрерывно сѣдя одинъ за другимъ, образуютъ сплошной потолокъ кессона. Стойки *A* и подкосы *B* обшиваются снаружи досками. Нижняя часть обшивки обивается желѣзомъ,

образуя ножъ. Всѣ промежутки между стойками, подкосами и балками заливаются бетономъ.

Основная идея кессона Бреннеке осуществлена инженеромъ Кнорре въ его деревянныхъ кессонахъ, употребляемыхъ на Сибирской ж. д. У инженера Кнорре стойки состоятъ изъ парныхъ брусьевъ, по серединѣ которыхъ зажаты какъ подкосы, такъ и поперечные



Черт. 244.



Разрѣзъ по АВ.
Разрѣзъ по СД.
Черт. 245.

потолочные балки (черт. 244). Въ промежутки между стойками, входящими въ составъ консолей, инженеръ Кнорре располагаетъ вертикальные брусы, благодаря чему вѣтвистая стѣнка представляетъ собой сплошной рядъ брусьевъ и не нуждается въ обшивкѣ. Брусы, образующіе вѣтвь стѣнки кессона, инженеръ Кнорре продолжаетъ значительно выше потолка рабочей камеры и тѣмъ образуетъ надъ

нею понтонъ. Для жесткости понтона между его стбиками расположено нѣсколько рядовъ связей (черт. 245).

Каменные кессоны отличаются отъ желѣзныхъ и деревянныхъ тѣмъ, что не имѣютъ балочного покрытия для образования потолка, роль котораго играетъ купольный сводъ. Такимъ образомъ, каменный кессонъ по своей конструкціи отличается отъ опускныхъ колодцевъ, имѣющихъ то же очертаніе въ планѣ, только присутствіемъ желѣзныхъ шахтъ и плюзовъ, обусловливающихъ возможность работать при помощи скатаго воздуха. Каменные кессоны могутъ имѣть какъ круговое такъ и эллиптическое основаніе, кривая свода бываетъ или кругъ, или коробовая. Куполь основаніе на желѣзномъ рѣзѣ, совершеніе одинаковою съ рѣзами, употребляемыми при опускныхъ колодцахъ.

Конструкція нижней части опускныхъ колодцевъ, употребленныхъ при постройкѣ устоевъ моста на р. Быкъ (черт. 199), можетъ служить образцомъ конструкціи каменныхъ кессоновъ.

Рѣзецъ связывается стъ кладкою кессона тѣжами, служащими также и для подѣски всего каменнаго кессона къ подмостямъ.

Кружала, служащія для кладки купольнаго свода, иногда дѣлаютъ желѣзныя. Для придания куполу большей жесткости, его можно оставлять на кружалахъ на все время погружения кессона въ землю.

Шахты и плюзы. Шахты обыкновенно дѣлаются круглого сѣченія или круглого съ прямымъ вставками (черт. 246). Постѣднаго вида шахты употребляются въ томъ случаѣ, когда подниманіе нагруженныхъ бадей съ землею и опусканіе порожнихъ производится одновременно помощью одного ката, перекинутаго черезъ вальцы, помѣщенный въ плюзѣ. Иного эта форма придается шахтѣ для того, чтобы при движѣніи бадей могли по такимъ шахтамъ подниматься или опускаться рабочіе. При большихъ работахъ, для подъема грунта и передвиженія рабочихъ, обыкновенно дѣлаются отдѣльныя шахты и плюзы. Наконецъ, встрѣчаются еще парные шахты, изъ которыхъ одна служитъ для спуска рабочихъ, а другая для подъема земли и сбросыванія въ кессонъ камня.

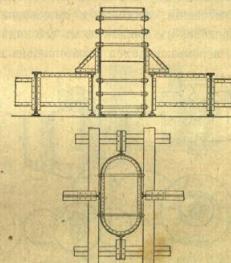
Диаметръ шахты, для удобства движения въ ней, долженъ быть не менѣе 0,4 саж. Шахты большаго диаметра были употреблены, напримѣръ, при сооруженіи моста черезъ р. Миссисипи у St.-Louis;

диаметръ ихъ былъ 3,05 шт., и въ нихъ помѣщалась винтовая лѣстница. Отдельныя звенья шахты имѣютъ длину 1—2 саж. и соединяются между собою внутренними фланцами изъ углового желѣза*). При соединеніи отдѣльныхъ звеньевъ другъ съ другомъ, между ними прокладывается гуттаперка или проволочная сѣтка, смазанная суриковою замазкою. Соединеніе производится помошью болтовъ. Въ каждомъ звенѣ шахты помѣщается звено вертикальной лѣстницы.

Шахты дѣлаются изъ котельнаго желѣза, толщиной около 10 мм. Если сбаченіе шахты круговое съ прямыми вставками, то для придания ей большей жесткости пользуются распорными болтами (черт. 246), которые служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ и ступенями двухъ лѣстницъ. Распорные болты дѣлятъ шахту на три части, изъ которыхъ средняя назначается для движения рабочихъ, а крайнія—для перемещенія бадей или ведерь съ грунтомъ.

Если плюзъ помѣщается наверху шахты, то наибольшее внутреннее давленіе испытываетъ верхняя часть шахты, такъ какъ въ нижней части это давленіе частично уравновѣшивается давленіемъ воды, проникающей черезъ кладку къ наружнымъ стѣнкамъ шахты. Если плюзъ снять или помѣщается внизу шахты, то наибольшее давленіе испытываетъ нижняя часть шахты отъ напора воды снаружи.

Шахта прикрѣпляется къ поперечнымъ и продольнымъ балкамъ потолка кессона помошью кронштейновъ. Отверстіе шахты у по-



Черт. 246.

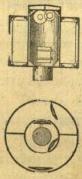
*). При устройствѣ парныхъ шахтъ, звенья шахты, предназначаемой для подъема земли и сбросыванія камня, соединяются между собою при помощи фланцевъ наружныхъ, такъ какъ внутренніе могли бы мѣшать работѣ.

толка кессона на время нарацивания шахты запирается снизу особым клапаном.

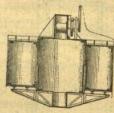
Что касается шлюзов, то их в настоящее время имеется множество различных типов, более или менее совершенных.

Главнейшими достоинствами шлюза считаются: большая пропускная способность, т. е. возможность в определенное время пропускать через шлюз большое количество земли и притом с наименьшими потерями в работе, малая тратя скатого воздуха при шлюзовании, легкость и дешевизна. Первоначальный тип шлюза Трижера, в современном его виде, может быть назван шлюзом с перемежающимся шлюзованием или однокамерным. В шлюзах этого типа земля из кессона доставляется в шлюз и, когда ее собирается достаточное количество, сообщение с шахтой прекращается, и грунт извлекается из шлюза. При этом теряется значительное количество скатого воздуха, который находится в шлюзе, и работа подъема земли в этот шлюз прекращается.

Для возможности непрерывной работы шлюза, т. е. одновременной нагрузки его землею, поднимаемой из кессона, и опорожнения шлюза от прежде поднятой земли, перешли к так называемым многокамерным шлюзам (черт. 247 и 248). Шлюзы этого типа отличаются от однокамерных тем, что грунт, поднимаемый из кессона, складывается в особые камеры, которые могут быть герметически заперты и, таким образом, разобщены от центральной части шлюза, сообщающейся с шахтой; опорожнение наполненных грунтом камер происходит в то время, когда другая камера наполняется землей из кессона, так что шлюзованием идет попеременно то из одной, то из другой камеры. Количество тягового воздуха в таких шлюзах значительно меньше, чем в однокамерных, и зависит от степени возможного наполнения землей камер. Шлюзы этой системы, по сравнительной простоте своего устройства и значительной пропускной способности, могут быть сочтены за наиболее экономичные.



Черт. 247.



Черт. 248.

Для возможности непрерывной работы шлюза, т. е. одновременной нагрузки его землею, поднимаемой из кессона, и опорожнения шлюза от прежде поднятой земли, перешли к так называемым многокамерным шлюзам (черт. 247 и 248). Шлюзы этого типа отличаются от однокамерных тем, что грунт, поднимаемый из кессона, складывается в особые камеры, которые могут быть герметически заперты и, таким образом, разобщены от центральной части шлюза, сообщающейся с шахтой; опорожнение наполненных грунтом камер происходит в то время, когда другая камера наполняется землей из кессона, так что шлюзованием идет попеременно то из одной, то из другой камеры. Количество тягового воздуха в таких шлюзах значительно меньше, чем в однокамерных, и зависит от степени возможного наполнения землей камер. Шлюзы этой системы, по сравнительной простоте своего устройства и значительной пропускной способности, могут быть сочтены за наиболее экономичные.

Дальнейшее усовершенствование шлюзов заключается в устройстве излишней перегрузки земли, неизбежной при шлюзах много-камерных; достигается это тем, что шлюзуется каждая отдельная бадья, как только она поднята в шлюз. Примером такой конструкции может служить шлюз Filleul'a, употребившийся им в 1873 году при сооружении моста через реку Дунай, на Будапештской соединительной ветви.

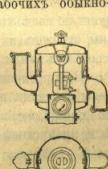
На чертеже 249 показан пример шлюза с двумя трубчатыми камерами, из которых одна служит для высыпывания из шлюза земли, а другая — для доставки в шлюз материалов, необходимых для заполнения рабочей камеры.

Для шлюзований рабочих обычно-венно пользуются тремя же камерами, которыми служить для земли, но иногда для этого устраивают отдельную камеру или, как упомянуто выше, отдельные шлюзы.

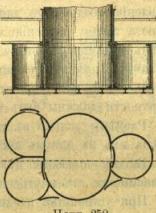
Шлюзы обычно-венно располагаются наверху шахт, хотя

есть несколько примеров расположения их внизу, над потолком кессона и даже в самом кессоне. Къ последней категории шлюзов относится, между прочим, шлюз моста через реку Миссисипи у St. Louis, шлюз East-Riverского моста, моста Императора Александра II въ С.-Петербурге (черт. 250) и некоторые другие.

Шлюз моста Императора Александра II состоялъ из центральной открытой шахты и трех шлюзовых камер. Земля из шлюзов выгружалась на дно шахты, а оттуда поднималась въ бадьях. Преимущество нижних шлюзов заключается въ меньшем расходѣ скатого воздуха, большемъ удобствѣ и дешевизнѣ подъема земли въ открытой шахтѣ, особенно, если подъема производится вручную (меньше утомляются рабочие), въ устраненіи необходимости снимать шлюз для нарацивания шахты; наконецъ, въ возможности наблюдать, черезъ специальную устроенную окна, за ходомъ работъ въ ка-



Черт. 249.



Черт. 250.

мерѣ, не входа въ нее, а слѣдовательно оставалась при атмосферномъ давлении. Къ недостаткамъ такого расположения шлюза надо отнести возможность затопленія шахты водою, что, впрочемъ, имѣть серьезнѣйшее значеніе только въ томъ случаѣ, если нижніе шлюзы служатъ для шлюзованія рабочихъ, какъ это имѣло мѣсто въ кессонахъ East-River'скаго моста. Нижніе шлюзы по окончаніи работъ болѣею частью остаются въ кессонѣ, а потому они служатъ только на одинъ разъ, тогда какъ верхніе шлюзы могутъ служить при опусканіи нѣсколькихъ кессоновъ.

Легкость, а съ нею и дешевизна шлюзовъ зависитъ отъ его конструкціи. Такъ какъ шлюзъ подвергается значительному внутреннему давлению воздуха, то, для лучшаго сопротивленія стѣнокъ и потолка шлюза такому давлению, слѣдуетъ имѣть возможности избѣгать плоскихъ стѣнъ и днищъ. Поэтому стѣны шлюзовъ въ большинствѣ случаевъ дѣлаются цилиндрическими, потолокъ же и полъ выходитъ дѣлать коническими или шаровыми^{*)}. Въ противномъ случаѣ плоскія поверхности должны быть усилены углками противъ прогиба.

Размѣры шлюзовъ въ планѣ опредѣляются въ зависимости отъ числа ихъ на одномъ кессонѣ пропускной способности каждого.

Высота шлюзовъ дѣлается 1—1,25 саж. Толщина стѣнокъ, въ зависимости отъ внутрен资料的 давления,—около 10 см.

При устройствѣ входныхъ дверей слѣдуетъ стремиться къ возможной ихъ непріицаемости, для чего обикновенно служатъ проходы изъ гуттаперчи. Двери встрѣчаются различныхъ конструкцій; обыкновенно—вращающіяся на вертикальныхъ петляхъ, хотя дѣлаются также и откидныя въ вертикальной плоскости, уравновѣшиваемыя особыми противовѣсами, задвижками.

Для освѣщенія шлюза, въ потолкѣ его устраиваются небольшія окна, снабжаемыя толстыми стеклами.

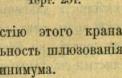
Конструкція крановъ для сообщенія шлюза съ шахтою и наружнымъ воздухомъ показана на черт. 251. Часто шлюзы снабжаютъ кранами двухъ размѣровъ: большиими—для пользованія при шлюзованіи грунта и малыми—при шлюзованіи рабочихъ. Размѣромъ крана обусловливается продолжительность уравнивания давления воздуха шлюза съ кессонными или наружными. При недостаточномъ надзорѣ

^{*)} Существуютъ шлюзы и правильной шаровой формы.

за рабочими, послѣдніе, при выходѣ изъ кессона, съ цѣлью ускоренія шлюзованія, часто пользуются большиими кранами, что представляетъ серьезную опасность для здоровья и жизни рабочихъ. Съ цѣлью предотвращенія этой опасности, въ послѣднее время большиіе краны, служащіе при шлюзованіи грунта, стали устраивать такимъ образомъ, что шлюзующіеся рабочіе пользоваться ими не могутъ, а именно: рукотяку отъ крана, служащаго для выпуска сжатаго воздуха изъ внутренней камеры шлюза (непосредственно сообщающейся съ шахтой) въ наружную, располагаютъ спаружи шлюза, а рукотяку отъ крана, служащаго для выпуска сжатаго воздуха изъ наружной камеры, располагаютъ во внутренней камерѣ шлюза. При такомъ расположении крановъ, рабочій, войдя въ камеру шлюза, поневолѣ долженъ пользоваться единственнымъ, находящимся въ его распоряженіи, малымъ краномъ. Большиіе краны при этомъ ихъ расположениіи открываются и закрываются особыми рабочими, распоражающимися шлюзованіемъ грунта. Малый кранъ, предназначаемый для шлюзованія рабочихъ, располагаютъ внутри наружной камеры. Отверстію этого крана даютъ также размѣры, при которыхъ продолжительность шлюзованія не можетъ быть менѣе пѣктораго безопаснаго минимума.

На шлюзѣ обыкновенно помѣщается манометръ. Полезно на шлюзѣ имѣть предохранительный клапанъ, нагруженный соотвѣтственно глубинѣ погруженія кессона, особенно, если проходимы грунты плотнѣе и не позволяютъ лишнему воздуху уходить изъ кессона.

Черт. 251.



Прииспособленіе для подъема земли изъ кессоновъ и спуска въ нихъ строительныхъ материаловъ для заполненія камеры. Норія, употребляемая Fleur-Saint-Denis для подъема грунта изъ-подъ кессоновъ Кельскаго моста, представляеть собою, въ теоріи, наиболѣе совершенный приборъ для подъема грунта изъ кессона, не требующій никакого расхода сжатаго воздуха, неизбѣжнаго при его шлюзованіи. Однако, на практикѣ, способъ этотъ оказался далеко неудовлетворительнымъ и даже опаснымъ для рабочихъ. Дѣйствительно: при большихъ и вязкихъ погруженіяхъ кессона въ грунтъ, открытая шахта съ норією врѣзалась въ него;

случалось, что цепи порт рвались, встречившись сразу сильное сопротивление грунта; исправление порт въ открытой шахте, наполненной водою, стоило больших трудов и издержек; работа при этом, неминуемо, должна была прерываться. Открытая шахта с портюю представляет еще одно неудобство: черпаки, поднимая землю, захватываются съ собою частью воды изъ открытой шахты, чѣмъ понижается ея уровень и уменьшается давленіе внутри шахты. Наружное давленіе воды, а съ нимъ и сжатаго воздуха въ кессонѣ, получаетъ перевѣсъ надъ давленіемъ воды въ шахтѣ, вслѣдствіе чего можетъ послѣдовать выбрасываніе воды изъ открытой шахты. Въ предупрежденіе такого выбрасыванія слѣдуетъ прыливать воду, взамѣнъ подицать портюю, и поддерживать горизонтъ ея немногимъ выше уровня воды въ рѣкѣ. При сооруженіи East-River'скаго моста, во время перерыва работы послѣдовало выбрасываніе воды изъ открытой шахты, несмотря на то, что во время работы вода въ шахтѣ постоянно пополнялась. Объяснить это явленіе можно тѣмъ, что во время перерыва работы было прекращено и пополненіе въ открытой шахтѣ воды, которая стояла ниже, чѣмъ въ рѣкѣ, но уравновѣшивала давленіе воздуха въ кессонѣ, будучи тажелѣе чистой рѣчной воды, такъ какъ въ ней плавали частицы земли; когда же вода въ шахтѣ, во время прекращенія работы, успѣла отстояться, землистыя частицы опустились на дно рѣки, вода стала легче и предстала уже меньшее сопротивление сжатому воздуху внутри кессона. Слѣдѣствіемъ этого было то, что вся вода изъ шахты была выброшена, сжатый воздухъ успѣлъ черезъ открытую шахту, и кессон сразу погрузился въ грунтъ на 0,25 саж.

Послѣ этого случая уже не встрѣчается болѣе употребленія открытыхъ шахтъ. Портъ же примыкаются по прежнему, но уже въ закрытыхъ шахтахъ; при этомъ шлюзъ дѣлается многокамернымъ, центральная его часть остается въ постоянномъ сообщеніи съ шахтой, и земля выгружается предварительно въ шлюзныя камеры.

Въ кессонномъ дѣлѣ нормами зачастую пользуются собственно не для подъема грунта, а только для подъема его въ шлюзъ. Въ такихъ случаяхъ портъ представляеть собою или резиновую ленту съ прикрепленными къ ней желѣзными черпаками (черт. 252), обрачивающуюся около двухъ барабановъ: одного—расположеннаго вверху шлюза, а другого—въ рабочей камераѣ, или же—парную

цепь съ цѣльмы радомъ соединительныхъ болтовъ, на которые можно подвѣшивать ведра, наполненные грунтомъ (черт. 253). Роль такой портъ можетъ играть канатъ или цѣльма, приводимая въ движение единственнымъ шкивомъ въ шлюзѣ. Въ этомъ случаѣ земля поднимается въ мѣшкахъ, приспособляемыхъ къ канату веревочкою петлею, а къ цѣльми—помощью крючка.

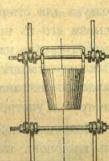
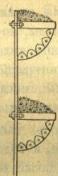
Весьма употребителенъ также способъ подъема грунта въ бадыхъ, подвѣшеннѣхъ веревкою къ вороту или блоку, расположенному въ шлюзѣ. При этомъ, съ цѣльмъ выигрывши во времени, обыкновенно для подъема грунта употребляются двѣ бады, привязанные къ одному канату; когда одна бадь, нагруженная, поднимается, другая, погруженная, опускается.

Валь отъ барабана или шкива, приводящихъ въ движение ту или иную портъ, выводится изъ шлюза внаружу и на него надѣвается шкивъ для проводочного каната, передающаго работу двигателя, устанавливаемаго обыкновенно на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи отъ кессона. Чѣмъ больше это разстояніе, тѣмъ покойнѣе происходитъ передача работы, тѣмъ менѣе расходуется шахта.

Иногда для приведенія въ движение портъ пользуются двигателями, помѣщающимися въ шлюзѣ и работающими сжатымъ воздухомъ, который берется или изъ воздухонпровода или непосредственно изъ шлюза. Послѣднее удобѣѣ въ томъ смыслѣ, что при этомъ попутно производится вентиляция кессона. Въ послѣднее время стали пользоваться и электродвигателями.

Вообще, очень сложныя и дороги приспособленія для подъема грунта оказываются не экономичными, такъ какъ никогда не приходится утилизировать ихъ полную подъемо-способность вслѣдствіе того, что подъемка грунта обыкновенно сильно отстаетъ отъ его подъемки.

Для подъема рыхлого песку и легко размываемаго грунта употребляются воздушныя и водяныя трубы или сифоны.



Черт. 253.

Сифоны представляют собой обыкновенные железные трубы, диаметром 2—4 дм., идущие от низа кессона через кладку вверх. У нижнего конца трубы имеется крылья. Мелкий песок скребется около устья трубы в кучи или собирается в парочко поставленные подъ трубы бочечки. Когда крань открыт, сжатый воздух устремляется вверх по трубе и захватывает с собою песок. При опускании East-River'ского моста, при глубине 18,3 м. подъ водой, при давлении воздуха 1,96 кгт. на 1 кв. см., трубы диаметром 90 мм. выдували около 23 куб. метр. песка в часъ, т. е. замѣнили работу 14 людей. При большей глубинѣ диаметр трубок былъ уменьшено до 51 мм. Пытались воспользоваться этой струею воздуха для отведения песка и по горизонтальному направлению и ссыпки его въ шаланды, но это оказалось невозможнымъ: угловыя колбина трубы, имѣній толщину стѣнокъ даже въ 48 мм., черезъ неѣсколько часовъ протиралась насквозь. Только гранитными плитами, наклонно поставленными, могли отклонить песчаную струу. Подобныхъ же трубы употреблялись и при работахъ моста Имп. Александра II.

Помощью сифоновъ, какъ сказано было уже ранѣе, удаляется изъ кессона также и вода, если она не проникаетъ въ грунтъ. Бодо, этомъ можно также воспользоваться и для подъема грунта. Были случаи доставления въ кессонъ воды со специальною целью пользоваться ею для работы сифона.

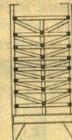
Для опускания въ камеру раствора, камня или бетона, обыкновенно пользуются тѣмъ же самыми бадьями, которыми служатъ и для подъема грунта.

Большими бадьями часто пользуются и для спуска и подъема рабочихъ. Рабоѣ поднимаются иногда въ шлюзе, держась за движущійся канатъ или цѣль. Послѣдній способъ передвиженія далеко не безопасенъ.

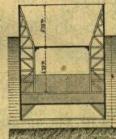
ПОНТОНЪ И ОБШИВКА. Иногда, какъ увидимъ ниже, оказывается невозможнымъ вести работы такимъ образомъ, чтобы каменная кладка сверху кессона всегда выступала надъ поверхностью воды. Для облегченія работъ въ такихъ случаяхъ устраивается надъ кессономъ понтонъ или желѣзная перемычка, составляющая продолженіе стѣнъ кессона. Но мѣръ опускания кессона перемычка напрягается. Въ такихъ понтонахъ горизонтъ кладки обыкно-

венно не особенно разнится отъ горизонта воды. Когда кладка начинается послѣ значительного погруженія кессона въ воду, при чёмъ понтонъ, защитая кладку, служить въ то же время и для поддержания кессона на водѣ, то противъ сматки стѣнокъ понтона приходится принимать особымъ мѣры. Въ такихъ случаяхъ стѣнки понтона укрѣпляются вертикальными брусьями, подщерпами рядами горизонтальныхъ распорныхъ рамъ (черт. 254 и 255), а при большой высотѣ понтоновъ—деревянными или желѣзными вертикальными формами и рядами горизонтальныхъ балочекъ. На чертежѣ 256 представлена понтонъ кессона бывшаго моста Импера- тора Александра II въ С.-Петербургѣ.

Обыкновенно всю та часть кладки надъ потолкомъ кессона, которая впослѣдствіи должна очутиться подъ землею, ведутъ по понтонѣ, не смотря на то, что потребность въ понтонѣ вовсе не вызывается условіями погруженія кессона. Пользованіе понтономъ въ такихъ случаяхъ облегчаетъ погруженіе кессона въ землю (уменьшить трение о



Черт. 254.

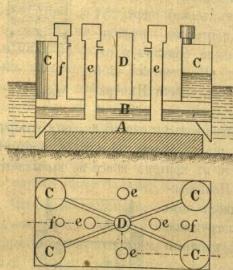


Черт. 256.

грунтъ) и обезпечить кладку отъ разрыва. При такомъ назначеніи понтона, его называютъ *общинкою* кладки. Ввиду сравнительной дорожности желѣза, въ подобныхъ случаяхъ иногда довольствуются обшивкою кладки досками и даже одною только ею штукатуркою.

Съемные кессоны или ящики. Хотя любой желѣзный кессонъ, взятый въ отдѣльности или въ связи съ понтономъ, можетъ, въ случаѣ надобности, быть употребленъ въ качествѣ кессона съемнаго, подѣснаго или плавучаго, однако удобнѣе пользоваться кессонами, специально для этого построеннымъ. Такіе кессоны отличаются отъ обыкновенныхъ только тѣмъ, что надъ потолкомъ рабо-

чей камеры располагается особая герметически запирающаяся камера, называемая уравнительной и служащая для изменения общего вѣса кессона. Это изменение достигается тѣмъ, что уравнительная камера может наполняться по желанию или водою или воздухомъ. При наполненіи камеры водою, кессонъ тонетъ, при наполненіи же ее воздухомъ—онъ вслѣдствіе этого плаваетъ. Изменяя количество воды въ уравнительной камерѣ, можно заставить кессонъ плавать на любой глубинѣ отъ поверхности воды.



Черт. 257.

Для придания съемному кессону большей устойчивости, на дѣлѣ уравнительной камеры укладывается слой балласта изъ чугунныхъ баллоновъ. Во избѣженіе вредныхъ для устойчивости кессона перекатываний воды съ одного конца уравнительной камеры въ другой, послѣднюю полезно раздѣлить перегородками на нѣсколько отдѣльныхъ частей.

Въ мѣстностяхъ съ значительнымъ колебаніемъ горизонта воды, для придания кессону неподвижности пользуются сверхъ чугунного балласта еще дополнительными водяными, помѣщаемыми въ особыхъ открытыхъ резервуарахъ. Такъ, въ съемныхъ кессонахъ, работавшихъ въ Марсельскомъ порту, для помѣщенія дополнительной водной нагрузки, у четырехъ угловъ кессона были расположены четыре вертикальные открытые сверху цилиндра, сообщавшіеся при помощи трубъ съ такимъ же цилиндромъ, поставленнымъ по серединѣ кессона. Измененіемъ количества воды въ отдѣльныхъ цилиндрахъ можно достигать болѣе правильного положенія кессона на плаву. Распределеніе воды между этими четырьмя кессонами производится при помощи центробѣжного насоса, поставленного внизу средней пятой цилиндра.

На уровѣ шлюзовъ располагается настилъ, на которомъ помѣщаются машины, приводящіе въ движение насосы и подъемные механизмы шлюзовъ.

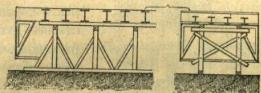
На черт. 257 показанъ схематический чертежъ плавающаго съемнаго кессона Марсельскаго порта.

<i>A</i> —рабочая камера;	<i>D</i> —цилиндръ съ насосомъ;
<i>B</i> —уравнительная камера;	<i>e</i> —шахты со шлюзами;
<i>C</i> —цилиндры съ водою;	<i>f</i> —шахты со шлюзами.

Производство кессонныхъ работъ. Кессонные работы можно подраздѣлить на нѣсколько отдѣльныхъ операций, каковы: сборка кессона, спускъ его на воду, погруженіе кессона въ землю, заполненіе рабочей камеры и шахтъ.

Сборка кессона, если мѣстность, где онъ долженъ быть погруженъ, не покрыта водою, производится на мѣстѣ погруженія. При мелкой водѣ для сборки кессона иногда насыпаютъ искусственный островокъ. Если мѣсто погруженія водою покрыто, то сборку кессона можно производить или на подмостяхъ, съ которыхъ онъ будетъ опускаться, или въ сторонѣ, на баркахъ или плотахъ. Въ послѣднемъ случаѣ собранный кессонъ доставляется къ мѣсту работы на тѣхъ же судахъ или плотахъ или же на плаву.

Для сборки кессона на землѣ спланировывается площацка, для сборки на подмостяхъ или на судахъ устраивается особая платформа. Гдѣ бы ни производилась сборка кессона, для самой сборки устраивается особая подмостки. Типъ такихъ подмостей показанъ на черт. 258. Подмости эти состоятъ изъ ряда стоечъ, несущихъ на себѣ два или три ряда продольныхъ брусьевъ, перекрытыхъ досками. Высота подмостей дѣлается нѣсколько выше внутренней высоты рабочей камеры, съ тѣмъ чтобы рабочіе удобно могли попадать во внутрь кессона во время его сборки. На досчатомъ настилѣ раскладываются листы потолочной подшивки и частью соединяются болтами, частью склеиваются между собою. Затѣмъ на подножиѣ устанавливаются поперечными и продольными балками и склеиваются



Черт. 258.

между собою и с листами подшивки. Послѣ этого прикрепляется обводный уголь (идущий по всему периметру потолка), консоли, и, наконец, вертикальная обшивка и ножки. Иногда сборку кессона ведутъ въ обратномъ порядке, а именно начинаютъ съ ножка и кончаютъ потолочными балками.

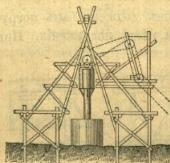
Всегда за скелетомъ кессона производится тщательная расчеканка всѣхъ заклепокъ и кромокъ листовъ, съ цѣлью достиженія большей непроницаемости. Какъ бы тщательна, однако, ни была сборка, скелета и расчеканка, для достижения полной непроницаемости кессона необходимо произвести смазку всѣхъ стыковъ и заклепокъ цементомъ. Смазка эта производится за 3—4 раза, сперва ссыпь-

жидкимъ цементомъ, а вт. концѣ болѣе или менѣе густымъ. Иногда по цементной смазкѣ производится еще смазка гравийнымъ саломъ. Для того чтобы цемент хорошо присталъ къ желѣзу, послѣднѣе должно быть покрыто слоемъ ржавчины. Ввиду этого кессонное же-лѣзо слѣдуетъ доставлять въ мѣсто работы безъ окраски. На потолокъ кессона наливается слой цементного раствора (1 : 1), толщиной 0,02—0,03 саж.

По окончаніи сборки кессона необходимо убрать изъ-подъ него подмостій. Если спускъ кессона будетъ производиться съ подмостій, то для уборки подмостій сборочныхъ кессоновъ подвѣиваются на пѣниахъ и поднимаются. Если спускъ будетъ производиться съ поверхности земли, то уборка подмостій производится путемъ постепенного выбиванія стоекъ и удаленія всѣхъ частей черезъ отверстіе шахты.

Надъ кессономъ, который предполагается спускать съ поверхности земли, устраиваются сравнительно легкія подмости для спуска и подъема шахтовыхъ трубъ и шлюзовъ. На черт. 259 показанъ образецъ такихъ подмостій.

Спускъ кессона на воду производится двояко, изъ зависимости отъ того, снабженъ ли кессонъ понтономъ или пѣть. Если понтона нѣть, то кладку надъ потолкомъ кессона ведутъ такимъ образомъ, чтобы верхня ед. поверхность всегда была выше воды. Въ этомъ случаѣ кессонъ необходимо опускать постепенно, по мѣрѣ возведенія



Черт. 259.

кладки, что и достигается спускомъ кессона на пѣниахъ. Если кессонъ снабженъ понтономъ, то кладку на потолокъ кессона или, что все равно, на дѣл понтона начинаютъ обыкновенно въ то время, когда кессонъ находится уже на плаву, т. е. когда онъ совсѣмъ спущенъ на воду. При такихъ условіяхъ кессонъ можно опустить въ одинъ прѣмъ.

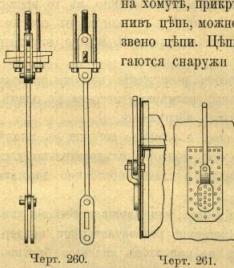
Выборъ того или иного способа погруженія кессона въ воду обусловливается, съ одной стороны, размѣрами кессона въ планѣ, съ другой,—глубиной воды на мѣстѣ погруженія.

Если глубина воды менѣе 2 саж. и размѣры кессона въ планѣ не велики, то можно обходиться безъ понтона, слѣдовательно, кессонъ постепенно опускать на пѣниахъ, а кладку постоянно держать выше горизонта воды.

Если же глубина воды болѣе 2 саж., или площадь кессона значительна, то хотя и можно, соотвѣтственно рассчитавъ цѣли, поддерживать кладку всегда выше воды, но при этомъ является болызая нагрузка и неравномѣрная осадка подмостій, а вмѣстѣ съ нею неравномѣрность въ распределеніи напряженій въ пѣниахъ, могущая повлечь за себѣ разрывъ цѣпей (одной за другую) и опрокидываніе кессона. Поэтому при опускании тяжелыхъ кессоновъ слѣдуетъ прибѣгать къ употребленію понтоновъ и веденію кладки ниже горизонта воды. Существование при кессонѣ понтона не исключаетъ возможности пользоваться и цѣпями для его поддержки въ водѣ. Въ этомъ случаѣ понтонъ даетъ возможность вести кладку ниже горизонта воды, и тѣмъ менѣе нагружать цѣпи, такъ какъ при этомъ объемъ самой кладки при извѣстномъ погруженіи кессона—менѣе, объемъ же воды вытесняемой кессономъ съ понтономъ, значительно болѣе, чѣмъ при опускании кессона безъ понтона.

Для спуска кессона на пѣниахъ устраиваются постоянные или плавучія подмости, на верхнемъ рядѣ брусьевъ которыхъ и располагаются гайки, чрезъ которые проходятъ винты, поддерживающие цѣпь. Прежде цѣпь дѣлали парникъ, но это представляло некоторыя неудобства;ѣйствительно, при употребленіи парникъ цѣпей, во время парашинанія одной изъ нихъ, является иное распределеніе нагрузокъ въ сопѣдніихъ пѣниахъ, вслѣдствіе чего всѣ цѣпь должны быть рассчитаны съ значительнымъ запасомъ прочности. Для достижениія экономіи въ размѣрахъ пѣниахъ и сокращенія числа ихъ, употребляютъ

типа цепи, показанный на чертеже 260. Такая цепь снабжена особою планкой, в которую можно забить клинь и подвесить цепь на хомутѣ, прикрепленномъ къ подмостямъ. Заклинивъ цепь, можно снять винтъ и прибавить новое звено цепи. Цепи дѣлаются съемными и располагаются снаружи или внутри обшивки. Если цепи



ки, задѣлываемыя въ потолокъ кессона (черт. 262). О степени равнотрѣсти натяжения цепи можно судить по звуку, какой она издаёт при ударѣ по нимъ молоткомъ.

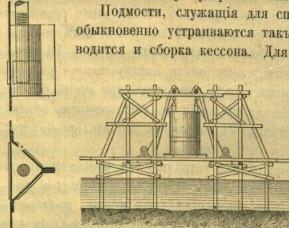
Подмости, служащія для спуска кессона на плавахъ, обыкновенно устраиваются такъ, что на нихъ же производится и сборка кессона. Для этого на нижнемъ ярусе

подмостей устраивается брускатая платформа, на которой ставятся сборочные подмости.

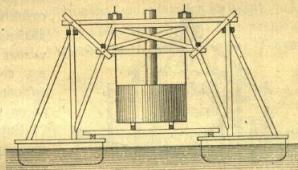
На черт. 263 показаны постоянные подмости, а на черт. 264— плавучія. Устройство постоянныхъ подмостей было уже объяснено

при описании работъ

по опусканию кессоновъ Кельского моста; въ настоящее время подмости устраиваются по тому же приблизительно типу, а потому распространяться о нихъ болѣе не будемъ.



Плавучія подмости состоятъ изъ двухъ или болѣе барокъ, соединенныхъ между собою балками, при чёмъ кессонъ помѣщается между этими бароками. На барокахъ устанавливаются подмости, состоящи изъ ряда жесткихъ фермъ, связанныхъ между собою продольными брусками и приведенныхъ въ треугольную связь. Подмости снабжаются всѣми нужными приспособленіями, каковы— подъемный кранъ и т. п. Плавучія подмости выголени въ рѣкахъ не-глубокихъ въ періодъ наибольшаго постояннства горизонта воды. Когда кессонъ врѣзается уже на достаточную глубину, вытрутъ, и подмости не связаны съ кессономъ, колебанія горизонта уже не имѣютъ серьезнаго вліянія на ходъ работы.

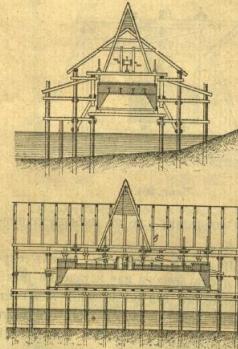


Кессонныя работы очень часто ведутъ зимою. Въ такихъ случаяхъ подмости, служащія для спуска кессона или установки шлюзовъ, обиваютъ досками и вѣйволокомъ для образования теплника, т. е. такого сараля, который можно отапливать, съ тѣмъ чтобы въ немъ вести каменную кладку. На черт. 265 показанъ попеченный и продольный разрѣзъ такого теплника при постоянныхъ подмостяхъ.

Послѣ сборки кессона и смазки его цементомъ, его подвѣшиваютъ къ подмостямъ, немного приподнимаютъ на плавахъ, разбираютъ сборочный подмостъ и брускатый настиль, на которомъ послѣдняго стояли, и затѣмъ начинаютъ спускъ кессона. Когда потолокъ кессона опустится на уровень ниж资料的 яруса подмостей, на немъ начинаютъ каменную кладку. По возведеніи кладки на высоту 0,5 саж., кессонъ опускаютъ еще на 0,5 саж. и т. д., повторяя такие спуски до тѣхъ поръ, пока кессонъ не перестанетъ быстро осѣдать въ мягкий напоносъ. По окончаніи такой осадки, слѣдуетъ цепи снять. По мѣрѣ погруженія кессона въ воду наращиваются шахты, когда же кессонъ станетъ на дно, устанавливаютъ шлюзы

и начинают нагнетать въ него воздухъ. Когда изъ кессона уже вытеснена вода, держать его на пѣнихъ не слѣдуетъ, такъ какъ случайное ослабленіе давленія воздуха въ кессонѣ можетъ вызвать сильное натяженіе и разрывъ какихъ-нибудь пѣней, вслѣдствіе чего кессонъ оседаетъ неравномѣрно и перекосится.

По вытѣсненіи изъ кессона воды, въ него спускаютъ рабочихъ, которые, прежде чѣмъ приступить къ отрывѣ земли, должны убѣдиться, не проходитъ ли утечка воздуха изъ кессона, и, въ случаѣ обнаруженія, приняться за ея устраненіе.



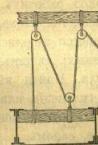
Черт. 265.

или къ толстымъ деревяннымъ обрубкамъ, загоняемымъ между этими балками въ 4—6 мѣстахъ, смотря по размѣрамъ кессона въ планѣ. Ввиду сравнительной легкости кессона съ частью понтоновъ (понтонъ парашитается постепенно, по мѣрѣ погруженія его въ воду), какъ не нагруженного каменными кладкою, его можно опустить на канатахъ. Для этого къ деревяннымъ обрубкамъ, загонямыми между балками кессона, привязываются толстые канаты, изъ которыхъ каждый пропускаютъ черезъ два блока, привязанныхъ къ подмостямъ, и черезъ одинъ, привязанный къ тому же обрублку (черт. 266). Свободные концы канатовъ наматываются на барабаны 4—6 лебедокъ.

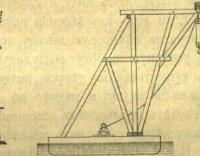
Сперва кессонъ немного приподнимаются, для уборки сборочныхъ подмостей и брускатаго настила, а затѣмъ потихоньку спускаютъ на воду, наблюдая за его горизонтальностью во время спуска.

Если сборка кессона съ понтономъ производится на гидравлическихъ докахъ, то для спуска его доки загружаются водою и тѣмъ погружаются въ воду настолько, чтобы собранный на нихъ кессонъ могъ всплыть.

Если сборка кессона съ понтономъ производится на судѣ, то для спуска кессона на воду иногда это судно потопляютъ. Потопленіе судовъ достигается нагрузкою ихъ камнемъ, а затѣмъ и водою. Тонущее судно рѣдко когда погружается въ воду сохраняя горизонтальное положеніе, а потому и погружающійся съ судномъ кессонъ сильно накрениается. Для того чтобы при такомъ кренѣ понтонъ не могъ зачерпнуть



Черт. 266.



Черт. 267.

воды и потонуть, стѣнки понтона дѣлаются возможно выше и, кроме того, понтонъ прикрываютъ сверху щарусомъ. Этимъ способомъ спускались на воду кессоны Волжского моста на Оренбургской же дорогѣ.

Для того чтобы плавающій въ водѣ кессонъ съ понтономъ занималъ опредѣленное мѣсто, его обвязываютъ канатами, которые и скрѣпляютъ въ постоянныхъ точкахъ на берегу или на баркахъ, которыми окружаютъ кессонъ и которыемъ закрѣпляютъ цѣлою системою якорей.

Рядомъ съ плавающимъ кессономъ становится судно съ подмостями, служащими для установки шахты шлюзовъ (черт. 267). На этомъ же судѣ или на другомъ устанавливаются воздуходувныя машины. Въ плавающемъ понтонѣ начинается каменная кладка, которая и ведется или равномерно по всей его площади или главнымъ образомъ по периметру, вдоль стѣнки понтона.

Для того чтобы понтонъ, нагруженный каменюю кладкою, обладалъ плавучестью, необходимо строго слѣдить за водонепрони-

паемостью потолка кессона и стынок понтонов. Ввиду этого первый слой кладки полезно заменять бетоном, приготовленным на жирном цементном растворе (1 : 1), и хорошо утрамбованым; швы понтонов смазывать цементом. В крайнем случае надо прибегнуть к усиленному водоотливу.

Когда плавающий кессон изъято из течки своего ножа косится дна, ускоряют каменную кладку, съ тѣм чтобы ускоренным погружением кессона в грунт предотвратить дальнѣйшій размытіи дна, происходящий под передними (обращенными к течению) концами кессона. Когда кессон достаточно врѣжется в грунт, изъ него выгнали воду и спускают рабочих.

Если вода изъ кессона вытесняется плохо, т. е. если рабочая камера на нѣкоторой высотѣ остается заполненою водою, несмотря на усиленную работу воздуходувных машинъ, то это указываетъ на существование утечек воздуха. Найти мѣсто большой утечки можно по звуку, а малой — отклоненію пламени свѣчи, которымъ проводятъ вдоль всѣхъ стыковъ. По обнаруженіи мѣстъ утечекъ ихъ замазываютъ сурниковомъ замазкою, саломъ.

Послѣ уменьшения фильтраціи дѣлаютъ новую смазку кессона цементомъ, а затѣмъ заполняютъ промежутки между консолями каменной кладкой. Послѣ этого изъ кессона можно вытеснить всю воду и приступить къ погружению его въ землю. Нѣкоторые строители предпочитаютъ погружать кессоны безъ заполненія промежутковъ между консолями кладкою, такъ какъ при этомъ гораздо удобнѣе слѣдить за степенью правильности ихъ погруженія.

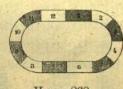
Погружение кессона въ землю. Прыемъ этой работы зависитъ отъ свойствъ грунта, черезъ который проходитъ кессонъ. Буреніе, производимое предъ погружениемъ кессона, не даетъ достаточно полныхъ сѣдѣній о составѣ грунтовъ и характерѣ ихъ залеганій, а потому во время самого погруженія необходимо производить постоянный изслѣдованій грунта по всему периметру кессона. Для такихъ изслѣдований можно пользоваться простымъ шупомъ, который можетъ свободно погружаться въ грунтъ на сажень и болѣе. При помощи щуна легко обнаружить отдельные камни, карчи, опредѣлить характеръ залеганія низкележащихъ слоевъ. Зная же съ какими препятствіями придется бороться, можно своевременно принять соответствія мѣры.

При прохожденіи грунта средней плотности, работа по его подканыванію производится слѣдующимъ образомъ: первоначально снимаютъ по всей площади кессона слой земли, толщиной 0,10—0,20 саж., оставляя неснятый полосу вдоль ножа кессона, шириной около 0,5 саж. Затѣмъ приступаютъ къ снятие этой полосы, для чего весь периметръ кессона раздѣляютъ на нѣкоторое четное число частей, напр. 12, и начинаютъ подрывать 1, 3, 5, 7, 9, 11-ую части, или отъ средины каждой такой части къ краямъ (по направленію ножа) (черт. 268). Когда эти части будутъ вырыты, кессонъ останется на выступающихъ частяхъ 2, 4, 6, 8, 10, 12. Такъ какъ площадь, на которой стоитъ кессонъ, постепенно уменьшается, а давленіе на кв. единицу становится болѣеѣ, то кессонъ постепенно врѣзается въ грунтъ. Части 2, 4, ..., 10, 12 подрываютъ отъ краевъ къ срединѣ. Обыкновенно не успѣваютъ снять этихъ частей, какъ кессонъ уже опускается на всю толщину снятаго слоя. Затѣмъ опять снимаютъ слой земли по срединѣ и т. д. Для опредѣленія границъ частей 1, 2, 3 — служатъ консоли кессона или особыя черты, наносимыя на стѣнки рабочей камеры.

Если плотность грунта не одинакова по всей площади кессона, то части 1, 2, 3, ..., въ той сторонѣ кессона, где встрѣчены болѣе плотный грунтъ, дѣлаются меньше такихъ же частей въ другой сторонѣ кессона съ болѣе мягкимъ грунтомъ.

Въ мягкихъ грунтахъ обыкновенно совсѣмъ не приходится подканывать землю подъ ножемъ, такъ какъ кессонъ самъ собою врѣзается въ нее. Въ такихъ случаяхъ землю отрываютъ только въ срединѣ площади, занимаемой кессономъ.

При быстрыхъ осадкахъ кессона, рабочая камера зачастую на половину и болѣе заполняется пескомъ. Объемъ песчанаго и илистаго грунта, вынимаемаго изъ кессона, иногда до 4 разъ пре-восходитъ объемъ кессона съ понтономъ. Ввиду того что кессонныя работы хорошо оплачиваются, бываютъ случаи, когда рабо-чіе стараются затянуть выгодную для нихъ работу и съ этой цѣлью искусственно увеличиваютъ притокъ грунта въ кессонъ, под-рывая мягкий грунтъ изъ подъ ножа. Ввиду этого полезно слѣ-дить за количествомъ грунта, проходящаго черезъ шлюзъ, съ тѣмъ



Черт. 268.

чтобы иметь возможность принять своевременно меры против злоупотреблений.

Иногда при мягком грунте и большой нагрузке кессона приходится принимать особые меры для предотвращения чрезмерной быстрой осадки кессона. Простейшее меры являются подкладыванием обрубков дерева под ножки, с целью увеличения площади передачи давления грунту. При постройке Литейного моста с того же целями под потолок кессона подводились деревянные клетки (черт. 269), а в кессонах, врезавшихся в грунт до самого потолка, оставляли часть грунта невымешаной, работая отдельными траншеями.

При прохождении плотной глины, зачастую приходится производить отрывку грунта не только вдоль всего ножка, но даже и вглубь кессона, с целью уменьшения площади соприкосновения его с глиной.

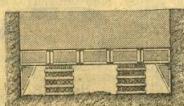
Такая подрывка вполне возможна, так как плотная глина водонепроницаема.

При прохождении грунтов скалистых, пользуются взрывами пороха или динамита, производя взрывы одинарно, а не сразу, во избежание больших колебаний давления воздуха.

При встрече больших камней, карчей и других тому подобных препятствий *) необходимо заблаговременно их разрушить или сдвинуть с пути кессона. Такое заблаговременное устранение препятствий возможно ввиду того обстоятельства, что в грунтах глинистых притока воды в кессон может и не быть, а в грунтах песчаных или иллистых скжатый воздух, выходящий из кессона, отгоняет из грунта воду в сторону, на аршин и больше, благодаря чему является возможность подрывки земли внутри кессона вести значительно ниже уровня ножки.

При значительной глубине погружения часто случается, что тре-

*) При постройке Кременчугского моста на Днепре один из кессонов опрокинулся и затонул. При погружении нового кессона взамен уточненного последний пришлось разрубить, что и было исполнено внутри кессона.



Черт. 269.

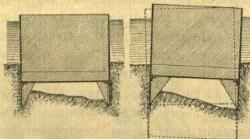
ние стыновок кессона и кладки о грунт вмѣстѣ съ давлением воздуха въ кессонѣ уравновѣшиваютъ вѣсъ цѣлого бика. Въ такомъ случаѣ дальнѣйшее погруженіе кессона прекращается. Для спуска застравившаго такимъ образомъ кессона иногда достаточно бываетъ уменьшить давление воздуха въ немъ. Въ грунѣ легко проникаемъ водою незначительное уменьшеніе давленія внутри кессона производитъ то, что въ камеру устремляется вода, размываетъ грунтъ подъ ножемъ и вдоль стѣнокъ и облегчаетъ погруженіе кессона. Въ грунтахъ плотныхъ оказывается необходимымъ болѣе значительное уменьшеніе давленія. Прѣдъ такимъ уменьшеніемъ давленія производить тщательную зондировку грунта около ножа кессона, иначе онъ можетъ наткнуться на какое-нибудь препятствіе и повредиться. Въ плотныхъ грунтахъ трудно ожидать сразу большого врѣзанія кессона въ неразрыхленный грунтъ, а потому обыкновенно предварительно вырывываютъ землю подъ ножемъ на глубину около 0,25 саж. и затѣмъ уже понижаютъ давленіе. Часто постепенное пониженіе давленія не оказываетъ никакого дѣйствія на погруженіе; въ такихъ случаяхъ осадку кессона производятъ пѣсколькими послѣдовательными быстрыми (форсированными) выпусками воздуха изъ камеры, играющими роль удара. Послѣ двухъ-трехъ такихъ ударовъ, слѣдующихъ одинъ за другимъ, кессонъ самъ продолжаетъ медленно садиться. При быстрыхъ пониженіяхъ давленія воздуха, въ кессонѣ образуется сильный туманъ, исчезающий немедленно постѣ возстановленія преж资料 давленія.

Если плотность грунта, въ которомъ остановился кессонъ, недипакова, причемъ внизу расположены грунты болѣе слабы, а кессонъ не имѣетъ понтоновъ или обшивки, то при осадкахъ, производимыхъ быстрымъ выпускомъ воздуха, можетъ произойти разрывъ кладки по горизонтальному направленію. Если трещины въ кладѣ не велики, ихъ можно залить жидkimъ цементнымъ растворомъ, въ противномъ случаѣ необходимо выломать поврежденные слои кладки и замѣнить ихъ новыми. Исправленія эти, ввиду значительной площади кладки въ планѣ и необходимости производить работу въ скажомъ воздухѣ, крайне затруднительны *), а потому слѣдуетъ прини-

*) При постройкѣ Киевского жел. дор. моста исправленіе разрыва одного изъ биковъ занялось 4 мѣсяца при работѣ днемъ и ночью.

мать мѣры противъ возможности разрыва. Къ такимъ мѣрамъ относятся: приданіе боковой поверхности надкессонной кладки нѣкотораго уклона, какъ это дѣлается при опускныхъ колодцахъ; облицовка кладки хорошимъ кирпичемъ, цементная штукатурка, обшивка кладки тонкими досками, соединеніе кладки съ кессономъ помощью же лѣзныхъ вертикальныхъ связей, употребленіе желѣзной обшивки.

Часто случается, что кессонъ при своемъ погруженіи отклоняется отъ вертикального направления. Исправленіе дѣлается усиленіемъ подрывки грунта у той части кессона, которая погрузилась меньше, и введеніемъ надъ этой частью кладки надъ потолкомъ на большую сравнительно высоту, чѣмъ на остальной площади. Наклонная поверхность каменного заполненія, промежутковъ между консолями играетъ въ этомъ случаѣ существенную роль, такъ какъ, съ прекращеніемъ подрывки грунта у наклонившейся стороны кессона, площадь подошвы этой части кессона, благодаря клиновидному



Черт. 270.

Черт. 271.

ной формѣ заполненія консоляй, — увеличивается (черт. 270), а вмѣстѣ съ тѣмъ и дальнѣйшее опусканіе этой части замедляется; въ же время подрывка земли у противоположной стороны кессона приводитъ его слова въ вертикальное положеніе. Кроме выправленія кессона, каменное заполненіе консоловъ даетъ возможность, въ случаѣ надобности, перемѣщать кессонъ и по горизонтальному направлению, пока глубина его погруженія не вселится. Дѣйствительно, опуская попрерывно то одну, то другую сторону кессона, можно передвинуть послѣдній на небольшое разстояніе (нѣсколько доймовъ) вправо или влѣво, какъ видно изъ чертежа 271. Такимъ образомъ заполненіе консоловъ кладкою даетъ возможность до нѣкоторой степени исправлять ошибки въ положеніи кессона. Иногда, впрочемъ, не удается выправить кессонъ, какъ это имѣло мѣсто, напримѣръ, при сооруженіи моста черезъ рѣку Вислу въ Варшавѣ, на соединительной вѣтви жел. дорогъ. При опускеніи кессона оказалось, что одною стороною онъ стоитъ на глини, а другою на

пескѣ. Глина не производила никакого бокового давленія на опускаемый кессонъ, песокъ же, напротивъ, производилъ такое давленіе, вслѣдствіе чего подъ кессономъ опускался по кривой въ сторону глины. Если выправить кессонъ не удается, то приходится ограничиться исправленіемъ надкессонной кладки, а именно соотвѣтственнымъ утолщеніемъ слоевъ кладки съ одной стороны быка отъ наклонныхъ плоскостей постелей перейти къ горизонтальнымъ.

Погруженій кессона въ землю продолжается до тѣхъ поръ, пока не встрѣтится такой слой грунта, на которомъ его можно безопасно поставить. Если такимъ группомъ служить скала, то для постановки на ней кессона достаточно выровнять подъ плоскость ту часть скалы, которая приходится подъ ножемъ. Выравниваніе это слѣдуетъ произвести путемъ снятія всѣхъ выступающихъ ударною или варьинкою работою. Если скала имѣетъ значительный уклонъ, такъ что для образования горизонтальной площадки подъ всѣмъ ножемъ нужно было бы сдѣлать очень большую выемку, то можно удовольствоваться постановкою на скалу только части ножа, а подъ другую часть вывести каменную стѣнку, которая должна быть основана на скалѣ. Стѣнку эту можно выводить по частямъ, въ ямахъ, вырытыхъ подъ ножемъ. Для уменьшенія притока воды въ эти ямы, ихъ обкладываютъ мѣшками, наполненными глиной.

Если кессонъ устанавливаютъ на глини или пескѣ, то подъ ножемъ полезно положить 2—3 ряда кирпича или постелистой плиты на цементномъ растворѣ. Еслибы оказалось, что грунтъ, до которого опущенъ кессонъ, слишкомъ слабъ, для того чтобы на немъ установить кессонъ, а дальнѣйшее погруженіе послѣд资料 не возможно, ввиду необходимости увеличить давленіе воздуха свыше 4 атмосферъ, то можно прибѣгнуть къ различнымъ способамъ передачи давленія кессона ниже лежащимъ слоямъ грунта, напр. занятьтъ подъ кессономъ сваи, опустить подъ ними рядъ колодцевъ, пользуясь механическимъ землечерпаніемъ и т. п.

Заполненіе рабочей камеры. Для заполненія употребляютъ бутовую или кирпичную кладку, бетонъ или песокъ.

Заполненіе кладкою производится по всей площади кессона до самаго потолка, отъ периметра къ шахтамъ. По мѣрѣ заполненія кессона и сокращенія фронта работы, число рабочихъ уменьшается и, наконецъ, остается одинъ или два. Когда работа въ узкомъ про-

странствъ становится уже невозможено, рабочие выходят из кессона, и оставшийся промежуток заполняется бетономъ. Во все время заполнения камеры продолжают нагнетание воздуха, во избѣжаніе размыва раствора водою, стремящимся въ кессонъ. Затѣмъ снимаются шлюзы, разбираются шахты, и пустоты въ кладкѣ заполняются бетономъ. Иногда, до приступа къ кладкѣ въ камерѣ, по всей плошади основанія кессона кладется слой бетона.

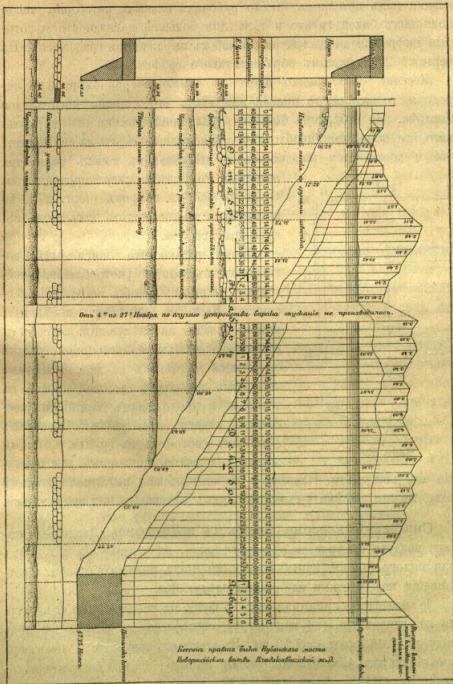
Заполненіе бетономъ производится слоями, причемъ для нижнихъ слоевъ бетонъ долженъ быть по возможности жидкій, если грунтъ не плотный, такъ какъ вода изъ такого бетона легко уходитъ въ землю. Заполненный бетономъ кессонъ съ плоскимъ потолкомъ въ верхней ихъ части крайне затруднителенъ и часто замыкается кладкою, которой гораздо удобнѣе заполнять всѣ пустоты. Заполненіе каменныхъ кессоновъ бетономъ не представляетъ никакихъ затруднений, вслѣдствіе привычки ихъ потолка. Для заполненія верхнихъ слоевъ нужно только употреблять болѣе жидкий бетонъ.

Растворъ и бетонъ доставляются въ кессонъ или въ готовомъ видѣ, или ихъ приготавливаютъ въ самомъ кессонѣ. Въ послѣднемъ случаѣ иногда приходится вмѣстѣ съ остальными материалами доставлять и воду, такъ какъ зачастую ей не оказывается въ кессонѣ. При постройкѣ моста черезъ Эльбу близъ Насенгейтъ для этой цѣли рыбы колодцы на днѣ кессона, но вода изъ нихъ скоро уходила въ грунтъ.

Наиболѣе дешевое заполненіе кессона—пескомъ, какъ это было сдѣлано, напримѣръ, при постройкѣ моста черезъ рѣку Миссисипи въ St-Louis. Кессонъ былъ наполненъ водой и въ нее всыпалъ песокъ, который, благодаря присутствію воды, могъ плотно улечься. Затѣмъ вода была вытѣснена и пустое пространство было заполнено бетономъ. Такое заполненіе можетъ быть со временемъ размыто, а потому въ такихъ случаяхъ лучше по дну кессона кладь слой бетона, около 0,25 саж. толщиною, и затѣмъ уже ссыпать песокъ.

Если грунтъ подъ кессономъ плотный, то, для экономіи въ материалаѣ для заполненія камеры, кессону даютъ врѣзаться въ грунтъ на сколько возможно и заполненіе начинаютъ съ поверхности грунта, попавшаго въ кессонъ.

При опусканіи кессоновъ ведется журналъ работъ, въ который заносятся слѣдующія данные: глубина погруженія кессона, высота



Черт. 272.

кладки надъ потолкомъ, число рабочихъ разныхъ категорий, число поднятыхъ бадей грунта и т. п. Для большей наглядности нѣкоторыя цифровыя данные журнала работъ выражаются графическимъ. На чертежѣ 272 показанъ образецъ такого графика.

Кессонъ обыкновенно идетъ въ землю не равномѣрно, то передняя, то задняя, то правая или левая его сторона погружается быстрѣе. Во избѣжаніи большихъ уклоненій кессона отъ нормалья его положенія, необходимо внимательно слѣдить за его ходомъ, что и достигается нивелировкою нѣсколькихъ точекъ периметра



Черт. 273.

Кромѣ только что описанныхъ, вошедшихъ въ общее употребленіе, существуютъ и иные способы погруженій кессоновъ. Какъ на одинъ изъ новѣйшихъ можно указать на слѣдующій кессонъ съ нѣкоторою частью надкессонной кладки опускается на щіяхъ на дно, падъ этимъ кессономъ опускаются съемный ящичекъ, въ которомъ и продолжаютъ веденіе надкессонной кладки, кессонъ же опускаются обычными способами въ грунтъ. Съемный ящичекъ сражаютъ понтоны для приданія ему плавучести. Накачиваясь въ понтоны или выкачивая изъ него воду, можно заставить съемный ящичекъ опускаться или подниматься.

Снабженіе кессона сжатымъ воздухомъ. Давленіе сжатаго воздуха измѣряется въ атмосферахъ, въ фунтахъ на кв. дюймъ или килогр. на кв. сантиметръ и высотахъ водяного столба. Соотношеніе между этими единицами слѣдующее:

1 атмосфера, принимая ее = 15 фунг. на кв. дм., = 0,952 килогр. на кв. сантиметръ (по манометру), соотвѣтствуетъ углубленію подъ воду въ 4,463 саж. = 9,52 мт. Въ круглыхъ цифрахъ: 1 атмосфера соотвѣтствуетъ 4,5 саж. погруженія въ воду, 1 саж. погруженія соотвѣтствуетъ $3\frac{1}{2}$ фунт. или 0,222 атмосферъ, 1 метръ погруж. = 0,1 кил. давленія.

По этимъ даннымъ не трудно опредѣлить величину потребнаго давленія воздуха при различнѣхъ погруженіяхъ кессона.

Въ плотныхъ глинистыхъ грунтахъ давленіе можетъ быть менѣе требуемаго глубиною погруженія, такъ какъ грунты представляютъ большое сопротивленіе прониканію воды внутрь кессона.

Въ рыхлыхъ песчаныхъ грунтахъ давленіе можетъ быть больше, причемъ излишній воздухъ будетъ уходить изъ-подъ ножа кессона и на некоторую глубину осушать грунтъ. Послѣднимъ, какъ сказано было выше, иногда приходится пользоваться для возможности производить подрывку грунта ниже уровня ножа. Излишня величина давленія невыгодна въ экономическомъ смыслѣ и напрасно затрудняетъ погруженіе кессона, а потому прилагать къ ней слѣдуетъ только въ случаѣ необходимости.

При опусканіи кессоновъ Роттердамского моста, по опложеніи машиниста, при глубинѣ погруженія кессона въ 14,5 мт., давленіе было доведено до 3 атмосферъ вмѣсто $1\frac{1}{2}$, соотвѣтствовавшихъ углубленію; вслѣдствіе этого кессонъ былъ поднятъ вверхъ на 0,13 мт.

Если нельзя бывать вытѣснитъ воду изъ кессона чрезъ грунтъ, то слѣдуетъ употреблять сифоны, о которыхъ было упомянуто выше.

Что касается количества сжатаго воздуха, нужнаго для кессонныхъ работъ, то оно зависитъ отъ расхода его при шахтованіяхъ, стечениіи непроницаемости грунта, кессона, шахтъ и шлюзовъ.

Кессоны жѣлѣзные и деревянные требуютъ вообще меньшаго количества воздуха, чѣмъ кессоны каменные. Съ увеличеніемъ глубины погружения кессона, расходъ воздуха на его утечку возрастаетъ. Количества воздуха, портящагося отъ дыханія рабочихъ и горнія лампы или свѣчъ, вообще бываетъ менѣе утечки.

Воздуходувныя машины располагаются или на особыхъ баркахъ или на берегу. Выгоднѣе употреблять большія машины для снабженія сжатымъ воздухомъ зарата нѣсколькихъ кессоновъ, чѣмъ для каждого кессона имѣть отдельныя.

Такъ какъ кессонныя работы производятся непрерывно днемъ и ночью, то на случай порчи машины всегда нужно имѣть запасную. Въ крайнемъ случаѣ лучше имѣть дѣй малыхъ чѣмъ единственную большую, съ тѣмъ чтобы, въ случаѣ порчи одной изъ нихъ, снабженіе кессоновъ воздухомъ не могло прекратиться сразу.

Машины должны забирать воздух не в томь помещени, въ которомъ они работаютъ, а снаружи, сѣйж, по возможности выше отъ земли, где онъ всегда гораздо чище. Иногда воздухъ фильтруютъ черезъ вату.

Воздухъ изъ машинъ направляется или прямо въ воздухопроводы, или сначала въ особый уравнительный резервуаръ, а изъ него уже въ воздухопроводы. При постройкѣ устройствъ устрашаются непрятаные для опущеній работающихъ въ кессонѣ толчки, повторяющиеся за каждымъ ходомъ поршня машины.

Сжатіе воздуха сопряжено съ повышеніемъ его температуры. Въ кессонѣ, для удобства работы въ немъ, температура должна быть не свыше $15-20^{\circ}$ R. Ввиду этого воздухъ, доставляемый въ кессонъ, надо охлаждать. Охлажденіе это дѣлается или внутри пистоннаго насоса, посредствомъ вѣртѣгія въ него водой, или вѣнѣ его. Зимою сжатый воздухъ успѣваетъ охлаждаться въ воздухопроводѣ;ѣтъ же съ этого цѣлы приходится принимать различныя мѣры. Такъ, если воздухъ поступаетъ въ уравнительный резервуаръ, то или этотъ постройдѣній помѣщаютъ въ ящикахъ съ постоянно вѣобновляемою водой или черезъ самыя резервуары по амбевику пропускаютъ холодную воду; если этого недостаточно, или, если уравнительного резервуара вовсе не употребляютъ, то воздухопроводные трубы обертиваютъ рогожами, паклей, тряпьевъ и постоянно поливаютъ водой. Въ жаркіе солнечные дни происходитъ значительное нагреваніе воздуха въ шлюзахъ. Для охлажденій шлюзовъ ихъ обиваютъ рогожами или соломенными цицтами, тоже обильно смачиваемыми водою. Зимою воздухъ въ шлюзахъ сильно охлаждается. Во избѣженіе простуды шлюзующихъ рабочихъ, шлюза иногда обогреваютъ паромъ.

Сжатый воздухъ доставляется къ кессонамъ по желѣзнымъ трубамъ. Чугунныя трубы по своей хрупкости не примѣнимы.

Если машины доставляютъ воздухъ заразъ пѣсколькими кессонами, а постройдѣніе находится на разной глубинѣ, то воздухъ сжимается до наибольшаго потребнаго давленія, а въ менѣе погруженныхъ кессонахъ пускается въ меньшемъ количествѣ, и ему предоставляется расширяться въ нихъ до соотвѣтствующаго глубинѣ погруженія давленія. Хотя при этомъ теряется затраченная на сжатіе воздуха работа, но зато достигается экономія на машинахъ, машинастахъ, топливѣ и т. д.

Сжатый воздухъ вводится обыкновенно въ шахту, въ верхнѣя части; но гораздо лучше устье воздухопровода помѣщать въ самому кессонѣ, съ тѣмъ чтобы доставлять рабочимъ наиболѣе сѣйжъ воздухъ. Устье воздухопровода должно засираться клапаномъ, открывющимся во внутрь кессона, для того чтобы, въ случаѣ порчи провода, клапанъ заперся самъ собою.

Если воздуходувныя машины достаточно сильны, сжатымъ воздухомъ съ удобствомъ можно пользоваться для приведенія въ движение подъемныхъ механизмовъ шлюзовъ.

Освѣщеніе кессоновъ. Шлюзы, какъ сказано выше, имѣютъ окна, а потому днемъ въ нихъ сѣйтъ; на ночь противъ оконъ ставятся фонари съ рефлекторами.

Освѣщеніе кессоновъ стеклянными сѣчами крайне неудобно и вредно: сѣчи горятъ тускло и сильно конятъ. Носящаясь въ воздухѣ копотъ понадаетъ въ ротъ, носъ и легкія рабочихъ, вызывая приажду, противное вкусовую ощущеніе. Насколько глубоко проникаетъ копотъ въ легкія, можно судить потому, что у кессонныхъ рабочихъ, при кашѣ, выдѣляется мократа окраиненая копотью въ черный цѣвѣтъ, даже черезъ 2—3 недѣли по выходѣ изъ кессона.

Освѣщеніе обыкновенными лампами можно считать удовлетворительнымъ, если принять мѣры къ удаленію продуктовъ горѣнія. При постройкѣ моста Императора Александра II, лампы помѣщались въ стеклянныхъ колпакахъ, прикрепленныхъ къ потолку кессона, какъ это дѣлается въ вагонахъ; продукты горѣнія отводились газовыми трубами въ шахту; воздухъ, нужный для горѣнія, доставлялся изъ кессона черезъ кранъ, имѣвшійся въ опраѣ колпаковъ.

При постройкѣ East-River'скаго моста кессоны освѣщались газомъ. Такое освѣщеніе, по яркости сѣга и отсутствию копоти, несравненно выше лампового, но воздухъ сильно нагревается, газовое пламя дрожитъ.

Идеальнымъ освѣщеніемъ кессоновъ оказывается электрическое, помошь лампочекъ накаливанія. Освѣщеніе кессона дуговыми лампами неудобно, всѣдѣствие того что оно даетъ очень густыя тѣни.

Полезно стѣны и потолокъ кессона окрашивать въ бѣлый цѣвѣтъ; этимъ достигается отраженіе отъ нихъ сѣга, тѣни становятся слѣдѣ, устраняется непрятная мрачность подземелья.

Условія безпосадності кессоннихъ работъ. Влініє сжатаго воздуха на чоловіка начинаєтъ сказыватсѧ съ первого же момента вступленія въ шлюзъ. По мѣрѣ возрастанія давленія начинетъ опущаться возвышеніе температуры воздуха, и появляется боль въ ушахъ, переходитъ въ сильную болоть какъ въ ушахъ, такъ и въ глазахъ. Обясняется это нарушениемъ равновѣсія между наружнымъ давленіемъ воздуха и давленіемъ воздуха, заключающагося внутри организма, напр. въ полости уха. Для восстановленія равновѣсія и облегчения боли въ ушахъ, слѣдуетъ въ это время или проглатывать слюну, или только подразглатывать глотательными движениями, или же, раскрыть широку ротъ, протяжно выкрикивать звукъ «а». При указаннѣхъ дѣйствіяхъ открывается проходъ (такъ наз. евстахіева труба), соединяющій полость рта съ полостью уха, и равновѣсіе давленія въ нихъ восстанавливается. При первомъ входѣ непривычного человѣка въ кессонъ, слѣдуетъ увеличивать давленіе воздуха въ шлюзѣ по возможности медленнѣ, сильнѣе лышать и, выдыхахъ воздухъ, закрывать нѣкоторое время ротъ и носъ. Надуваясь такимъ образомъ, можно также пропустить воздухъ силуо въ ушную полость и унять боль въ ушахъ; но для этой пѣли, все-таки, предпочтительнѣе употреблять указанные выше прѣемы. Въ случаѣ пасмора трудно провести воздухъ въ ушную полость, а потому съ насморкомъ лучше и не входить въ кессонъ. Бѣзъ этихъ предосторожностей, при быстромъ шлюзованіи, можно повредить барабанную перепонку и оглохнуть. Лицамъ непривычнимъ не слѣдуетъ долго оставаться въ кессонѣ. Кровообращеніе во время пребыванія въ сжатомъ воздухѣ усиливается, число ударовъ пульса увеличивается, професія обновленія крови ускоряется, кровь устремляется отъ поверхности тѣла къ внутреннимъ органамъ, появляется блѣдность, ослабляется слухъ и обоняніе; теплый и сырой воздухъ производить общее ослаблюющее дѣйствіе.

Выходное шлюзованіе, если и не вызываетъ новыхъ болѣзнейныхъ ощущеній, то представляетъ гораздо больше опасностей, чѣмъ шлюзованіе при входѣ. Уменьшеніе температуры съ понижениемъ давленія можетъ быть причиной простуды, лихорадки; быстрое шлюзованіе производить судорожное сердцебиеніе, кровоточеніе носомъ и ртомъ, изъ глазъ и ушей, одышку, переполненіе кровью мозга,

обмороки, параличное состояніе и смерть. Ввиду этого, выходное шлюзованіе должно производится еще медленнѣ, чѣмъ входное.

Лица, часто и подолгу остающіяся и работающія въ кессонахъ, подвергаются цѣльному ряду различныхъ заболѣваній, переходящихъ и въ хроническую форму. Всѣ виды этихъ заболѣваній, выываемыхъ всемъ совокупностью условій работы въ кессонахъ, въ настоящее время получили общее название «кессонныхъ болѣзней». Опасность шлюзованій и вообще временнаго вліянія на организмъ рабочихъ пребыванія въ кессонахъ давно уже обратили на себя вниманіе производителей работъ и администраціи и въ разное время въ разныхъ государствахъ появлялись чѣмъ или иными предложениями предосторожности при кессонныхъ работахъ.

Такія же предложенія, въ видѣ особыхъ правилъ, были изданы и нашимъ Управлѣніемъ Казенныx жал. дорогъ.

Въ настоящее время, этимъ серьезнѣмъ вопросомъ занялось Русское Общество Охраненія Народного Здравія, которое и выработало подробныя правила для предупрежденія кессонныхъ заболѣваній. Хотя правила эти еще и не получили правителѣственной санкціи, а потому не могутъ быть признаны общеизѣбязительными, чѣмъ не менѣе я считаю полезными привести ихъ здѣсь дословно, какъ соѣтъ строителямъ со стороны высокого авторитетнаго общества.

Вотъ эти правила.

1. Каждый рабочий, имѣющій спускаться въ кессонъ, обязанъ предварительно подвергнуться подобному медицинскому освидѣтельствованію кессоннымъ врачомъ, изъ чьемъ ему выдается удостовѣреніе.

2. Обязательное освидѣтельствование кессонныхъ рабочихъ должно производиться по крайней мѣрѣ два раза изъ мѣсяца, при чьемъ врачу предоставляется право, въ случаѣ надобности, перевозить ихъ временно на наружные работы.

3. Во время кессонныхъ работъ, при начальѣ и концѣ работы каждой ссыпки необходимо присутство врача. Всѣяго рода кессонная работы должны быть обеспечены достаточнѣмъ количествомъ врачей какъ для дневныхъ, такъ и ночныхъ сменъ рабочихъ, при чьемъ количествѣ врачей опредѣляется администраціей кессонныхъ работъ по соглашенію съ наименѣе мѣстнаго прачечнаго администраціею того підомства, по которому работы производятся.

Примѣненіе. Въ случаяхъ, если кессонная работы производятся не съ подрядомъ, а хозяйственнымъ способомъ, то количество врачей опредѣляется непосредственно выспечь центральнымъ учрежденіемъ здѣмствия, производящаго работы. При опредѣленіи количества врачей желательно руководиться чѣмъ, чтобы для количества рабочихъ не болѣе 50 человекъ, на доку каждого врача вынадало осмотрѣть не болѣе 2-хъ сменъ въ сутки.

4. В физиологических отношениях рабочий должен удовлетворять следующим требованиям: а) иметь от 20—45 л. ота руки; б) рост не менее 160 сант.; в) окружность груди приблизительно должна равняться половине роста при спокойном дыхании; а при полном вдохании и выдохании разница должна быть не менее 6 сант.; г) жизненная емкость легких должна быть не менее 3,000 к. с. при росте 160 с. и застыв, сообразно росту, увеличиваться; д) мускульная сила на спондомбр—не менее 150 кил.; е) все органы, а особенно—кровообращение и дыхание, должны быть безусловно нормальными и здоровыми. Всё необходимые инструменты и приспособления для определения здоровья рабочего должны быть на месте, доставляться кессоном по артиллерии и находиться в отдельном премюмом покое, обставленном достаточно количеством ванн и приспособлений.

5. Безусловно не допускаются к кессонным работам: изъевшие органические пороки сердца, атероматозные процессы в сосудах, органическая разрастательная дыхательных органов, как туберкулез и эмфизема; болезненность почек; ожирение. Одерганные катаром иссоготочного пространства, больные почками и болезньюшей временно не допускаются к кессонным работам до полного их выздоровления.

6. Лица в нетрезвом виде к спуску в кессон не допускаются.

7. Рабочие, спускающиеся в первый раз в кессон, не должны опускаться сразу на большую глубину, а должны предварительно подготовить свой организм к высокому давлению, т. е. начинать работу с малых давлений. Если имеется необходимость в принятии новых рабочих, то их следует предварительно подготовить, приводя, путем постепенного увеличения малых давлений, к высокому давлению.

8. Давление, которому может подвергаться кессонист, не должно превышать $4\frac{1}{2}$ добавочных атмосфер.

9. При входе в кессон, повышенное давление в шлюзах должно производиться с расчетом по следующей схеме:

1	атм.	3 м.
2	"	6 "
3	"	10 "
4	"	18 "
$4\frac{1}{2}$	"	21 "

10. При производстве кессонных работ в группе гравелестома и печатной относительно продолжительности работы за один раз к руководству, начальнику норма, должна быть принята следующая таблица (не считая времени пользования):

1	— 2	атм.	— 6 час.
2	— $2\frac{1}{2}$	"	— 5 "
$2\frac{1}{2}$	— 3	"	— 4 "
3	— $3\frac{1}{2}$	"	— 3 "
$3\frac{1}{2}$	— 4	"	— 2 "
4	— $4\frac{1}{2}$	"	— 1 "

Для грунта глинистого и вообще плохо дренирующегося естественную вентиляцию, время работы должно быть уменьшено по соглашению заведывающего кессонными работами с врачом при работах. Общее количество рабочих

часов не должно превышать 8 а в исключительных случаях—10 часов в сутки. Кроме того, для каждого рабочего необходимо иметь 1 раз в сутки по крайней мере 8-часовой бесприерывно днем и ночь, время суток на крайней мере 1½ сут. на отдых, с соблюдением очереди, по усмотрению кессонной администрации.

11. При кессонных работах, производимых бесприерывно днем и ночью, каждому рабочему ежедневнодается 1½ сут. на отдых, с соблюдением очереди, по усмотрению кессонной администрации.

12. Продолжительность пользования рабочими при выходе из кессона должна определяться по следующей таблице:

До 1	атм.	— 3 мин.
" 2	"	— 18 "
" 3	"	— 30 "
" 4	"	— 48 "
" $4\frac{1}{2}$	"	— 55 "

13. Обратное пользование может производиться изнутри или снаружи шлюза и всегда при наличии часов манометра. Необходимые для этого приборы должны быть в руках опытного рабочего, дежурника или надсмотрщика. При внутреннем хранении в шлюзе должны находиться часы и манометр. Если обыкновенно уменьшение давления производится спаружи, то снаружи, дает все же иметь и внутри шлюза приспособление для разрывления воздуха. Нельзя необходимости иметь автоматические краны; обязательны однако же регуляторы, которые можно служить таки, чтобы уменьшение давления производилось ст требуемой постепенностью.

Величина атмосферного давления и соответственное количество рабочих часов вычисляется при входе в кессон ежедневно, равно как фамилии лиц, спускающихся при каждой смене на работы.

14. Для удобства подачи первой помощи желательно располагать жилища рабочих возможно ближе к месту работы.

15. При найме рабочих им должны быть самыми точными образцами обличия кессонников в качестве явления, происходящий при входе и выходе, а равно описание их должно быть обращено в строке исполнения пользования правиль и на опасности в случае несоблюдения таковых. Рабочие должны вести регулярный образ жизни и воздерживаться от всяких рода напитков, из особенности от чрезмерного употребления спиртных напитков. Против боли в ушах при входе рабочие должны делать глубокие и особенно сильные выдохи и продувание в сторону барабанной перегородки при закрытии рта и занятиях носа, а при выходе—только глottатические движения. Ногти, перед допускением их к работе, должны подвергнуться пробному пользованию, чтобы освободить с маникюром и новыми условиями работы. Пользование ногтиков должно производиться медленнее выпиравляемой схемы (§§ 9 и 12).

16. При работах в скатах воздуха поглощается, во избежание простуды, носить широкое платье и непромокаемую обувь, особенно в холодные времена года. По возможности следует избегать принятия пищи в скатах воздуха. В кессоне не слушать спускаться: 1) на головах, и 2) раньше 2 час. после выхода. Курить воспрещается. Для рабочих должна быть обеспечена возможность пользования питьевой водой по мере надобности. Шерстяное платье

особенно рекомендуется при понижении давления, вследствие быстрой перемены температуры.

17. При обратном шлюзовании необходимо заботиться обменом воздуха в шлюзах, при помощи притока чистого сжатого воздуха. При этом условии объем шлюза должен быть не менее 0,7 куб. мет. на человека.

18. Воздух, нагнетаемый в рабочую камеру, должен быть во всех отопительных чистых, всасываться спаружи въсъ кессонных построения и сооружений и поступать в рабочую камеру не иначе, как пройдя через промежуточный резервуар. Сжатый воздух должен входить в рабочую камеру охлажденным до 4° не выше 20° С. Это охлаждение должно производиться также, чтобы осаждение водяных паров не было возможно (спускной кран). Из машины эжектор для шлюзов кессонов, если не иметь потому либо досчатых настилов, покрывающих парусинными или войлочными чехлами, которые должны быть всегда влажными.

19. Приток сжатого воздуха должен быть таков, чтобы из чистой подвалы не меяло 20 куб. мет. атмосферного воздуха на человека. Для предотвращения накопления углекислоты во временно количестве, если в естественной вентиляции из кессона (выход воздуха из под пола) оказывается недостаточная (анализ воздуха), следует изолировать соизбыточным вентиляционным воздухом при помощи компрессоров, распылителями с известью водой, сифона (лучше влажного), по возможности избегая значительных колебаний давления. Приспособления для вентиляции должны быть применены всегда при непропитываемых группах, и т.д., а также при бетонировании. Извергания следуют немедленно удалить въбъст от поднимаемых группами, чтобы по возможностям сохранять чистоту воздуха. При работах и бурении в группах с разлагющимися веществами следует также, как и при тоннельных работах, позаботиться о вентиляции.

20. Освобождение шлюзов, рабочей камеры шахты должно быть электрическим.

21. Каждая воздухопроводная труба должна быть снабжена, при входе въсъ пространство со скользящими воздухом, клапаном, который автоматически закрывается при случайном падении давления въ трубе. Следует иметь наготову запасной воздушный насос.

22. Всѣ локти и двери должны открываться въ сторону большого давления. При крышкиах, которые не удерживаются закрывающим давлением, механизмы затвора должны быть устроены так, чтобы предохранительное приспособление дѣлало невозможным несогласованное открытие.

23. Сигналы при работах въ скользком воздухе должны быть кратки и удоборазличаемы. Описание их должно быть выписано спаружи и внутри шлюза. Лучше всего переговариваться при помощи телеграфа или телефона.

25. До начала работы въ скользком воздухе, все приспособления должны подвергнуться внимательному техническому испытанию, а главное, должно быть установленным порядком, сделано пробное испытание шлюзов и шахтных труб.

26. Каждый освидѣтельствованный и признанный кессонным врачем спомбльмъ къ кессоннымъ работамъ получаетъ на то именную книжку, въ которой врать обязанъ отмѣтывать годъ, мѣсяцъ и число освидѣтельствованія. Время второго и послѣдующихъ освидѣтельствованій отмѣтается каждый разъ въ этой книжкѣ.

27. Десантники или десантные при входныхъ дверяхъ въ камеру кессонъ имѣютъ право выносить изъ оной только тѣхъ, кто внесены въ именной списокъ.

28. Такой списокъ, за подпись врача, долженъ быть доставленъ лицамъ, завѣдующимъ кессонными работами, а также вынесенъ на входныхъ дверяхъ и извѣстить десантнику.

29. Десантникъ, кроме того, вынуждаетъ тѣхъ, кто предъявляетъ установление для сего докторское свидѣтельство; такое же свидѣтельство онъ требуетъ отъ всѣхъ лицъ ему не извѣстныхъ.

30. Для лечения кессонной болѣзни, при всѣхъ работахъ, где давленіе превышаетъ $1\frac{1}{2}$ добывательнаго, должно быть устроено лечебный шлюзъ. Этотъ шлюзъ снабжается входной камерой, оснащается электрическими и долженъ имѣть достаточно места для поминания кроватей, а также двери должны удобно вносить туда тяжело-больныхъ. Это же шлюзъ можетъ прымѣняться для облегченія поминки.

31. Рабоче, заболѣвшее кессонной болѣзни въ легкихъ или тяжелыхъ пропиленовыхъ (боги въ суставахъ, паренхимѣ, щитовидн. и проч.), немедленно вводится, въ случаѣ безусловныхъ показаний, въ лечебный шлюзъ, где подвергаются той степени давленія, при которомъ начинаютъ исчезать болѣзньесимптомы. Заболѣвший остается подъ давленіемъ до тѣхъ поръ, пока болѣзньесимптомы не исчезнутъ и не наступитъ облегченіе.

Въ бояѣ тяжелыхъ сущихъ врачу слѣдуетъ сопровождать большого числа рабочихъ, для поданія дальнѣйшей помощи, производить искусственное дыханіе и пр.

Послѣ этого уменьшеніе давленія производится съ большою постепенностью, выпуская 0,1 атмосферы въ 3 минуты.

На случай удушья слѣдуетъ держать въ запасѣ кислорода, который можетъ быть примѣненъ съ пользою и въ лечебномъ шлюзе.

32. Возможно ближе къ мѣсту работы долженъ быть устроенъ просторный барахъ, куда рабочий отправляется по выходѣ изъ кессона и где они должны оставаться полчаса. Барахъ этотъ долженъ хорошо вентилироваться и отапливаться, а также имѣть尽可能多的 кроватей и приспособлений для ваннъ. Полезно рекомендовать рабочимъ умѣренный монитъ послѣ выхода и давать имъ легкое возбуждающее (excitantia), какъ чай, кофе и т. п. Слѣдуетъ имѣть наготовѣ теплый одѣ十分重要。

33. Всѣ вышеизложенные правила должны быть отпечатаны и выписаны въ мѣстахъ производства кессонныхъ работъ на видномъ мѣстѣ, а также и помѣщены въ книжкахъ рабочихъ (§ 26). Близкайшее наблюденіе за ихъ строгимъ выполнениемъ лежитъ на обязанности начальника администраціи, также и на обязанности кессонныхъ врачей.

34. Нарушения этихъ правилъ должны преступдѣваться въ дисциплинарномъ порядке, на сколько они не составляютъ преступлений, нараемаго уголовными законами.

Къ числу мѣръ предосторожности, которыми слѣдуетъ принимать при производствѣ кессонныхъ работъ, должны быть относены еще и слѣдующія:

1) Официальное испытание шахты и плузовъ гидравлическимъ давлениемъ: новыхъ—вдвое болѣе того, на какое они разсчитаны, а бывшихъ уже въ употреблении—вдвое болѣе того давленія, которому они будутъ подвергаться при предстоящей работе. Такія испытания слѣдуетъ повторять ежегодно.

2) Установление предѣльного срока службы шахты и плузовъ, ввиду того, что непроницаемость ихъ, а равно и прочность материала, изъ которого они сдѣланы, вслѣдствіе постоянныхъ измѣнений давленія, особенно быстрыхъ, происходящихъ при выпускахъ воздуха изъ камеры, постепенно уменьшается. По мѣнѣю Бренеке, такими предѣльными сроками слѣдуетъ установить: для плузовъ—1500, а для шахтъ—4000 рабочихъ дней. Во второй половинѣ срока службы шахты и плузовъ дѣйствительная ихъ нагрузка не должна превосходить $\frac{1}{2}$ расчетной.

Въ пользу необходимости принятія этихъ мѣръ предосторожности говорить рядъ случаевъ взрыва шахты и плузовъ, стоявшихъ жизни могущимъ рабочимъ.

ГЛАВА XII.

Возведеніе сооруженій на слабыхъ грунтахъ. Слабые грунты характеризуются болѣею и неравномѣрною сжимаемостью, легко размываются водою, выпучиваются. При устройствѣ фундаментовъ на такихъ грунтахъ приходится, слѣдовательно, обращать вниманіе на всѣхъ отрицательныхъ качествъ и бѣть весьма осторожными какъ въ выборѣ средствъ для борьбы съ ними, такъ и въ отчинѣ степени пѣлесообразности избираемаго.

При неравномѣрности осадки различныхъ частей сооруженія, въ немъ проявляется рядъ напряженій, вызывающихъ появление трещинъ. Трещины сперва обнаруживаются у отверстій, напр. у оконныхъ и дверныхъ перемычекъ, а затѣмъ, распространяясь, образуютъ сквозныя щели во всю высоту сооруженій.

Съ цѣлью уменьшить величину и возможную неправильность осадки, стремится, съ одной стороны, передавать давленіе фунда-

ментовъ на грунтъ по возможности равномѣрно и нагружать единицу площиади основанія возможно меньшимъ грузомъ, а съ другой стороны,—увеличивать сопротивляемость слабаго грунта.

Съ цѣлью устранить опасность размыва и выпучивания грунта, отводить текучія воды, понижаютъ горизонтъ грутовыхъ водъ дrenaажными работами и, наконецъ, ограждаютъ мѣсто, избранное подъ сооруженіе, шпунтовыми стѣнками. Устройство посадъныхъ, въ случаѣ уплотненія грунта, обусловливается также стремленіемъ ограничить уплотненіе грунта пѣкторами предѣлами.

Производство дrenaажныхъ работъ излагается въ соответственныхъ курсахъ, а потому, не останавливаясь на этомъ вопросѣ, перейдемъ къ разсмотрѣнію способовъ равномѣрной передачи давленія, уменьшения нагрузки на единицу площиади грунта и увеличенія его сопротивляемости.

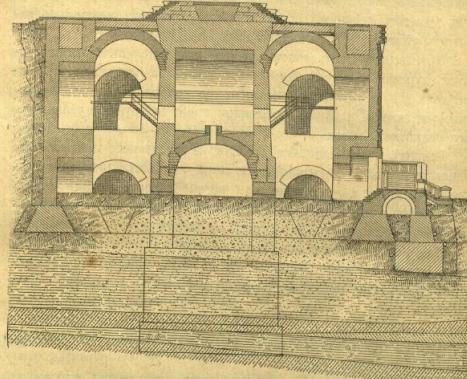
Равномѣрность передачи давленія и уменьшеніе нагрузки на единицу площиади основанія достигается соответственными конструкціями фундамента, увеличеніе же сопротивляемости слабаго грунта достигается путемъ его уплотненія. Грунтъ, уплотненный на опредѣленномъ протяженіи, представляеть собою искусственное основаніе.

Для равномѣрности передачи основанію давленія гражданскихъ сооруженій, въ ихъ фундаментахъ дѣлаютъ обратные арки подъ отверстіями или между отдѣльными колоннами; въ такихъ сооруженіяхъ, какъ каменные трубы подъ насыпями, мостики небольшихъ отверстій и т. п., устраиваютъ обратные своды. Бромъ того съ тою же цѣлью употребляютъ лежни и ростверки безъ свай, бетонные и песчаные слой.

Въ томъ случаѣ, когда разница между нагрузками отдѣльныхъ частей сооруженій очень велика, достигнуть равномѣрности распределенія давленія по площиадамъ основанія приведенными способами нельзя. При такихъ условіяхъ необходимо мириться съ различною осадкою разныхъ частей зданія, а чтобы послѣднее отъ этого не страдало, даютъ различно нагруженнымъ частямъ осѣдать независимо одна отъ другой, дѣля отдѣльные фундаменты и выводы эти части до самаго верха отдельно отъ остальныхъ. Цель между ними задѣлывается кладкою только послѣ полнаго окончанія осадки.

При большой разности въ нагрузкахъ, передаваемыхъ различными частями сооруженія, иногда приходится устраивать отдѣльны

основанія—болѣе легкія части сооруженія располагать на слабомъ грунтѣ, а тѣжелыя—на глубоко залегающемъ материкѣ. Примѣръ такого способа рѣшенія задачи можетъ служить, напр., постройка памятника Императору Александру II въ Москвѣ. Галлерея, окружающая среднюю сѣнъ, основаны на песчаномъ грунтѣ, а сѣнъ—на известковой скалѣ, лежащей на пять саженей ниже. Для основанія

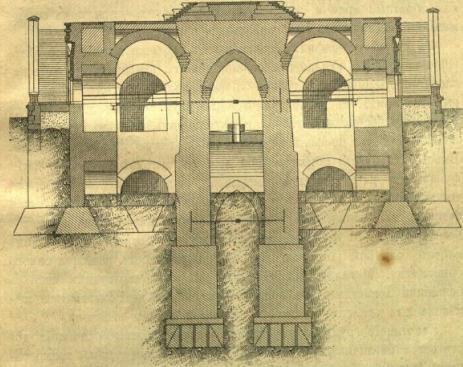


Черт. 274.

сѣни на скалѣ примѣнены желѣзные кессоны (два прямоугольные кессона, размѣромъ $42 \times 17 \times 7$ арш., опущенные одинъ послѣ другого). На черт. 274 и 275 показаны продольный и поперечный разрѣзъ этого интереснаго по своей конструкціи сложнаго фундамента.

Въ недавнее время съ цѣлью устранить вредъ, приносимый сооруженіямъ неравномѣрною ихъ осадкою, обусловливаемою неравномѣрностью ли нагрузки фундамента или неравномѣрною сопротивляемостью грунта, стали между прочимъ принимать мѣры къ возможному увеличению жесткости ихъ фундаментовъ. Одною изъ

такихъ мѣръ, оказавшейся на практикѣ вполнѣ достигающей своей цѣли, является закладка въ массу фундамента старыхъ рельсъ или полосового желѣза, поставленного на ребро въ швахъ кладки. Въ Вильгельмсгафенѣ, где этотъ способъ появился впервые, строятъ на такихъ фундаментахъ трехъ-этажные дома, въ которыхъ не замѣчается никакихъ трещинъ, несмотря на то, что грунтъ подъ ними



Черт. 275.

достаточно плохъ, тогда какъ до употребленія этого способа другія мѣры не приводили къ желанной цѣли.

При возведеніи новой постройки рядомъ съ существующею, въ послѣдней обыкновенно появляются трещины, даже и въ томъ случаѣ, когда новая постройка значительно менѣе, а слѣдовательно и легче существующей. Такія трещины объясняются дополнительной осадкою грунта подъ существующими сооруженіями, которая происходит подъ вліяніемъ распространенной въ грунте подъ существующими сооруженіемъ давленія, производимаго новою построй-

кою. Следует думать, что если-бы при возведении существующего сооружения были приняты меры къ увеличению жесткости его фундамента и стыка, напр. путем закладки въ нихъ балочного желѣза, то дополнительная осадка грунта могла бы и не сопровождаться появлениемъ трещинъ.

Для уменьшения нагрузки на единицу площади основания, увеличивают подошву фундамента путемъ его уширения, а также устраивая обратные арки и своды и сплошные фундаменты подъ сооружениями, состоящими изъ отдельныхъ частей.

Въ статьѣ о профилѣ фундаментовъ мы уже видѣли, что уширение каменного фундамента ограничивается известными углами на клоненія его боковыхъ граней къ вертикали, а потому въ пѣкоторыхъ случаяхъ, съѣмъ уменьшения нагрузки единицы площади основанія, необходимо углублять фундаментъ, съ тѣмъ, чтобы при предѣльномъ его профиля получить необходимую ширину подошвы. Вмѣсто углубленій обыкновенной кладки выгоднѣе нижнюю часть фундамента возводить изъ материала, которымъ легче и дешевле достигается распространеніе давленія на большую площадь, тѣмъ бутового или кирпичною кладкою. Такими материалами являются бетонъ, песокъ и металлы. Бетонъ и песокъ употребляются въ видѣ слоевъ, размѣры которыхъ въ планѣ превышаютъ размѣры самого сооруженія. Металлы употребляются въ видѣ винтовыхъ свай съ большими лопастями. Въ послѣднее время стали пользоваться же лѣзомъ для усиленія жесткости каменной кладки и бетона.

Уплотненіе грунта или устройство искусственного основанія достигается различными способами: временными нагрузками, трамбованіемъ, втрамбовываніемъ щебня или камня и, наконецъ, забивкою свай частоколомъ, постапами и бетонными сваями.

При возведеніи сооружений на слабыхъ грунтахъ, не слѣдует упускать изъ виду, что сопротивленіе грунта возрастает по мѣрѣ углубленія, а потому въ такихъ грунтахъ весьма полезно по возможності глубже погружать фундаменты, широко пользуясь опускными колодами и кессонами.

При погруженіи фундаментовъ на большую глубину въ землю, давленіе отъ нихъ передается грунту не однѣми только ихъ подошвами, но и силой тренія боковыхъ стѣнокъ такихъ фундаментовъ о грунтъ. Съѣмъ достижения большей устойчивости сооружений, желательно поэтому увеличивать треніе фундаментовъ о грунтѣ.

Даже и очень слабые грунты — лишь бы не совсѣмъ разжиженые — представляют извѣстное сопротивленіе прониканію въ нихъ свай; этимъ обстоятельствомъ также пользуются при возведеніи сооружений на слабыхъ грунтахъ, устраивая ростверки на сваяхъ. Сопротивленіе сванъ или, что все равно, предѣльная съя нагрузка опредѣляется въ зависимости отъ ея осадки при отказѣ. Свая считается забитаю до отказа въ томъ случаѣ, если величина ея осадки отъ извѣстного числа ударовъ бабою остается на пѣкоторомъ протяженіи постоянною.

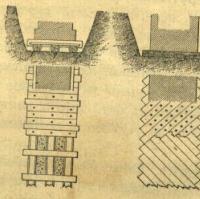
Фундаменты для слабыхъ грунтовъ. Правила кладки сплошныхъ фундаментовъ и обратныхъ арокъ и сводовъ, а равно сѣдѣнія о простыхъ, шинутовыхъ и винтовыхъ сваяхъ и способахъ ихъ погруженія въ землю излагаются въ курсахъ «Строительныхъ работъ»; опускные цилиндры и кессоны описаны выше; поэтому останавливаться на этихъ вопросахъ не станемъ и ограничимся здѣсь только общими замѣчаніями о ростверкахъ безъ свай, лежняхъ и бетонныхъ сляхъ и описаниемъ работъ по устройству песчаныхъ словесъ.

Ростверки безъ свай и лежни. Выше была объяснена конструкція ростверковъ на сваяхъ; все сказанное относится и къ ростверкамъ безъ свай, съ тѣмъ только разницей, что, вслѣдствіе отсутствія свай, въ брусьяхъ ростверка не приходится дѣлать гнѣзда. Ростверки употребляются подъ сплошными фундаментами, а иногда и подъ фундаментами, состоящими изъ отдельныхъ столбовъ; въ послѣднемъ случаѣ ростверкъ долженъ быть очень солидныхъ размѣровъ, съ тѣмъ чтобы онъ могъ передавать давленіе грунту въ промежуткахъ между отдельными фундаментами, мало изгibaясь, такъ какъ въ противномъ случаѣ равномѣрность распределенія давленія по площади основанія достигнута не будетъ.

Подъ фундаментами въ видѣ стыка вмѣсто ростверковъ часто употребляютъ лежни (черт. 276), т. е. положенія одно възлѣ другого бревна. Бревна эти мѣстами связываются поперечными насадками а иногда перекрываются досками. Въ мѣстахъ пересѣченія стыкъ лежни одного направлѣнія располагаются надъ лежнями другого направлѣнія, подобно тому, какъ показано на черт. 165. Лѣсъ для лежней употребляется въ видѣ бревенъ, отесанныхъ на два канта;

рѣдко — въ видѣ пластинъ, т. е. бревентъ, распиленыхъ пополамъ. Иногда деревянный ростверкъ образуютъ изъ двухъ рядовъ досокъ (черт. 277).

Очевидно, употребление ростверковъ и лежней возможно въ томъ только случаѣ, если самий низкий горизонтъ грунтовыхъ водъ всегда будетъ выше подошвы фундамента; въ противномъ случаѣ вместо пользы лежни и ростверкъ могутъ причинить вредъ, чему и имѣется множество примѣровъ въ Петербургѣ, где употребленіе лежней еще недавно было общепринятымъ. Дѣйствительно, съ понижениемъ уровня грунтовыхъ водъ, напр., вслѣдствіе прокладки водосточныхъ трубъ, лежни сгинаются, въ зданіи появляется дополнительная осадка, обыкновенно неравномѣрная, которая и вызываетъ появление трещинъ даже въ очень толстыхъ старыхъ стѣнахъ.



Черт. 276.

Черт. 277.

Такъ какъ ростверки и лежни способствуютъ лишь равномѣрности распределенія давленія и въ незначительной мѣрѣ стѣны уменьшаютъ давленіе на единицу площади основанія, что можетъ быть достигнуто также углубленіемъ и утолщениемъ и углубленіемъ фундамента, то, очевидно, пользоваться ими можно только при сравнительно хорошихъ грунтахъ и то, такъ сказать, въ запасъ прочности сооружения. Въ сухихъ грунтахъ ростверки и лежни съ успѣхомъ могутъ быть замѣнены слоями бетона, т. е. другими слоями, углубленіемъ и уширениемъ фундаментовъ. Въ такихъ слояхъ бетона можетъ иметь толщину 0,15—0,25 саж.

Бетонные и песчаные слои. Расположеніе такихъ слоевъ подъ фундаментомъ сооружений является одною изъ наиболѣй дѣйствительныхъ мѣръ къ обеспеченію за сооруженіемъ устойчивости. Особенно выгодно употребленіе песка, который обладаетъ способностью весьма равномерно передавать давленіе основанію, причемъ масса песка давленіе распространяется подъ углами тѣмъ болѣе пологими, чѣмъ грузинѣ сооруженіе, что даетъ возможность значи-

тельно уменьшать давленіе на кв. единицу площади подошвы. Такіе слои дѣлаются въ большинствѣ случаевъ слошными подъ всѣмъ сооруженіемъ, иногда же только подъ отдельными его частями. Толщина песчаныхъ слоевъ доходитъ до 3 и болѣе аршинъ. Для укладки этихъ слоевъ приходится рыть глубокіе котлованы и вырытую землю, такъ сказать, замѣнить слоемъ другого грунта (песка), что и дало поводъ этотъ способъ устройства фундаментовъ на слабомъ грунѣ называть системой оснований на *искусственномъ материкѣ*.

Такъ какъ песокъ передаетъ воспринимаемое имъ давленіе не только дну, но и стѣнкамъ того пространства, изъ которое онъ всыпается, то при песчаныхъ основаніяхъ необходимо устройство ограждающихъ стѣнокъ или значительное ширеніе слоя во все стороны, съ тѣмъ чтобы удалить сферу давленія отъ окружающаго слабаго грунта. Чаще песчаному слою даютъ профиль, показанный на черт. 278, причемъ ширина его по верху шире сооруженія на двойную величину заложенія откоса, соотвѣтствующаго толщинѣ слоя. Песокъ обладаетъ въ значительной степени легкоподвижностью своихъ частицъ, а потому при устройствѣ слоевъ изъ песка, если можно ожидать его размыва, необходимо огражденіе его шпунтовыми или бетонными стѣнками.

Бетонные слои не могутъ измѣнять своей формы, а потому ограждать ихъ шпунтовыми стѣнками безполезно. Для образования формы, въ которой долженъ отливаться бетонъ, служатъ переносные щиты, снимаемые послѣ схватыванія бетона. По снятѣ щитовъ промежутки между бетономъ и стѣнами котлована затрамбовываются землею.

При укладкѣ бетонныхъ слоевъ руководствуются изѣстинными правилами производства бетонной кладки. Работа въ этомъ случаѣ затрудняется вслѣдствіе значительныхъ размѣровъ площади, подлежащей покрытию бетономъ. Бетонъ кладется не толстыми слоями, 0,10—0,15 саж., и тщательно утрамбовывается, причемъ нужно следить за тѣмъ, чтобы укладка бетона шла по возможности равнѣрно по всей площади основанія. Смыкая въ планѣ свѣжую бетонную кладку съ успѣвшою уже затвердѣть, наклонной грани



Черт. 278.

последней пбсоколько обиваются, съ тѣмъ чтобы новая кладка приставала къ сбѣжему изому, а не къ затвердѣвшей спыншой поверхности. Къ кладкѣ второго слоя приступаютъ не раньше окончанія первого слоя, для того чтобы нагрузка основанія была по возможности равномерна во время хода работы.

Укладка песчаныхъ слоевъ производится слѣдующимъ образомъ. По всей площади основанія развозятъ или разносатъ песокъ и сваливаютъ его въ кучи, затѣмъ разравниваютъ лопатами и обильно спрыскиваютъ водой, для того чтобы дать ему возможность хорошо улечься. Послѣ этого на песокъ настилаютъ доски, раздѣляя всю площадь на пбсоколько участковъ. На вторую доску одного участка становятся рабочіе и тяжелыми трамбовками бьютъ по первой доскѣ. Послѣ пбсоколькихъ ударовъ переходятъ на третью доску и бьютъ по второй и т. д., пока не дойдутъ по послѣдней доскѣ, послѣ чего доски переносятъ на слѣдующий участокъ.

По окончаніи первого слоя кладутъ второй слой песка, разравниваютъ, трамбуютъ и т. д. Толщина слоеvъ должна быть по возможности мала ($0,10 - 0,15$ саж.), съ тѣмъ чтобы песокъ можно было плотнѣе утрамбовать.

Что касается вопроса о томъ, какимъ слоемъ отдавать предпочтение: бетоннымъ или песчанымъ, то его слѣдуетъ рѣшать особо въ каждомъ частномъ случаѣ, руководствуясь слѣдующими соображеніями: песчаные слои въ большей степени, чѣмъ бетонные, ослабляютъ давленіе на единицу площади подошвы, по вслѣдствію легкоподвижности частицъ требуютъ большой толщины для равномернаго распределенія давленій; песчаные слои подвержены размыву, требуютъ соотвѣтственныхъ предохранительныхъ мѣръ, бетонные же слои размыты быть не могутъ, но за то стоимость бетона значительно выше стоимости песка.

Въ послѣднее время, для увеличенія жесткости бетонныхъ слоевъ, въ нихъ стали закладывать двутавровое желѣзо. Желѣзо хорошо сцепляется съ цементомъ, коэффициентъ его расширения весьма близокъ къ коэффициенту расширения цемента. Это обстоятельство обеспечиваетъ крѣпкость сцепленія желѣза съ бетономъ при значительныхъ даже колебаніяхъ температуры. Введеніе желѣза въ слой бетона увеличиваетъ ихъ сопротивляемость размыву. При такихъ условіяхъ слой бетона можетъ работать какъ балка, т. е. удерживать

возведеніе на немъ сооруженіе даже и въ томъ случаѣ, если гдѣ-либо подъ слоемъ произошла осадка грунта. Для лучшей утилизации сопротивляемости желѣза размыву, его слѣдуетъ располагать ближе къ нижней поверхности бетонного слоя. Для приданія одинаковой жесткости бетонному слою по двумъ различнымъ направлениямъ, слѣдуетъ располагать въ немъ два ряда тавровыхъ балочекъ по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направлениямъ.

Увеличеніе сопротивляемости слабаго грунта достигается уплотненіемъ его, т. е. сближеніемъ частицъ слабаго грунта. Такое уплотненіе можетъ быть сдѣлано двояко: трамбованіемъ или нагружкою грунта, другими словами — уменьшеніемъ объема даннаго количества грунта, или же втрамбовываніемъ въ грунтъ щебня или камня, а еще лучше,—забивкой свай частокомъ, песчаными и бетонными сваями, т. е. увелечениемъ количества матеріала въ данномъ объемѣ грунта.

При уплотненіи грунта необходимо принимать мѣры противъ возможности вырыванія его въ стороны, для чего могутъ служить: забивка рядовъ отдельныхъ свай, сплошные и шпунтовые ряды. Но такія мѣры, по своей дороговизнѣ, примѣнимы только въ томъ случаѣ, когда уплотненіе грунта можно дѣйствительно достигнуть значительного увеличенія его сопротивляемости, что имѣть мѣсто при забивкѣ свай частокомъ, бетонныхъ и песчаныхъ сваяхъ; поэтому при другихъ способахъ уплотненія зачастую никакихъ мѣръ противъ вырыванія грунта не принимается вовсе.

Уплотненіе грунта трамбованіемъ и нагружкою возможно въ томъ только случаѣ, если грунтъ не обладаетъ упругостью, такъ какъ въ противномъ случаѣ работа по уплотненію не достигнетъ цѣли.

Для трамбованія употребляютъ тяжелыя трамбовки, поднимаемыя 2—4 рабочими; для болѣе равномернаго уплотненія трамбовками бьютъ иногда не по самому грунту, а по досчатому настилу, причемъ работа ведется такъ же, какъ и при уплотненіи песчаныхъ слоевъ. Польза отъ такого трамбованія вообще не велика, такъ какъ уплотненіе грунта простирается на очень небольшую глубину.

Уплотненіе грунта нагрузкою можетъ дать хорошіе результаты, но только при непремѣнномъ условіи, чтобы временная нагрузка

была не меньше той, какой грунт будет подвергаться по возведению сооружения, и пролежала настолько долго (напр. полгода, годъ), чтобы грунт успѣть принять полную осадку. Въ противномъ случаѣ съ возведеніемъ постройки появится новая осадка, которая по своей величинѣ или неравномѣрности можетъ повредить сооруженію.

Для усѣйшаго достижениѣ пѣли, нагрузка должна быть расположена равномѣрно по всей площади, занимаемой сооруженiemъ; для того чтобы не было мѣстныхъ неправильностей въ уплотнении, сплющившій грунт покрываютъ рустватыми настилами, который и нагружаютъ обыкновенно камнемъ, жѣлезомъ и т. п.

Всѣдѣствіе необходимости въ двукратномъ передвижении значительныхъ тяжестей и продолжительности работы, уплотненіе грунта нагружкою употребляется крайне рѣдко, въ исключительныхъ только случаяхъ.

Уплотненіе грунта втрамбовываниемъ щебня и камня. Работы по уплотненію ведутся слѣдующимъ способомъ: по дну котлована разсыпается тонкій слой щебня (0,5—0,10 саж.) или мелкаго булмажника и тяжелыми трамбовками вгоняется въ грунтъ. На черт. 279 показана чугунная трамбовка, подымаемая 4—8 рабочими. Когда первый слой щебня войдетъ въ землю, кладутъ второй и такимъ же образомъ втрамбовываютъ его; потомъ слѣдуетъ третій, четвертый, и т. д. до тѣхъ поръ, пока щебень или булмажникъ не перестанетъ болѣе входить въ грунтъ и пока, съ прибавкою послѣдовательныхъ слоевъ, дно котлована не начнетъ подниматься. При этомъ щебень или булмажникъ частью скимаетъ грунтъ подъ собою, частью выдавраетъ его изъ-подъ себя въ стороны. Если по бокамъ котлована обнаруживается выпучивание грунта, это должно служить признакомъ, что смежный грунтъ не уплотняется, такъ какъ въ противномъ случаѣ объемъ его долженъ оставаться неизмѣннымъ. По мѣрѣ насыпки новыхъ слоевъ камня, вѣсъ трамбовокъ увеличивается. Во время производства этой работы слѣдуетъ слѣдить за ея успѣхомъ, т. е. убѣждаться, разрыхленіемъ уплотненныхъ уже мѣстъ, действительно ли грунтъ уплотняется на болѣе или менѣе значительную глубину. При втрамбовываніи камня, особенно если онъ раз-



Черт. 279.

сыпается толстымъ слоемъ (чего допускать положительно не слѣдуетъ, такъ какъ это не представляетъ даже никакой экономіи), часто повторяется такое явленіе: верхній слой оказывается вполнѣ уплотненнымъ, присыпаемый новымъ материаломъ разбивается въ дереву, а внизу уплотненіи почти никакого пѣти.

Въ большинствѣ случаевъ будетъ выгоднѣе углубиться котлованомъ и уширить подошву фундамента, вмѣсто того чтобы заниматься втрамбовываніемъ камни. Примѣромъ такого положенія дѣла можетъ служить закладка фундамента Московскаго устю Мстинскаго моста (новаго) на Николаевской желѣзной дорогѣ, где, послѣ неудавшагося втрамбовыванія, углубили котлованъ (и безъ того уже глубокій) и вывели лишній слой бутовой кладки.

Если котлованъ заполнить водою, втрамбовываніе становится крайне дорогимъ, такъ какъ работу можно вести только съ водотливомъ.

Уплотненіе грунта забивкою свай частокомъ. Песчаныя и бетонныя сваи. Вышеописанные способы уплотненія грунта при своей сравнительной дорожкозѣ не всегда достигаютъ цѣли, а главное, предѣлы такого уплотненія весьма невелики. Втрамбовываніемъ щебня или камня едвали можно уплотнить грунтъ на глубину одной сажени *), а этого въ большинствѣ случаевъ можетъ оказаться мало.

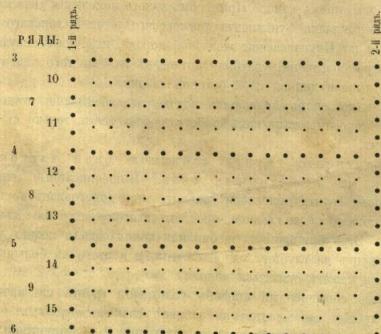
Большѣ совершенный способъ уплотненія грунта на значительную глубину заключается въ забивкѣ свай **частокомъ**, т. е. возможно ближе одна къ другой: въ разстояніи 2—3 диаметровъ сваи отъ сваи.

Сваи употребляются 5—6 вертикальныя, длина 2—4 саж., такъ что и уплотненіе грунта простирается на такую же глубину.

Забивая сваи частокомъ, обыкновенно руководствуются тѣмъ правиломъ, чтобы забивка шла отъ центра сооруженія къ периметру, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, иногда по серединѣ грунта оказывается настолько уплотненнымъ, что дальнѣйшая забивка сваи становится если не невозможна, то все же весьма затруднительна. Если смотрѣть на забивку свай частокомъ, какъ на средство уплот-

*) На эту именно глубину было проектировано уплотненіе грунта въ котлованѣ Московскаго устю Мстинскаго моста.

нить грунтъ, то забивка ихъ, ида отъ периметра къ центру, представляется съ первого взгляда весьма желательною съ экономической точки зренія: уплотненіе средины достигается и безъ забивки свай; однако, подобнымъ соображеніемъ не слѣдуетъ увлекаться. Уплотненіе грунта должно быть сдѣлано возможно болѣе равномѣрнымъ, а потому самымъ правильнымъ способомъ забивки свай частокомъ будеть тотъ, при которомъ основаніе равномѣрно запол-



Черт. 280.

няться сваями. На черт. 280 показанъ примеръ порядка забивки рядовъ свай, сдѣланныхому можно ожидать наибольшей равномѣрности уплотненія грунта.

Забитыя сваи сплющиваютъ подъ плоскость, на которой и начинаютъ кладку фундамента. Иногда между головами свай выбираютъ землю и промежутки заполняютъ бетономъ или щебнемъ, который заливаютъ растворомъ. Деревянного рострвка не кладутъ, но употребляютъ иногда не толстый слой бетона.

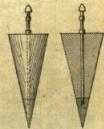
Примѣръ устройства грандіознаго основанія изъ свай, забитыхъ частокомъ, и сплошного фундамента можетъ служить постройка

Исаакіевскаго собора въ С.-Петербургѣ. Вотъ нѣкоторыя цифры: площадь, занимаемая соборомъ,—1405,13 кв. саж., изъ которыхъ собственно подъ стѣнами и пилонами—373,49 кв. саж. (отношеніе этихъ площадей = 1 : 0,266). Сплошной фундаментъ выступаетъ за периметръ стѣнъ и портикъ на 1 саж. въ каждую сторону. Толщина сплошного фундамента 3,33 саж. Въ грунтъ было забито 10,762 сваи длиною 3 саж., толщиною $6\frac{1}{2}$,—7 вершковъ. Земля между головами свай была выбрана и замѣнена угравбоваными дровесными углемъ. На сплющеніи сваи положено два ряда тесаныхъ гранитныхъ камней, размѣромъ $1,0 \times 0,66 \times 0,26$ саж.; подъ стѣнами и пилонами кладка фундамента велась изъ тесанаго гранита, по всей остальной площади — изъ бутовой плиты съ подтесанными постелями. Несмотря, однако, на такія предосторожности, неравномѣрность осадки основаній не была устранена.

Если грунтъ сухъ, то деревянныхъ свай пріимѣнить нельзя, а чтобы, несмотря на это, имѣть возможность воспользоваться выгодами такого способа уплотненія грунта, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: забиваются пѣсколько деревянныхъ свай и выдергиваются изъ нихъ; образовавшіяся пустоты наполняются пескомъ или бетономъ.

При забивкѣ свай частокомъ онѣ назначаются не для передачи давленія, но для того, чтобы слабый грунтъ, уступая мѣсто сваямъ, принялъ менѣйшій объемъ, т. е. уплотнился. При такомъ назначеніи свай, очевидно, песокъ и бетонъ, въ случаѣ необходимости, вполнѣ могутъ замѣнить дерево.

Въ послѣднее время были предложены и испытаны новые способы уплотненія грунта на болѣе или менѣе значительную глубину. Первое мѣсто между ними занимаетъ способъ Dulas, Duselou et Minuit. Способъ этотъ заключается въ слѣдующемъ. Помощью чугунной конической бабы (черт. 281), длиною въ 2, а диаметромъ въ 0,7 метра, вѣсомъ въ 1500 килограммовъ, сплющеній стальной наконечникомъ, и спускаемой свободно съ высоты до 10 метровъ, въ землю пробиваются цилиндрическіе вертикальные каналы (черт. 282), болѣе или менѣе значительной глубины. По окончаніи пробивки, въ эти каналы насыпается пѣкоторое ко-



Черт. 281.

личество камня и щебня съ прибавкою раствора или бетона, который затѣмъ утрамбовывается ударами второй бабы (черт. 283) длиною 1, а диаметромъ 0,6 метра и въсомъ 1000 килограммовъ, спускаемой свободно съ высоты тоже 10 метровъ. Подъ вѣнцемъ работы второй бабы пасынченый въ каналъ камень постепенно вдавливается въ стѣнки канала и уплотняется такимъ образомъ окружавшій грунтъ. По окончаніи утрамбовыванія первой порции камня, въ каналъ всыпается вторая, повторяется утрамбовываніе, всыпается третья порція и т. д., пока весь каналъ не будетъ заполненъ плотно утрамбованымъ бетономъ. По окончаніи работы въ группѣ оказывается бетонный уширяющійся къ низу столбъ (черт. 284), а самій грунтъ около этого столба бываетъ несолько уплотненъ.



Черт. 282.



Черт. 284.



Черт. 283. Черт. 285.

Для испытания сопротивленія, оказываемаго отдѣльными бетонными столбами, а слѣдовательно и для опредѣленія допустимой на нихъ нагрузкѣ, пользуются ударами третьей бабы (черт. 285). Величина этой нагрузкѣ опредѣляется способомъ, изложенныемъ на стр. 106 этой книги.

Расположивъ цѣлый рядъ такихъ столбовъ, ихъ можно перекрыть балочками, на которыхъ и возвести кладку стѣнъ.

По способу Dulac, Ducloux et Minuit устроены были фундаменты нѣкоторыхъ зданій на парижской выставкѣ 1900 года.

Другимъ способомъ уплотненія и вообще увеличенія сопротивляемости основаній, примѣнимымъ, впрочемъ, только для песчаныхъ грунтовъ, является нагнетаніе въ нихъ, при помощи трубъ съ мелкими отверстіями въ стѣнкахъ, жидкаго раствора цемента, который, затвердѣвая, могъ бы сцеплять отдѣльныя песчинки или камешки и

тѣмъ съпучій грунтъ обращать въ твердый. Этотъ способъ окаменѣнія грунта примѣнялся при портовыхъ работахъ въ Бременѣ и далъ удовлетворительные результаты.

Недавно были изобрѣты вещества (петрифиты), важдущая способность которыхъ во много разъ выше чѣмъ у цемента. Можно думать, что, въ случаѣ примѣненія этихъ веществъ, способъ окаменѣнія грунтовъ въ значительной степени облегчитъ рѣшеніе задачи о возведеніи грузовыхъ сооруженій на слабыхъ песчаныхъ грунтахъ. Поживемъ—увидимъ.

29 Января 1902 г.

◆◆◆◆◆

